Folio004458

DIAGNÓSTICO Y CONSERVACIÓN DE LA FLORA COSTERA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA

Informe IV

23 NOVIEMBRE

GORE Región de Antofagasta

INIA Intihuasi – Banco Base de Semillas

Ministerio Medio Ambiente - SEREMI Antofagasta

Folio004459

Diagnóstico y conservación de la flora costera, Región de Antofagasta

Informe II

PARTICIPANTES DEL PROYECTO

Jefe de proyecto: **Carolina Pañitrur De la Fuente** (carolina.panitrur@inia.cl)

Coordinador de proyecto: **Paola Agüero Espindola** (pagueroespindola@gmail.cl)

Encargado conservación: **Sergio T. Ibáñez Browne** (sergio.ibanez@inia.cl)

Encargado propagación: **Ana C. Sandoval** (ana.sandoval@inia.cl)

Encargado reintroducción: **Gustavo I. Bolados** (gubolados@gmail.com)

Técnico de terreno: **Marcos A. Acosta Contreras** (marcos.acosta@inia.cl)

Técnicos de propagación: **Johana Navarro** (johana.navarro@inia.cl)

Contraparte técnica: **Beatriz Ramirez Miranda** (BRamirez@mma.gob.cl)

Proyecto financiado por GORE Región de Antofagasta, ejecutado por INIA Intihuasi, Banco Base de Semillas e implementado por Ministerio Medio Ambiente, SEREMI Región de Antofagasta.

Folio004460

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe final presenta los resultados y logros clave del proyecto en cuestión. Este se dividió en siete objetivos principales:

Objetivo 1: Se realizó una exhaustiva recopilación, sistematización y análisis de información existente sobre la flora costera regional, incluyendo datos de proyectos, monitoreos y estudios previos. Se revisaron aspectos del ambiente físico y la vegetación, con especial atención a las formaciones de Tocopilla y Taltal.

Objetivo 2: Se llevó a cabo un catastro e inventario de las 100 especies más amenazadas de flora costera de la región de Antofagasta. Se utilizaron criterios relevantes, incluyendo la clasificación de la IUCN y la distribución restringida en la zona de estudio. La metodología se validó con expertos locales.

Objetivo 3: Se identificaron áreas prioritarias para la conservación in situ, considerando criterios de relevancia y amenazas a la biodiversidad. Se utilizó una metodología basada en grillas y registros georreferenciados de especies vegetales.

Objetivo 4: Se realizó un diagnóstico detallado de las 100 especies más amenazadas, considerando la distribución, abundancia, amenazas, tendencias poblacionales y estado ex situ. Se incluyó una clasificación de Cartas de Ocupación de Tierras.

Objetivo 5: Se estableció un plan piloto que incluyó la conservación ex situ de 137 especies, propagación de especies y reintroducción en lugares de alto valor de conservación. Se destacaron resultados de propagación exitosos y se señaló la necesidad de monitoreos sostenidos.

Objetivo 6: Se creó un perfil de proyecto con el objetivo de impulsar la conservación, el cultivo y la restauración de la flora costera. Se definen seis objetivos específicos que abordan la recopilación de información, el estudio de la ecología de especies, la propagación y la restauración, entre otros.

Objetivo 7: Se llevaron a cabo diversas actividades de difusión, como boletines informativos, inserciones en diarios locales, seminarios y un video documental. Estas actividades tienen como objetivo concientizar a la comunidad sobre la importancia de la conservación de la flora costera.

Folio004461

INDICE

INTRODUCCIÓN 7

OBJETIVOS 8

I OBJETIVO 1: "Recopilar, sistematizar y analizar la información existente sobre la flora costera regional, proveniente de proyectos que hayan sido ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en el área de estudio, monitoreos realizados por la autoridad, privados, universidades, centros de investigación, entre otros 9

I.1 Desierto de Atacama y área de estudio específica 9

I.2 Ambiente físico 9

I.3 Vegetación 14

I.4 Flora 24

I.5 Estado de conservación de la flora 51

I.6 Áreas prioritarias 60

I.7 Amenazas a la biodiversidad 66

I.8 Revisión estudio de INIA (2014) 71

I.9 Germinación y propagación 75

I.10 Acciones de reintroducción 76

I.11 Conclusiones 78

II OBJETIVO 2: "Realizar un catastro e inventario de las especies más amenazadas de flora costera de la Región de Antofagasta." 79

II.1 Listado de especies 786

II.2 Taller de validación 86

III OBJETIVO 3: "Definir áreas y especies prioritarias para la aplicación de medidas de conservación." 86

III.1 Priorización de áreas 86

III.2 Priorización de especies 115

III.3 Talleres de validación 127

IV OBJETIVO 4: "Generar un diagnóstico del estado de condición de la flora costera de la región de Antofagasta" 132

IV.1 Comunidades vegetales 132

IV.2 Diagnóstico de la flora más amenazada 154

IV.3 Conclusiones 725

V OBJETIVO 5: "Diseñar y ejecutar un plan piloto de conservación ex-situ, propagación y reintroducción de flora costera regional bajo amenaza." 727

Folio004462

V.1 Conservación ex situ 727
V.2 Propagación 733
V.3 Reintroducción 760
VI OBJETIVO 6: "Elaborar una cartera de proyectos que permita abordar iniciativas de inversión en ámbitos de educación ambiental y turismo sustentable." 778
VII OBJETIVO 7: "Difundir a la comunidad y autoridades, los resultados del estudio." 807
VII.1 Boletines informativos 807
VII.2 Insertos en diarios locales 808
VII.3 Seminarios 813
VII.4 Video 822
VII.5 Otras actividades 823
VII OBJETIVO 7: "Difundir a la comunidad y autoridades, los resultados del estudio." 806
REFERENCIAS 807

ANEXO I - I.1 Listados de flora en publicaciones científicas

I.2 Listados de flora en publicaciones científicas

I.3 Base de datos del Banco Base de Semillas

I.4 Informes del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)

I.5 Estado de conservación de la flora

I.6 Cartografía

ANEXO II - II.1 Catastro

ANEXO III - III.1 Listado de especies priorizadas

III.2 Archivos SIG

ANEXO IV - **Diagnostico**

Carpeta "Informe 4.gdp"

Archivo geodatabase que incluye:

- 23 archivos raster de bioindicadores de la humedad relativa

- Carpeta "Vegetación": Archivos de capa de los 5 tipos vegetacionales (Desierto de Tocopilla, Desierto de Taltal, Formación de Copiapoas, Oasis de niebla y Áreas sin vegetación)

Folio004463

- **Carpeta "Especies":** Archivo de capa de puntos de presencia de las 100 especies diagnosticadas.

ANEXO VI - **Propuesta economica**

ANEXO VII

- Boletín Informativo N°1.pdf
- Boletín Informativo N°2.pdf
- Inserto N°1.pdf
- Inserto N°2.pdf
- Inserto N°3.pdf
- Inserto N°4.pdf

Folio004464

INTRODUCCIÓN

Debido a la aridez del Desierto de Atacama, su flora se encuentra restringida a aquellos sitios que presenten las condiciones necesarias para sostener la vida vegetal. En determinados lugares, debido a su aislamiento dentro de la matriz desértica que los rodea, es posible encontrar diversas especies de plantas altamente restringidas a localidades específicas. Este fenómeno es muy común a lo largo de la franja costera, donde la vegetación se ha aislado en aquellos sitios con alta influencia de neblina costera (o "camanchaca"), la cual aporta los requerimientos hídricos necesarios para sostener la vegetación en el lugar. Estos ecosistemas han sido denominados como "lomas" u "oasis de niebla" en la literatura. Las condiciones particulares mencionadas, sumadas al aislamiento, dan a lugar un elevado número de especies endémicas en estos sitios, algunas veces con endemismo restringido a localidades particulares.

En el desierto sudamericano del Pacífico oriental, esta vegetación puede presentar altos niveles de cobertura y de diversidad de especies en Perú y en la zona sur de la Región de Antofagasta, lo cual es muy notorio dado el contexto desértico en que se desarrollan. Por otro lado, estos oasis de niebla se ven disminuidos en cobertura entre las ciudades de Arica y Antofagasta, aunque siguen presentando endemismos locales de especies. Estos últimos ecosistemas se encuentran actualmente fuertemente degradados.

Diversos factores amenazan los oasis de niebla, lo cual puede disminuir aún más su superficie. Factores antrópicos, tales como la ganadería, minería, actividades industriales o extracción de la flora, pueden disminuir la vegetación y deteriorar la composición florística de estos ecosistemas. Todo esto, sumado a factores ambientales como derrumbes, aluviones o ciclos climáticos de sequía, podrían llevar a un deterioro irreversible de estos ecosistemas.

En vista de esto, la ERCB (MMA, 2013a) considera la protección de la flora costera de la Región de Antofagasta, integrando varios sitios costeros como sitios prioritarios para la conservación. Bajo esta misma, se han realizado múltiples esfuerzos relacionados con la protección de la flora costera.

En este estudio, se pretende continuar con los esfuerzos propuestos por la ERCB, mediante el estudio de los ecosistemas costeros, la detección de zonas prioritarias, conservación *ex situ* de flora amenazada y propagación de estas especies para la restauración de los ecosistemas. Debido a esto, los objetivos de este proyecto son los siguientes:

Folio004465

OBJETIVOS

a) Objetivo general

Diagnosticar ambientalmente el estado de la flora costera regional y determinar y aplicar medidas piloto de conservación *ex situ*, propagación y reintroducción de las especies amenazadas, para la conservación del ecosistema costero y la mantención de sus servicios ecosistémicos.

b) Objetivos específicos

1. Recopilar, sistematizar y analizar la información existente sobre la flora costera regional, proveniente de proyectos que hayan sido ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en el área de estudio, monitoreos realizados por la autoridad, privados, universidades, centros de investigación, entre otros.
2. Realizar un catastro e inventario de las especies más amenazadas de flora costera de la Región de Antofagasta.
3. Definir áreas y especies prioritarias para la aplicación de medidas de conservación.
4. Generar un diagnóstico del estado de condición de la flora costera regional más amenazada.
5. Diseñar y ejecutar un plan piloto de conservación ex situ, propagación y reintroducción de flora costera regional bajo amenaza.
6. Elaborar una cartera de proyectos que permita abordar iniciativas de inversión en ámbitos de educación ambiental y turismo sustentable.
7. Difundir a la comunidad y autoridades, los resultados del estudio.

Folio004466

I OBJETIVO 1: "Recopilar, sistematizar y analizar la información existente sobre la flora costera regional, proveniente de proyectos que hayan sido ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en el área de estudio, monitoreos realizados por la autoridad, privados, universidades, centros de investigación, entre otros

I.1 Desierto de Atacama y área de estudio específica

El Desierto de Atacama es considerado tradicionalmente como la porción de territorio ubicado entre el Río Loa por el norte (22°30'S) hasta el Río Copiapó por el sur (27°20'S), y desde la costa por el oeste hasta el límite con Argentina (Riso Patrón, 1924). Es probable que la definición de este desierto se haya establecido a partir de la ausencia de ríos para abastecer de agua a los viajeros y sus animales que hayan intentado cruzarlo, a excepción del Río Salado, el cual tiene no tiene agua apta para su consumo. Debido a esto, el transporte por tierra debía ser intrincado por la ruta que debía cubrir las fuentes de agua, en su mayor parte coincidente con el camino del inca que recorre desde San Pedro de Atacama a Copiapó (Philippi, 1860b). El territorio definido como Desierto de Atacama coincide principalmente con la actual Región de Antofagasta, y parte de la Región de Atacama, ambas delimitadas al norte del Río Salado.

Probablemente desde la llegada de nuevas formas de transportes a motor de vapor o combustible, el concepto de Desierto de Atacama perdió su definición tradicional marcada por la limitación a cursos de agua. Actualmente la definición parece haberse ajustado a un corotipo determinado por la extrema aridez que caracteriza al denominado "Norte Grande" de Chile. Debido a esto, el nombre del Desierto de Atacama ha sido tomado como metonimia para numerosas clasificaciones biogeográficas.

En el caso de este trabajo, se considerará como el área de estudio la costa de la Región de Antofagasta. Esta última correspondería al Desierto de Atacama en su sentido estricto. Para la definición de costa, se usará el área delimitada por la clasificación de Gajardo (1993), en la cual define como Desierto Costero de Taltal y Desierto Costero de Tocopilla al área entre el mar y el punto más alto de la Cordillera de la Costa.

I.2 Ambiente físico

1.2.1 Morfología y geología

La Región de Antofagasta puede ser dividida en cuatro unidades morfoestructurales principales, las cuales son de oeste a este la Cordillera de la Costa, la Depresión Central (Pampa del Tamarugal *sensu* Santana, 1967), la Precordillera (incluyendo la Cordillera de Domeyko por el sur y la Cordillera de la Sal o Cordillera de Huaililla *sensu* Santana, 1967) y la Cordillera Andina Occidental. La Cordillera de la Costa tiene una altitud entre 800 a 2.000 msnm, seguida al oeste por un escarpe que termina en una angosta terraza costera. Por el lado este, se encuentra el mencionado depresión central separada por un declive mucho menor (Allmendinger & González, 2010).

Folio004467

En algunos sitios, como entre Tocopilla y Gatico o entre Paposo y Taltal, algunas plataformas angostas atraviesan transversalmente entre el mar y las montañas, con un ancho que va desde alrededor de 100 m a 3 km (Harrington, 1961).

La Cordillera de la Costa se levantó de manera importante durante el Mesozoico por una actividad controlada principalmente por la falla de Atacama. Sin embargo, existen múltiples fallas asociadas, las cuales pueden ser agrupadas en cuatro estructuras principales para la Región de Antofagasta (Allmendinger & González, 2010; Riquelme et al., 2003). De sur a norte, estos son el segmento de El Salado, el segmento de Paposo, el segmento de Mejillones y el segmento del Salar Grande. De las cuatro, el segmento de Paposo es el que ha alcanzado mayor altitud (Allmendinger & González, 2010).

Como es de esperar, el lugar está dominado geológicamente por rocas de origen Mesozoico, tanto ígneas como metamórficas. Gran parte está dominado por rocas de origen intrusivo, principalmente gabros, dioritas, granodioritas y algunos granitos (Riquelme et al., 2003). Es interesante la presencia recurrente de rocas volcánicas, principalmente Andesita, lo cual refleja una importante actividad volcánica (Nemeth et al., 2003; Oliveros et al., 2006). Esto se observa en sitios como el sur de Tocopilla, alrededores de Paposo, Michilla y al este de Antofagasta. En menor medida, se observan sitios con depósitos aluviales recientes, además de algunos sitios con acumulación de sedimentos marinos originadas en el Neogéno (Cantalamessa & Di Celma, 2005), donde destaca la Pampa de Mejillones

Desde el punto de vista de la hidrología, el único río que desemboca en el mar corresponde al Río Loa. Sin embargo, existe una serie de afloramientos de agua a lo largo de la costa de la Región de Antofagasta con agua de alta salinidad. A pesar de que esto se debe a que la composición de esa agua se ve determinada por el efecto de la neblina proveniente del mar, Herrera y Custodio (2014) indican que el principal aporte hídrico de estas vertientes corresponde a reservas de precipitaciones ocurridas hace 3.000 a 5.000 años AP. Sin embargo, los mismos autores indican que determinadas vertientes corresponden a aguas provenientes de la depresión intermedia que atraviesan roca volcánica permeable para llegar a la costa.

I.2.2 Clima

El desierto de Atacama es considerado el sitio más seco del mundo. Por el borde occidental de Sudamérica desde la latitud 5°S en el norte de Perú hasta casi la latitud 30°S en el norte de Chile, las precipitaciones raramente superan los 5 mm (Figura 1) (CR2, 2020; Garreaud et al., 2010). Esta condición de aridez se da entre el nivel del mar y los 1.000 msnm, por lo que en territorio chileno el desierto se adentra mucho más al interior, debido a la presencia del valle central existente entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera de los Andes. Las razones de esta aridez se dan principalmente debido a la posición de este desierto en el borde oeste de Sudamérica, flanqueado por el Océano Pacifico al oeste y la Cordillera de los Andes al este. La influencia de la costa el Pacifico le otorga condiciones de gran estabilidad atmosférica a la porción continental adyacente, debido a que frente a la costa se encuentra un

Folio004468

de alta presión denominado Anticiclón del Pacifico Sur, el cual evita la llegada de perturbaciones atmosféricas provenientes de latitudes medias debido al efecto de subsidencia causado (Garreaud & Aceituno, 2007; Rodwell & Hoskins, 2001). De manera adicional, la presencia de una corriente de agua de baja temperatura provenientes de altas latitudes al sur de Chile denominada "Corriente de Humboldt", causa enfriamiento en la troposfera amortiguando el efecto de la zona de subsidencia (Orme, 2007), resultando en un aumento de las condiciones de sequía local. Por último, un importante factor se encuentra al este del desierto, el cual corresponde a la Cordillera de los Andes. Ésta actúa como una barrera para las lluvias orientales causadas por el llamado "Monzón Sudamericano" que ocurre en el verano austral proveniente desde la cuenca del Amazonas e impacta por la cara este de la Cordillera (Rodwell & Hoskins, 2001), provocando una sombra de lluvia por su vertiente occidental (Garreaud et al., 2010; Orme, 2007).

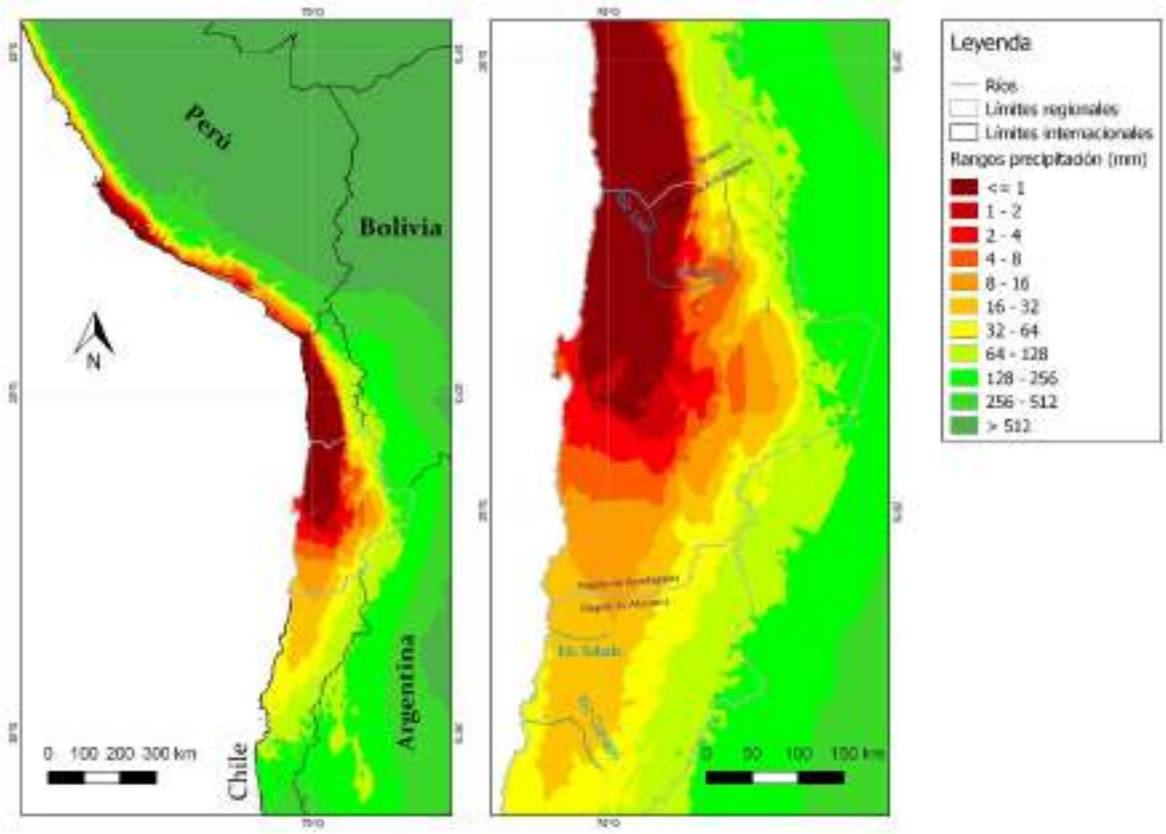


Figura 1. Rangos de precipitación anual promedio en la costa oeste de Sudamerica a partir de la información climatica publicada en Pliscoff et al. (2014).

I.2.3 El Niño Oscilación Sur

A pesar de que los factores comentados restringen fuertemente las precipitaciones, el Desierto de Atacama de manera excepcional recibe precipitaciones. Esto es posible gracias a un fenómeno que fue reportado por primera vez por Alexander von Humboldt en la costa del Perú. En su visita a Sudamérica, los pescadores locales le

Folio004469

informaron que cada ciertos años, aparecía en sus redes nuevas especies de peces tropicales propios de aguas más caliente de lo usual debido a una corriente que venía desde Ecuador y que aparecía cercano a la navidad, a la cual llamaron la corriente de “El Niño”, en alusión a la festividad (Caviedes, 2007; Wulf, 2016). Sin embargo, este corresponde a un fenómeno de gran escala que no sólo se refiere a una corriente marina, sino que se extiende a una actividad atmosférica que se explica por una variabilidad interanual de precipitaciones ocasionada por la oscilación térmica y de presión que afecta a todo el Océano Pacifico (Trenberth, 1997), al cual normalmente se le refiere como “El Niño Oscilación Sur” (ENOS). El fenómeno se basa en la anomalía de la interacción de dos núcleos, uno de baja presión ubicado sobre Indonesia y el otro de alta presión, que corresponde al ya mencionado Anticiclón del Pacifico Sur. Normalmente los vientos alisos y la corriente marina viajan hacia el oeste por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), regresando hacia el este por latitudes más altas. Sin embargo, durante episodios de El Niño, el debilitamiento del Anticiclón del Pacifico Sur, incluido su contraparte en el hemisferio norte, lleva a un consecuente debilitamiento de los vientos alisos y las corrientes, por lo que aguas de temperaturas alrededor de 28°C viajan hacia el este por la ZCIT, logrando llegar a la costa sudamericana entre los meses de diciembre y febrero. El aumento de temperaturas oceánicas acompañadas del debilitamiento del Anticiclón, resulta en un aumento extraordinario de las precipitaciones en la costa de Sudamérica occidental (Cai et al., 2014; Caviedes, 2007; Roeckner et al., 2000; Trenberth, 1997). Por otro lado, existe el fenómeno de “La Niña”, el cual sería una anomalía opuesta. En este, un fortalecimiento de los vientos alisos hacia el oeste en la ZCIT resultan en un enfriamiento de las aguas oceánicas en la costa del Pacifico. Esto resulta en sequias aún más fuertes de lo normal en Sudamérica occidental (Trenberth, 1997). Se ha reportado que hay una fuerte correlación entre los sitios de la ZCIT y los lugares del planeta que se ven afectados por anomalías climáticas. Debido a esto, los oceanógrafos han dividido la ZCIT en 4 cuadrantes, dependiendo de qué zona afectan al aumentar las temperaturas de cada uno. Es de especial interés para Chile el cuadrante denominado “El Niño 3”, el cual se localiza entre los 150°W y 90°W de la ZCIT, ya que cuando las temperaturas alcanzan *ca.* 28°C, las precipitaciones aumentan significativamente en Chile (Figura 2), viéndose especialmente afectada la zona hiper-árida del país. Sin embargo, en Chile aumentan las precipitaciones con un desfase de algunos meses, ya que coinciden con la época de mayores lluvias en este país. De igual manera aumentan las precipitaciones en la cuenca del Río de La Plata en Argentina y Uruguay, mientras que en Centro América y México se producen fuertes déficit de precipitaciones por la costa occidental (Caviedes, 2007).

Folio004470

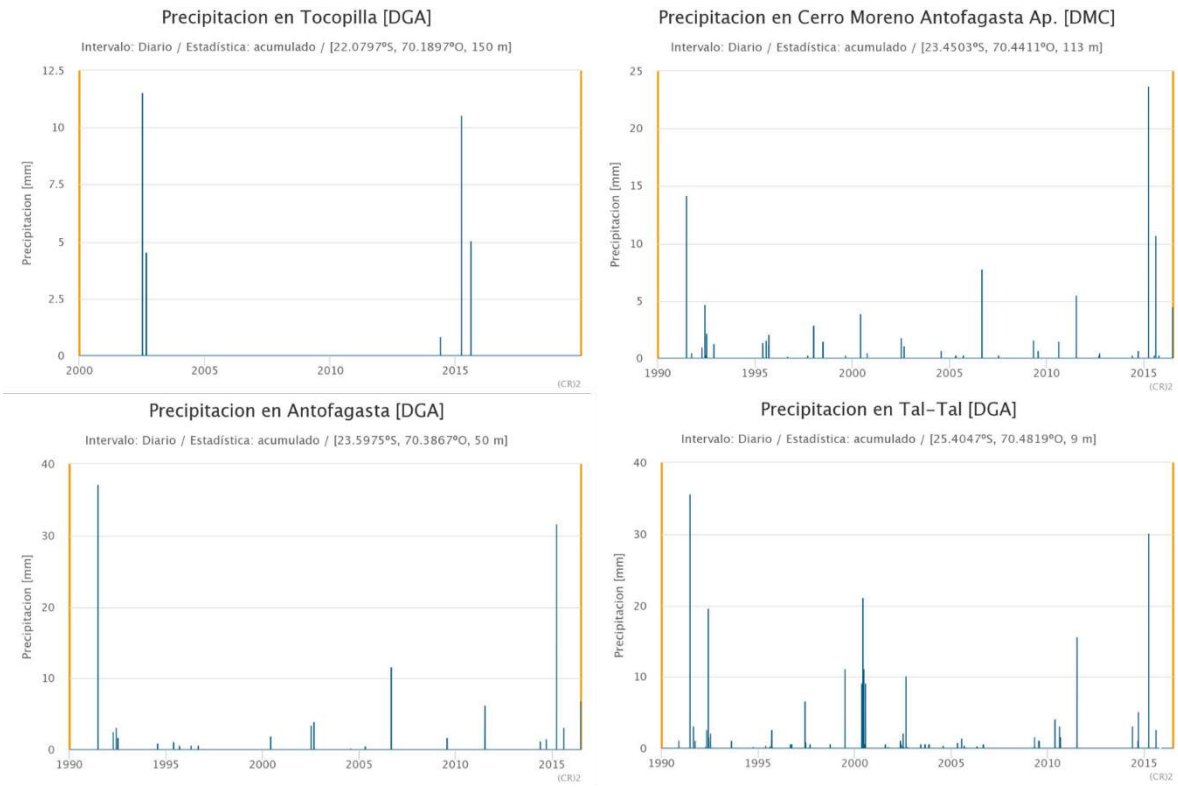


Figura 2. Esquema de precipitaciones en Tocopilla, Cerro Moreno, Antofagasta y Taltal desde el año 1990 (excepto Tocopilla, con registros desde el año 2000), donde el aumento excesivo de precipitaciones indica presencias de años con influencia de "El Niño". Datos obtenidos de CR2 (2020).

I.2.4 Neblina costera

Además de las ocasionales precipitaciones causadas por el fenómeno de El Niño, el Desierto de Atacama recibe aporte hídrico a partir de la neblina costera de baja altitud. Esta es denominada como "camanchaca" en Chile y "garúa" en Perú. La neblina es originada en la Corriente de Humboldt, donde se levantan aguas profundas para formar una capa persistente de nubes de tipo estratocúmulos (Sc) (Garreaud et al., 2010; Wang et al., 2003). Debido a la inversión térmica ocasionada en el Desierto de Atacama causada por la interacción entre la Corriente de Humboldt y la zona de subsidencia, los Sc se mantienen restringidos a una baja altitud, más o menos limitados bajo los 1.000 msnm (Rundel et al., 2007; Wang et al., 2003), por lo que éstos se precipitan contra la barrera otorgada por la Cordillera de la Costa, la cual supera esta altitud en la mayor parte de su extensión. Como es de esperar, la neblina puede verse potenciada por el fenómeno de "El Niño", e incluso es probable que se vea afectada por cuadrantes diferentes a "El Niño 3" (Del Río et al., 2018).

Folio004471

I.3 Vegetación

I.3.1 Biogeografía del Desierto de Atacama

El desierto del occidente de Sudamérica es una franja de aridez continua que se extiende por la costa desde el norte de Perú hasta el norte de Chile. Sin embargo, biogeográficamente se divide en dos unidades notoriamente separadas en la latitud 18°S, correspondiente a la ciudad de Arica, ya que por la inflexión continental que se produce en este punto, la diversidad de especies cambia notoriamente (Rundel et al., 1991, 2007). Debido a esto, en la literatura se diferencia a la costa desértica al norte de Arica como "Desierto de Sechura" (Olson & Dinerstein, 2002) o "Desierto Peruano" (Morrone, 2014, 2015; Rundel et al., 1991, 2007), mientras que existe un consenso en la literatura en llamar "Desierto de Atacama" desde Arica hacia el sur (*op. cit.*). Sin embargo, el límite sur del Desierto de Atacama parece ser más difuso. Algunos autores definen el límite alrededor del Río Copiapó (Rauh, 1985; Takhtajan, 1986), lo cual coincide con la definición clásica del Desierto de Atacama. Desde un punto de vista fisionómico, este límite coincide con un cambio de una vegetación de matorral abierto pero constante, a la virtual ausencia de vegetación. Por otro lado, desde un punto de vista biogeográfico, y especialmente florístico, el límite del desierto pareciera estar en la latitud de la ciudad de La Serena (Dillon & Hoffmann, 1997; Gajardo, 1994; Luebert, 2011; Morrone, 2014, 2015; Olson et al., 2001; Rundel et al., 1991).

Luego de esta división latitudinal, las subdivisiones consiguientes vendrían a ser de carácter longitudinal. Existe un gradiente altitudinal que se da debido a las condiciones de temperatura y precipitaciones que cambian longitudinalmente, aunque este también varía latitudinalmente. En la Región de Antofagasta, el borde este del Desierto de Atacama se encuentra en la zona de la Puna, la cual representa la mayor altitud, de más de 4.700 msnm (Gajardo & Luebert, 2000), presenta zonas de desierto de alta montaña con ausencia de plantas. En este sitio se encuentra la vegetación de roquedales y solifluxión (Gajardo & Luebert, 2000). Bajo los 4.500 msnm aparece la vegetación de los pajonales matorrales bajos xeromorfos propios de un clima orotropical (Gajardo & Luebert, 2000). Acá, es dominante *Festuca orthophylla*, además de otras poáceas, y se observa la presencia del "tolar", un tipo de vegetación conformado por *Fabiana denudata* y *Baccharis tola* (Quintanilla, 1977). Finalmente, bajo los 3.800 msnm aparece el matorral desértico (Gajardo & Luebert, 2000; Quintanilla, 1977), inserto en un clima supratropical dominado principalmente por *Atriplex imbricata* y *Acantholippia deserticola* hasta los 3.000 o 3.700 dependiendo de la latitud (Luebert & Pliscoff, 2006). Al oeste de las cordilleras de Domeyko y de la Sal, algunos autores describen la presencia de otra formación vegetacional denominada "desierto de los aluviones", dominado por hierbas ocasionales como *Adesmia atacamensis* y *Cistanthe salsoloides* por sobre los 2.000 msnm (Gajardo, 1994; Luebert & Pliscoff, 2006). Esta es la última formación antes de entrar al desierto absoluto en el valle central, lugar dominado por un clima ultrahiperárido carente de vegetación a excepción de sitios con evidente napas subterráneas con presencia de *Tessaria absinthioides* (Luebert & Pliscoff, 2006).

Folio004472

La tendencia de disminución de la vida vegetal se rompe drásticamente hacia la costa, ya que llegando a la pendiente occidental de la Cordillera de la Costa reaparece nuevamente la vegetación (Quintanilla, 1977). En este sitio, la cobertura vegetal se amplía conspicuamente, superando en algunos sitios el 30% y varias formas de vida (Rundel et al., 1991; Rundel & Mahu, 1976). Esto se debe a que las especies arbustivas y anuales pueden establecerse exitosamente gracias a las precipitaciones caídas en años con influencia de "El Niño" (Squeo et al., 2007). Adicionalmente, las especies arbustivas y otras especies perennes pueden mantenerse gracias a los aportes hídricos más o menos constantes que reciben de la neblina costera (Cereceda et al., 2008; Egaña et al., 2004).

I.3.2 Lomas y oasis de niebla

Debido a que las condiciones topográficas irregulares crean sitios que ofrecen mayor resistencia al paso de la neblina, y por consecuencia reciben mayor aporte hídrico, existen ciertos lugares con mayor concentración de vegetación que permiten reconocerlos como unidades discretas (Figura 3Figura 4). Estos sitios son denominados "lomas" o "oasis de niebla". A pesar de que Philippi (1860) ya había notado el efecto de la neblina en la vegetación, al parecer el primero en usar el término "lomas" fue August Weberbauer, naturalista alemán que trabajó sistemáticamente en la flora de Perú, y publicó este término en su obra "Die pflanzenwelt der peruanischen Anden" (Weberbauer, 1911), mientras que el término "oasis de niebla" fue instaurado por Ellenberg (1959), también en un trabajo descriptivo de la costa de Perú llamado "Über den Wasserhaushalt tropischer Nebeloasen in der Küstenwüste Perus". En la bibliografía general, el término "lomas" se ha usado más para estos ecosistemas en Perú (*e.g.* Dillon et al., 2011; Dillon & Rundel, 1990), mientras que "oasis de niebla" ha sido más aplicado para Chile (*e.g.* Del Río et al., 2018; Follmann & Weisser, 1966; Larraín, 2007; Muñoz-Schick et al., 2001).

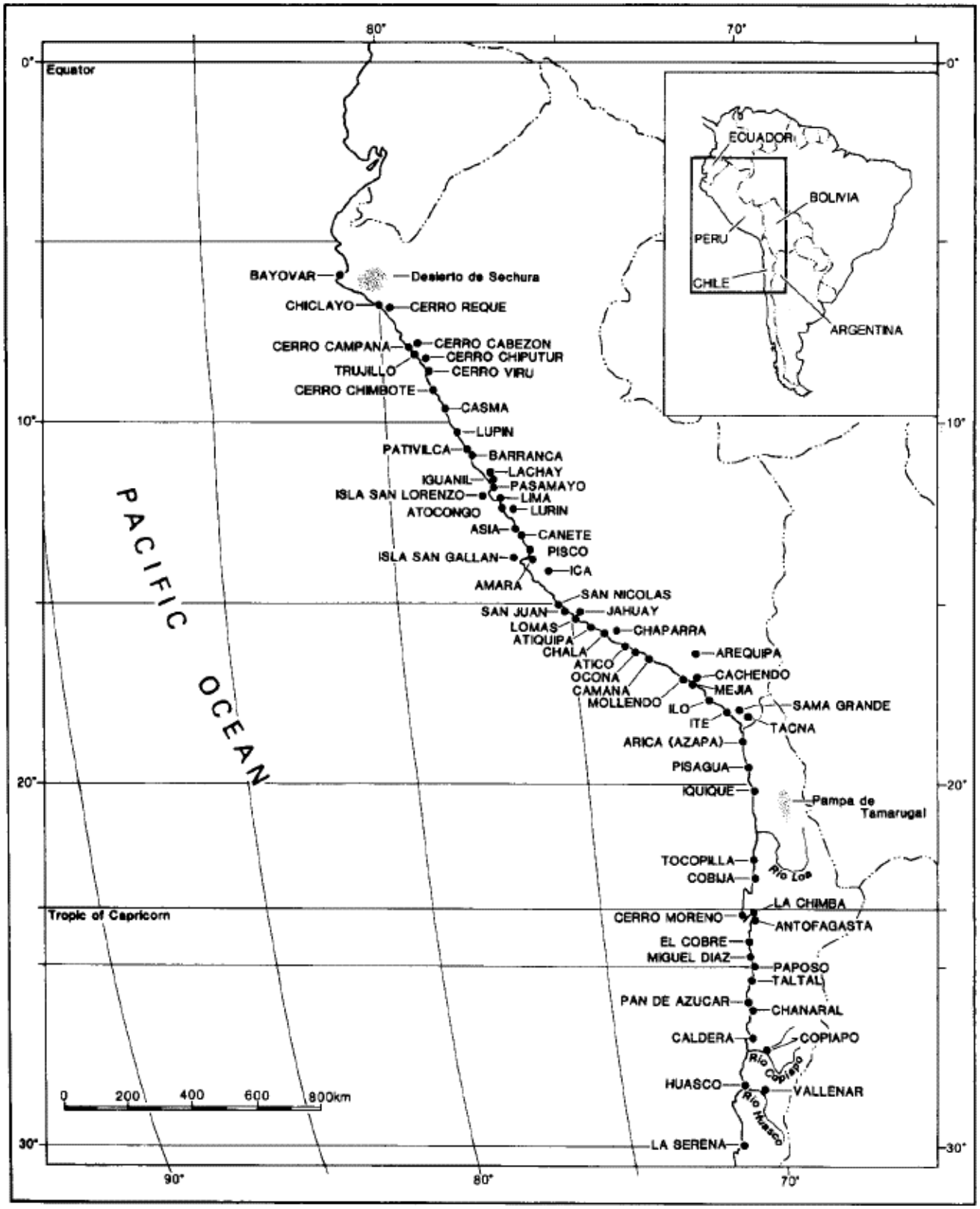


Figura 3. Localización de localidades relevantes y lomas en los desiertos de Chile y Perú (Rundel et al., 1991).

Folio004474

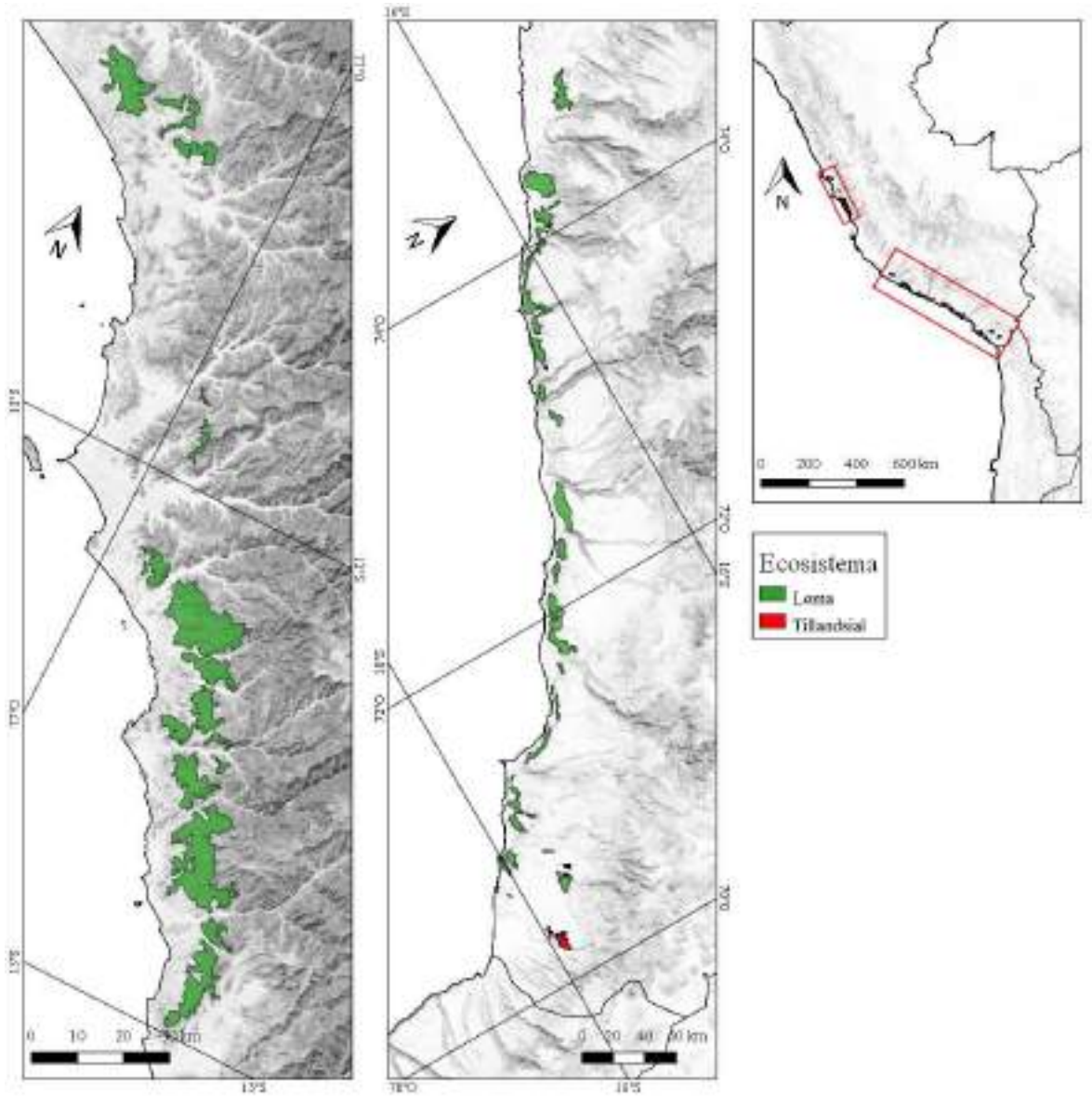


Figura 4. Presencia de ecosistemas de lomas en la costa de Perú, consideradas en la clasificación del MINAM (2015) como polígonos discretos de vegetación.

A pesar de que factores como la presencia de lluvias cada varios años y la presencia constante de la neblina costera crean regímenes similares para los ecosistemas de la costa del Desierto de Atacama, existen variaciones en la flora y vegetación a lo largo de esta franja. Aunque Philippi (1860) ya había notado las marcadas diferencias vegetacionales entre la costa al norte y sur de Punta Dos Reyes, probablemente la principal distinción en las diferentes unidades de vegetación en la costa del Desierto de Atacama la entregó Johnston (1929), quien clasifico esta área en dos sitios. La primera, la llama “Costa de los departamentos de Chañaral y Taltal”, mientras que la segunda la llama “Costa del Salitre”, ya que corresponde a la zona por donde en aquellos tiempos se embarcaba ese mineral extraído en esa zona. Ambas zonas las delimita en la latitud 24°30’S, y la principal característica que destaca en la primera formación corresponde a la presencia de un denominados “cinturón fértil”, que corresponde a los parches vegetacionales de relativa alta cobertura que se encuentran en los sitios donde arremete la neblina

Folio004475

costera. Debido a esta particularidad vegetacional, Ricardi (1957) propone el nombre de "Formación costera de Taltal", y considera su inclusión dentro del "territorio costero de los desiertos y lomas de la provincia litoral deserta" debido al parecido con la vegetación de Perú. De igual manera, Rundel et al. (1991), considera los dos ecosistemas costeros, pero determina el punto de transición entre estos dos en la ciudad de Antofagasta. Estas mismas unidades volverían a ser tomadas en Gajardo (1983), quien las denominaría como "Desierto Costero de Taltal" a la primera y "Desierto Costero de Tocopilla" a la segunda, luego incluyéndolas en su clasificación vegetacional definitiva (Gajardo, 1994) (Figura 5).

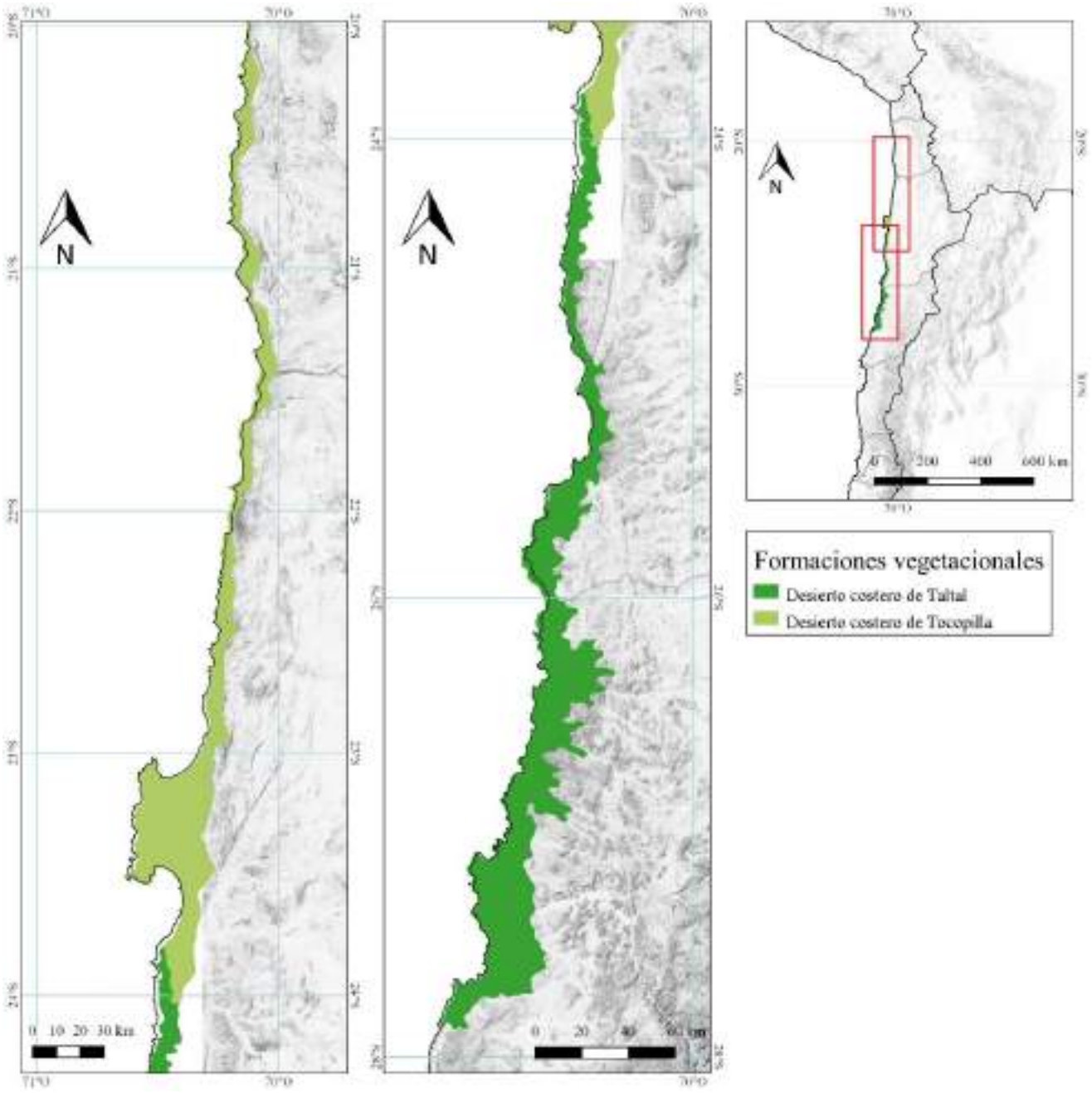


Figura 5. Formaciones vegetacionales de desierto costero según Gajardo (1993).

Folio004476

I.3.3 Desierto costero de Taltal

El Desierto costero de Taltal *sensu* Gajardo (1993) corresponde a una franja litoral que va desde la latitud 23°47'S a la latitud 27°53'S. Bajo el concepto de Johnston, (1929), esta zona tendría un límite norte y sur un poco más hacia mayores latitudes, 24°30' y 26°30'S respectivamente. De igual manera, Schulz et al. (2011) define un límite fitogeográfico por el sur muy similar al de Johnston, (1929) a partir de un análisis de diversidad beta, en el cual determina una separación florística entre Chañaral y Flamenco. Sin embargo, en este análisis queda anidada en el mismo clado de Flamenco la localidad de Cifuncho, más al norte en la Región de Antofagasta. De igual manera, este análisis separa las localidades de El Cobre y Blanco Encalada de la zona de Taltal y Paposo (Schulz et al., 2011).

Esta zona se caracteriza por tener una alta diversidad y endemismo de especies. Especialmente en la zona entre 24°30'S y 25°30'S (Taltal y el norte de Paposo), la riqueza de especies es superior a la de la flora de las lomas peruanas (Cavieres et al., 2002; Marticorena et al., 1998; Rundel et al., 1991; Squeo et al., 1998), y el endemismo es el mayor al de toda la Región de Antofagasta (Cavieres et al., 2002). De la misma manera, la riqueza de niveles taxonómicos superiores y de diversidad filogenética es superior a los sitios adyacentes en el norte grande (Scherson et al., 2017; Squeo et al., 1998). Al igual que en otras zonas desérticas del mundo, existen diversas formas de vida, aunque en esta zona es significativamente mayor la cantidad de especies suculentas de metabolismo CAM, así como también arbustos con hojas o tallos suculentos, aunque la mayoría de estos con metabolismo C_3 (Larraín et al., 2018; Palma & Mooney, 1998). El Desierto Costero de Taltal también se caracteriza por tener zonas con una alta cobertura vegetacional, pudiendo superar el 40% en determinados lugares afectados por la niebla (Rundel & Mahu, 1976), lo cual es muy superior a la matriz desértica en la cual se encuentra. En estos sitios se forman unidades discretas de vegetación similares a los que se observan en las lomas costeras de Perú y a diferencia de lo observado en el resto del Desierto de Atacama. Estas unidades son denominadas como *fertile belt* por Johnston, (1929) o "franja fértil" por Ricardi (1957). En la zona de Paposo, Rundel y Mahu (1976) determinan esta zona desde alrededor de los 300 a ca. 800 msnm, aunque la sub-estratifican en 4 niveles. Desde los 200 a casi los 400 indican que existe una comunidad de *Eulychnia* y Puya, luego, hasta sobre los 600 msnm determinan la comunidad de *Euphorbia* y *Eulychnia*. Hasta casi los 800 msnm definen la comunidad *Eulychnia* y *Copiapoa*, y hasta casi los 900 msnm indican una comunidad de *Copiapoa*. Bajo el cinturón fértil, definen una comunidad costera de Copiapoa, mientras que por encima de los 900 indican que no hay vegetación (Figura 6). De la misma manera, Luebert y Pliscoff (2006) hacen una división de toda la zona del Desierto Costero de Taltal determinada por la altitud en la franja costera. En esta, se divide a la ladera este de la Cordillera de la Costa en tres niveles (Figura 7). El nivel más bajo corresponde al "Matorral desértico mediterráneo costero de Gypothamnium pinifolium y Heliotropium pycnophyllum", mientras que el más alto es el "Matorral desértico mediterráneo interior de Oxyphyllum ulicinum y Gymnophyton foliosum". Sin embargo, este último se ve gradualmente reemplazado hacia el sur, desde la zona de Cifuncho, por el "Matorral desértico mediterráneo costero de *Euphorbia lactiflua* y *Eulychnia saint-pieana*".

Por

Folio004477

último, el cinturón fértil lo denominan como "Matorral desértico mediterráneo costero de *Euphorbia lactiflua* y *Eulychnia iquiquensis*".

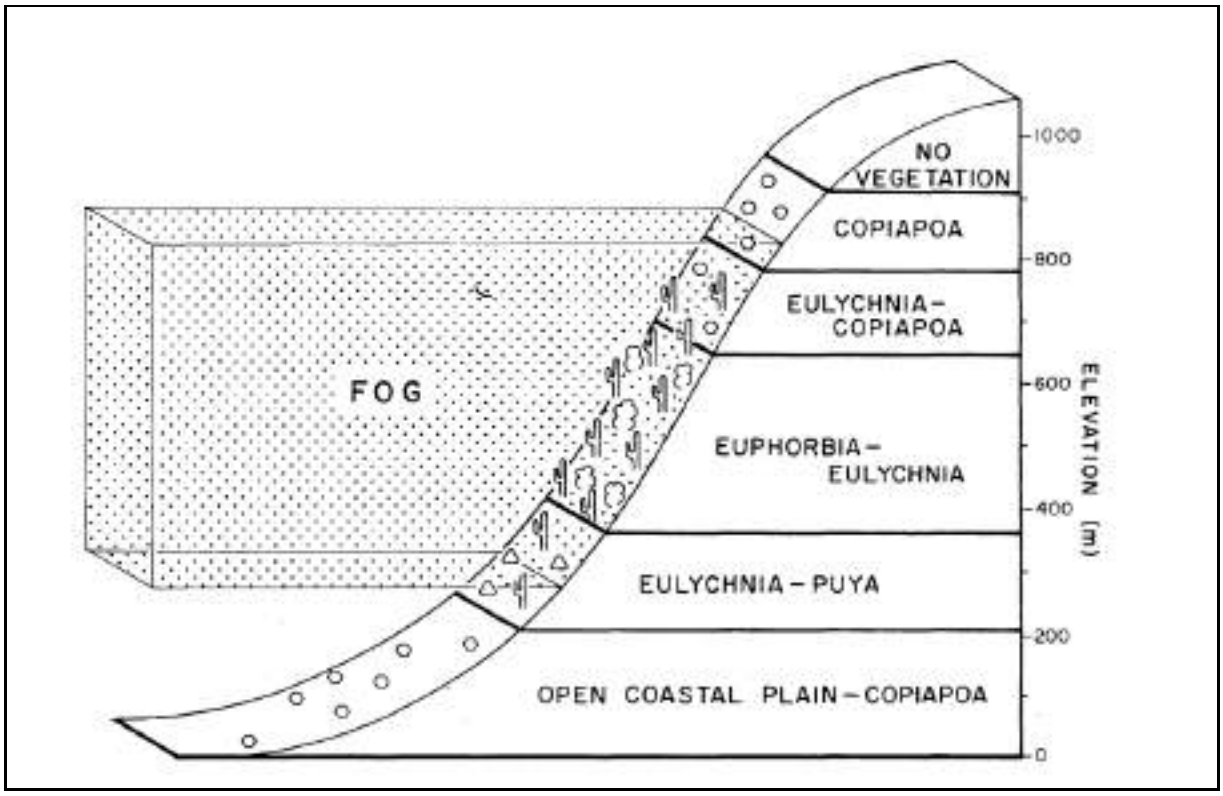


Figura 6. Zonificación altitudinal de un transecto vegetacional en la localidad de Paposo según Rundel y Mahu (1976).

Folio004478

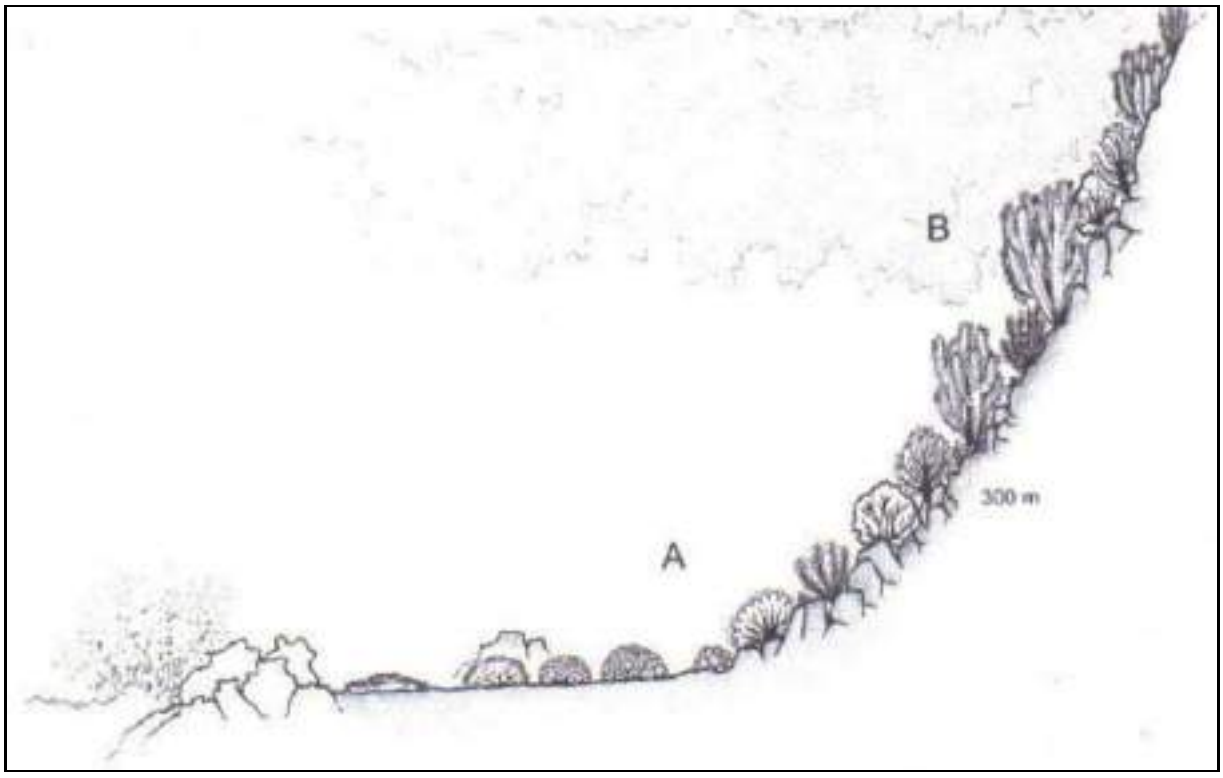


Figura 7. Esquema de zonación vegetacional en la costa del sur de la Región de Antofagasta según Luebert y Pliscoff (2006).

I.3.4 Desierto costero de Tocopilla

El Desierto costero de Tocopilla *sensu* Gajardo (1993) corresponde a una franja litoral que va desde la latitud 19°40'S a la latitud 23°47'S. Bajo el concepto de Johnston, (1929), esta extensión sería bastante similar. En algunas clasificaciones, toda esta zona se considera hasta Arica, debido al brusco cambió de especies en este punto a partir del norte (Rundel et al., 1991). Sin embargo, el análisis de Schulz et al. (2011) define una división de esta unidad, estableciendo una separación fitogeográfica entre Alto Chipana y Tocopilla, revelando que habría una barrera natural alrededor de la desembocadura del Río Loa, en el límite entre la Región de Tarapacá y la Región de Antofagasta. Es interesante que este análisis revela mayor similitud florística de las localidades de Blanco Encalada y El Cobre con el Desierto costero de Tocopilla que con el Desierto costero de Taltal, a diferencia de lo que postulan clasificaciones anteriores (Gajardo, 1994; Johnston, 1929; Luebert & Pliscoff, 2006).

A diferencia del Desierto costero de Taltal, esta zona tiene una vegetación mucho menos abundante y más pobre desde el punto de vista de riqueza de especies (Cavieres et al., 2002; Johnston, 1929; Marticorena et al., 1998; Squeo et al., 1998). De la misma manera, en toda esta zona se observa la ausencia de un cinturón fértil (Dillon & Hoffmann, 1997; Johnston, 1929), ya que la gran mayoría de la flora consiste en especies anuales que aparecen cada varios años durante los episodios "El Niño" (Luebert et al., 2007; Schulz et al., 2011). Sin embargo, se observa una relación obvia de la vegetación con sitios específicos donde incide la niebla. De igual manera, si se puede diferenciar una estratificación altitudinal, similar a lo ocurrido cercano a Paposo, pero más simple. Al parecer la

Folio004479

vegetación estaría dividida en sólo dos pisos (Johnston, 1929; Luebert et al., 2007; Luebert & Pliscoff, 2006), el cual, el más bajo estaría descubierto de especies, excepto algunos arbustos encontrados en fondos de quebrada o especies anuales presentes en años con presencia de "El Niño" (Schulz et al., 2011). Por sobre los 600 msnm hasta la cima de las montañas costeras se puede encontrar una vegetación dominada por *Eulychnia iquiquensis* (Matorral desértico tropical costero de *Ephedra breana* y *Eulychnia iquiquensis sensu* Luebert & Pliscoff [2006]), la cual tendría una cobertura máxima de 20% por sobre los 700 msnm, que es donde se encuentra su mayor desarrollo (Luebert et al., 2007). La simpleza vegetacional se complejiza en la Península de Mejillones, específicamente en el Morro Moreno, el cual supera los 1.000 msnm. A diferencia del resto del Desierto costero de Tocopilla, en el Morro Moreno existe la presencia de un pequeño cinturón fértil por el lado suroeste, donde la vegetación alcanza coberturas superiores al 70% alrededor de los 800 msnm (Oltremari et al., 1987). De la misma manera, el brusco levantamiento del Morro Moreno que va desde el nivel del mar hasta sobre los 1.000 msnm da a lugar una vegetación diversa. La clasificación de esta fue realizada por primera vez por Oltremari et al. (1987), quienes realizaron un perfil altitudinal diferenciando 4 pisos ecológicos (Figura 8). El primero de menor altitud corresponde a la faja costera desértica hasta los 350 msnm, seguido por la faja intermedia desértica hasta los 750 msnm, luego la faja fértil hasta los 900 msnm, finalizando nuevamente con la faja desértica por sobre esta altitud. En el caso de la línea base de la Península de Mejillones (CREA, 2003), se hace un estudio de la vegetación desde distintas exposiciones. En la ladera nororiente se indica que la vegetación cercana al nivel del mar corresponde a algunos arbustos, mientras que sobre los 300 msnm aparecen cactáceas como *Eulychnia morromorenoensis* y *Copiapoa atacamnesis*, junto a otras como *Tetragonia angustifolia* y *Heliotropium pycnophyllum*. Por el lado suroeste, se describe la vegetación por sobre los 300 msnm, en donde existe una comunidad llamada "asociación de *Tetragonia angustifolia-Heliotropium pycnophyllum*. Por sobre los 500 msnm se describe la "asociación de *Lycium leiostemum*", la cual es donde mejor se desarrolla la vegetación. Por último, la descripción altitudinal que hace Schulz et al. (2011) es muy similar a la de (Oltremari et al. (1987), con la diferencia que el ecotono existente entre la faja desértica y la faja intermedia desértica es considerado como una unidad aparte por Schulz et al. (2011), donde domina *Copiapoa calderana* (Figura 9).

Folio004480

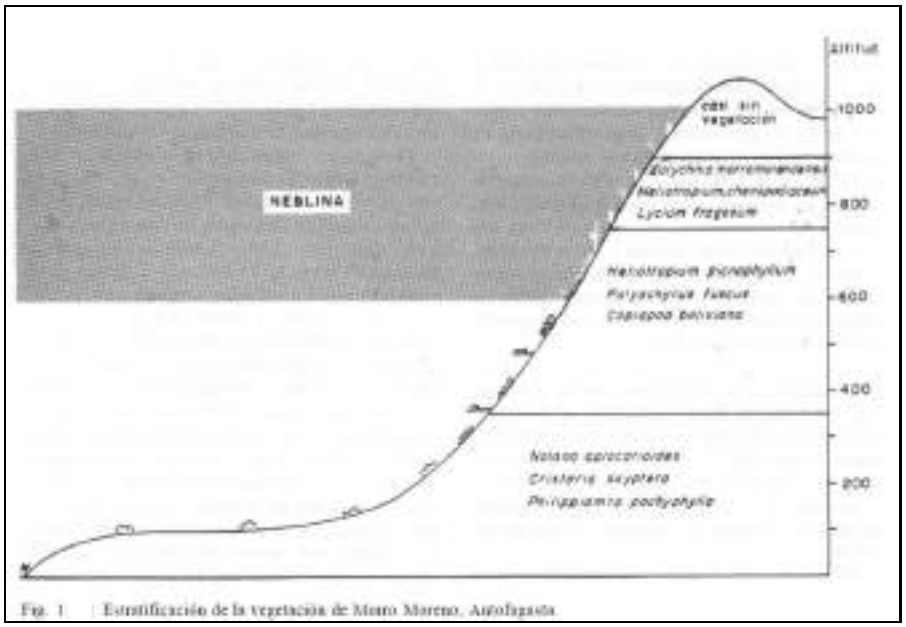


Figura 8. Descripción altitudinal de la vegetación en el Morro Moreno por Oltremari et al. (1987).

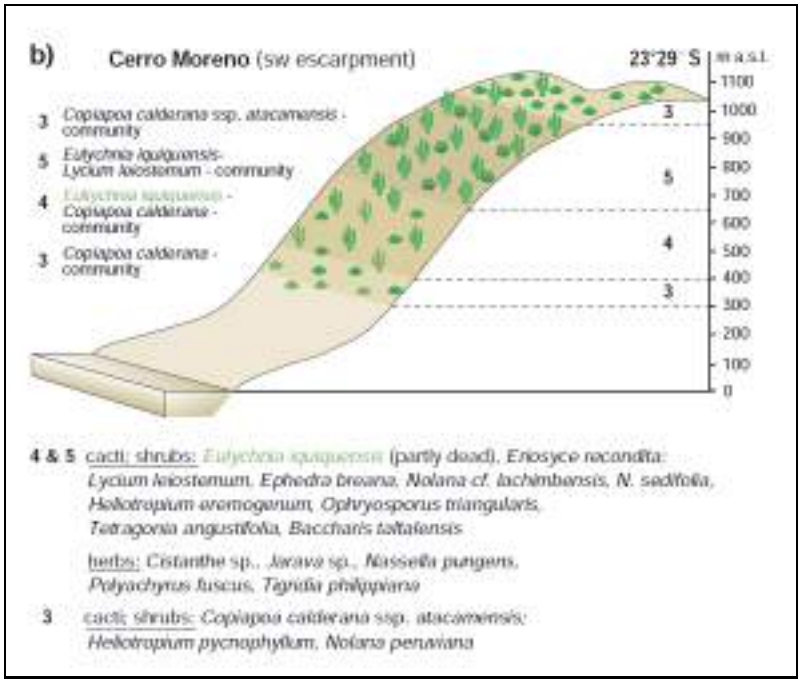


Figura 9. Descripción altitudinal de la vegetación en el Morro Moreno por Schulz et al. (2011).

Folio004481

I.4 Flora

I.4.1 Publicaciones

Existen numerosos trabajos inventariando la flora de la costa de la actual Región de Antofagasta, en los cuales el número de especies varía según el autor y el área de estudio. En esta sección se comentan los más relevantes para la zona de estudio (Cuadro 1), en los cuales se registran diferentes florúlas del Desierto de Atacama. También se incluyen algunos colectores importantes y trabajos sobre la vegetación y ecología de la costa del desierto, con el fin de entender la distribución de las plantas. Estos serán de utilidad para obtener datos sobre las presencias de las especies.

Cuadro 1. Principales publicaciones realizadas sobre la flora costera del Desierto de Atacama.

N°	Título	Cita
a)	*Journal des observations physiques, mathématiques et botaniques*	Feuillée (1725b)
	Voyage dans l'Amérique méridionale	Orbigny (1847)
	Voyage Autour du Monde	Gaudichaud (1851)
	Colectores varios *e.g.* H. Cumming, T. Bridges, A. Borchers, A. Larrañaga, L. Darapsky	-
b)	Viage al Desierto de Atacama	Philippi (1860)
c)	*Grundzüge der pflanzenverbreitung in Chile*	Reiche (1907)
	Ein frühlingsausflug in das küstengebiet der Atacama (Chile)	Reiche (1911)
d)	*Studies in the Boraginaceae*	Johnston (1927, 1928a)
	Papers on the flora of northern Chile	Johnston (1929)
	Some notes on the flora of northern Chile	Johnston (1930)
	New records for the flora of the nitrate coast	Johnston (1932)
	A study of the Nolanaceae	Johnston (1936)
	Astragalus in Argentina, Bolivia and Chile	Johnston (1947)
e)	Excursiones botánicas a los alrededores de Tocopilla	Jaffuel (1936)
f)	*Community structure and diversity in a coastal fog desert in northern Chile*	Rundel y Mahu (1976)
g)	Perspectiva de Morro Moreno como área silvestre protegida	Oltremari et al. (1987)
h)	*Flora and vegetation of Pan de Azucar National Park in the Atacama Desert of northern Chile*	Rundel et al. (1996)
i)	La vegetación natural de Chile	Gajardo (1994)
j)	Catálogo de la flora vascular de la Segunda Región (Región de Antofagasta), Chile	Marticorena et al. (1998)
k)	*The Solanaceae of the lomas formations of coastal Peru and Chile*	Dillon (2005)
l)	Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile	Luebert y Pliscoff (2006)
m)	Relaciones florísticas entre oasis de neblina del desierto costero del norte de Chile	Larraín (2007)
n)	Observaciones sobre la flora y vegetación de los alrededores de Tocopilla (22ºS, Chile)	Luebert et al. (2007)
o)	Contribución al conocimiento de la flora endémica de Taltal y Paposo, Región de Antofagasta (II), Chile	Finger y Teillier (2010)
p)	Catálogo de las plantas vasculares de Chile	Rodríguez et al. (2018)

Folio004482

q)	Sistema de información botánica andina	TFM (2020)

a) Colectas en la costa de la actual Región de Antofagasta hasta la primera mitad del s. XIX

A pesar de que no existen estudios intensivos sobre la flora de la costa de la actual Región de Antofagasta para antes de 1860, es necesario destacar a algunos naturalistas que exploraron la zona. La mayoría de ellos llegaron a esta parte del Desierto de Atacama por el puerto de Cobija. Este poblado fue un asentamiento Chango hasta 1825, año en que Simón Bolívar lo instaura como puerto boliviano, el cual llegó a ser el más importante para los viajes entre Coquimbo y Arica, y la principal puerta de entrada para ese país desde el océano. Debido a su destrucción para el terremoto de 1868, Cobija fue abandonada por las autoridades bolivianas, las que se trasladaron a Antofagasta. Finalmente se anexó a territorio chileno en 1904 debido a la Guerra del Pacifico.

El primero del que se tenga registro de su presencia en esta zona corresponde al científico francés Louis E. Feuillée, quien atracó en el poblado de Cobija el 15 de mayo del año 1710. En su estadía, además de la colecta de especímenes, hizo mediciones de la rada, y realizó una observación muy detallada sobre los botes de los Changos (Feuillée, 1725b). Algunas plantas colectadas en otras partes del desierto, y presentes en Antofagasta, fueron usadas para ser publicadas por Carl Linnaeous, y luego Philippi, para describir especies con la nomenclatura moderna (Marticorena & Rodríguez, 1995), algunas de ellas presentes en el Desierto de Atacama. Destaca el tipo de *Argylia radiata* (L.) D. Don., el cual Claudio Gay afirma que viene de una colecta de Feuillée hecha en Cobija (Figura 10). Esto significaría que es la primera planta colectada en el Desierto de Atacama descrita. Sin embargo, Gay pareciera haberse equivocado, ya que la latitud de colecta no coincide con Cobija, si no que con el puerto de Ilo.

Figura 10. Lámina publicada en "Histoire des plantes médecinales qui font le plus en usage aux Royaumes de l'Amerique Meridionale, du Perou & du Chily" (Feuillée, 1725a) en la cual el autor indica el nombre de esta planta como *Bignonia flore luteo, foliis radiatis et elegantissime dissectis*. Este nombre no es aceptado por el código de nomenclatura actual, pero si el publicado por Linnaeous (1753) basándose en la planta colectada por Feuillée, acortando su nombre a Bignonia radiata L. Actualmente su nomenclatura aceptada es *Argylia radiata* (L.) D. Don., una planta presente en la costa de la Región de Antofagasta.

Folio004484

Otro colector que llegó a la costa de la Región de Antofagasta fue el inglés Hugh Cumming, conocido por la gran cantidad de colectas que realiza a partir de exploraciones financiadas por él mismo. Vivió en Valparaíso haciendo negocios, lo cuales abandonó para dedicarse a viajar por Sudamérica colectando plantas y animales (Marticorena & Rodríguez, 1995). En septiembre de 1828 llega a Cobija para realizar colectas, las cuales son usadas posteriormente por diversos botánicos en Europa para describir nuevas especies. Lamentablemente, etiqueta a toda la serie de sus colectas en el Desierto de Atacama con el mismo rotulo que dice "Cobija, Iquiqui et Arica". Esta imprecisión se incrementa debido a que posteriormente Hooker las etiqueta en su herbario como plantas peruanas, o incluso, de Lima (Johnston, 1929). Debido a esto, existe confusión hasta el día de hoy sobre la distribución de algunas especies presentes en Cobija (Luebert et al., 2007).

En abril de 1830 llega a Cobija el naturalista francés Alcide d'Orbigny, quien a pesar de que en su publicación "*Voyage dans l'Amérique méridionale*" (Orbigny, 1847) narra principalmente observaciones geológicas sobre el Desierto de Atacama, también realiza colectas de plantas y animales.

Un importante científico en la zona de estudio corresponde a Charles Gaudichaud-Baupré, quien estuvo en Sudamérica tres veces. En el último de estos viajes, visitó Chile a bordo de la corbeta "*La Bonite*", la cual desembarca en Cobija el 1 de julio de 1836. A partir de sus colectas en este lugar, escribe "*Voyage Autour du Monde*" (Gaudichaud-Beaupré, 1851), donde narra sus observaciones. En un atlas de láminas dibuja con gran detalle las especies vistas y colectadas, pero Gaudichaud enferma y fallece antes de publicar las explicaciones a las láminas. Sin embargo, el código de nomenclatura actual permite usar ilustraciones previas a 1908 como protólogo para describir especies, lo que significa que todas sus laminas son válidas y de gran importancia para la ciencia (Johnston, 1944; Marticorena & Rodríguez, 1995). De las especies colectadas en Cobija, ilustra varias plantas (Figura 11), resultando algunas de ellas especies nuevas como en el caso de *Cassia brongniartii* Gaudich. Al parecer tuvo gran interés en la antigua familia Nolanaceae (ahora género *Nolana*; Solanaceae), debido a la gran cantidad de láminas de este grupo (Johnston, 1936a). Sin embargo, debido a la ausencia de la explicación de las láminas, no se sabe con seguridad cuales son efectivamente de Cobija, ya que además estuvo en Valparaíso y Callao donde también está presente este grupo, aunque se han podido hacer algunas inferencias sobre esto (Johnston, 1936a, 1944). Es altamente probable que especies como *Alona balsamiflua* Gaudich., *Bargemontia peruviana* Gaudich. y *Leloutrea aplocaryoides* Gaudich. (entre otras no descritas por él) correspondan a sus colectas de Cobija, debido a lo que se sabe actualmente de sus distribuciones.

Figura 11. Algunas de las láminas de Gaudichaud que incluyen plantas seguramente colectadas en Cobija. Debido al alto detalle de las ilustraciones, éstas se usan actualmente como protólogos de estas especies. Arriba a la izquierda *Alona*

Folio004486

balsamiflua Gaudich.; Arriba a la derecha, *Bargemontia peruviana* Gaudich.; Abajo a la izquierda, *Leloutrea aplocaryoides* Gaudich.; Abajo a la derecha, *Cassia brongniartii* Gaudich.

Por último, está Thomas Bridges, inglés que viajó a Sudamérica con el fin de colectar especies nuevas para William Hooker en el Real Jardín Botánico de Kew, aunque también numerosos botánicos europeos pudieron realizar estudios a partir de sus colectas. En su segunda venida a Chile, Bridges recorrió la actual Región de Antofagasta. Llegó a Cobija en septiembre de 1844, desde donde atravesó el desierto para cruzar la Cordillera de los Andes y llegar hasta la cuenca del Amazonas. Para los ejemplares colectados en esta expedición también existe confusión por las localidades de colecta en las etiquetas de los herbarios, ya que aparecen todas las plantas colectadas desde Cobija hasta el Amazonas con "Bolivia" como localidad. Sin embargo, años más tarde, Johnston (1928b) logra reconstruir los itinerarios de todos los viajes de Bridges a Sudamérica en base a su correspondencia.

A pesar de todos estos colectores, nadie había realizado colectas en la zona sur de la costa de Antofagasta hasta la primera mitad del siglo XIX. En la segunda mitad de este siglo, algunos colectores exploraron esa zona. Entre estos se puede mencionar a Francisco San Román (1883-84), Augusto Borchers (1887), Almiro Larrañaga (1888) y Luis Darapsky (1889). Sin embargo, las primeras colectas en este lugar, y una de las más importante realizada en el Desierto de Atacama hasta el día de hoy, corresponde al trabajo realizado por R. A. Philippi a partir de su visita en 1853.

b) Viaje al Desierto de Atacama (Philippi, 1860b)

Rudolfo A. Philippi llegó a Chile desde Alemania en 1851, donde se estableció y trabajó como rector del liceo de Valdivia. En 1853 se le ofreció el cargo de director del Museo Nacional de Historia Natural para suceder a Claudio Gay, por lo que se trasladó a Santiago. Mientras tanto, el gobierno de Chile se encontraba en un plan de reconocimiento del territorio y definición de este. Tras la creación definitiva de la República de Chile en 1818, el límite norte era ambiguo al considerarse como límite con Bolivia el "Desierto de Atacama" de acuerdo al *uti possidetis*, zona que en ese tiempo se consideraba toda la extensión de la actual Región de Antofagasta. En este territorio ya eran conocidos por parte del gobierno de Manuel Bulnes algunos yacimientos guaneros, para los cuales se reconoció un gran potencial de explotación. Para incrementar el conocimiento geológico y potencial extractivo de este territorio, el gobierno de Manuel Montt encargo bajo Decreto Supremo la exploración y reconocimiento del Desierto de Atacama al director del Museo Nacional de Historia Natural (Bruna & Larroucau, 2008).

Las observaciones y resultados obtenidos corresponden al titulado "Viage al desierto de Atacama" (*sic*), en el cual Rodolfo Philippi reporta los resultados de la expedición realizada al norte de Chile entre diciembre del 1853 a marzo de 1854, donde reporta la flora, fauna y geología de los lugares recorridos, además de diversas mediciones de distinta naturaleza. En este territorio recorrió desde Caldera por la costa hasta Caleta El Cobre, pasando por Pan de Azúcar, Taltal y Paposo. Desde ahí, prosiguió por mar hasta Mejillones, donde recorrió el Morro de Mejillones y La

Chimba (al parecer refiriéndose al antiguo pueblo de Antofagasta). Desde ahí vuelve a Taltal para cruzar el desierto con dirección al altiplano, donde pasando por Breadal se dirige a Cachiyuyal, Profetas, Imilac, Tilomonte y San Pedro de Atacama. Desde ahí vuelve por la cordillera a Tres Puntas siguiendo el camino del Inca recorrido por Diego de Almagro, para finalmente desde Copiapó, volver a Santiago.

Finalmente, el autor colectó 429 especies de plantas diferentes, de las cuales creó 269 nuevos nombres. En cuanto al área cubierta en este estudio, en su trabajo, Philippi colectó 213 especies de plantas correspondientes a la zona costera de la actual Región de Antofagasta. En esta, describió la vegetación, notando que a pesar de que la vida vegetal disminuye progresivamente a medida que se avanza hacia el norte, la zona entre Pan de Azúcar y Miguel Díaz presenta una zona vegetacional de alta abundancia, presentando su máxima exuberancia en Paposo, la cual es atribuido por él a la neblina proveniente del mar. En la zona de Paposo, distingue la vegetación en 4 zonas. Bajo las neblinas y casi a la altura del mar, una zona dominada por *Statice plumosa*, nolanáceas y frankeniáceas. Más arriba empiezan a dominar las cactáceas, las cuales en la tercera franja son desplazadas por *Euphorbia lactiflua* y *Croton collinus*. Sobre los 250 m aparece una región de vegetación más abundante, donde además la riqueza tiene su máximo nivel. Esta franja termina completamente a los 700 m.

De los lugares recorridos por él, se nombran 62 de estas especies para Cachinal de la Costa (Aguada Grande según Johnston [1929]), 48 especies para los alrededores del pueblo de Taltal, 49 especies para el Cerro Hueso Parado (Cerro Perales según Johnston [1929]), 86 especies para Paposo (probablemente incluyendo los alrededores del pueblo y la localidad de El Rincón), 62 especies para el Cajón de Guanillo (actualmente conocido como Quebrada Paposo o Cuesta Paposo), 41 especies para Miguel Díaz, 17 especies para Breadal (probablemente Estación Breas o Las Breas), 7 especies para El Cobre y 5 para el Morro de Mejillones.

De estas, Philippi describe y nombra 121 especies nuevas (57%), mientras que las otras especies son atribuidas a nombres ya existentes. Por último, menciona algunas especies que no fueron identificadas por el autor. Algunas de estas resultaron ser nuevas especies, tales como *Portulaca philippii* y *Tigridia philippiana*, bautizadas años más tardes en honor a su primer colector

c) “Un viaje de primavera a la costa de Atacama” (Reiche, 1911) y otras contribuciones del autor

Desde poco tiempo tras su llegada a Chile, Karl Reiche trabajó en un estudio critico de la flora chilena, la cual, a pesar de no haber sido finalizada, alcanzó a tener 6 tomos que incluyeron 98 familias (Reiche, 1896-1911). En 1907 publicó “*Grundzüge der pflanzenverbreitung in Chile*” (traducido por G. Looser como “Geografía botánica de Chile”), libro perteneciente al octavo volumen del compendio de Adolf Engler y Oscar Drude llamado “*Die Vegetation der Erde*” (Vegetación de la Tierra). En el capítulo realizado por Reiche, describió la vegetación de diversas zonas del territorio chileno, relacionándola a las respectivas especies de su flora y comentando por primera vez sus límites de distribución (Moreira-Muñoz & Muñoz-Schick, 2013). La obra de Reiche (1907) se basó principalmente en las colectas realizadas y publicadas por Philippi (1860). Sin embargo, fue pionero en describir la

Folio004488

vegetación del norte de la ciudad de Antofagasta (además de Cobija), zona a la que no pudo acceder Philippi. Para Tocopilla menciona 30 especies colectadas, específicamente en los cerros Mamilla y Limón Verde. Con esto, él contrasta la información conocida hasta el momento de que el área de Tocopilla es totalmente carente de vegetación, realizada por exploradores que visitaron el lugar en época seca. Para las localidades de Mejillones, El Cobre, Miguel Díaz, Paposo, Tocopilla, el Cerro Hueso Parado, Taltal y Aguada La Cachina, el autor se limita a citar el trabajo de Philippi (1860), aunque para la zona de Taltal, también cita las observaciones de Darapsky. Karl Reiche describe como la neblina se concentra en el Cerro Hueso Parado, permitiendo la formación de espesos matorrales de *Euphorbia lactiflua* y *Oxalis gigantea*. En fondos de quebradas, entre las piedras, se encuentra *Gypothamnium pinifolium*, una *Puya* sp y *Echinocactus cinereus*. También indica que, tras las lluvias, los alrededores de Taltal se cubren de diferentes especies efímeras.

Reiche (1907) describió la costa de la Región de Antofagasta sin haberla visitado. A pesar de que hasta esa fecha él si había colectado en ésta región, su visita fue sólo a la Cordillera de los Andes (Moreira-Muñoz & Muñoz-Schick, 2013). Recién en 1909 tiene la oportunidad de visitar la costa de esta Región debido a un proyecto que buscaba estudiar el lechero (*Euphorbia lactiflua*), y la posibilidad de usarlo para explotar el caucho. A pesar de que el proyecto no prosperó, Reiche pudo colectar en las Breas, Paposo, Taltal y Tocopilla. A partir de esto publicó "*Ein frühlingsausflug in das küstengebiet der Atacama (Chile)*" en 1911, donde describe la vegetación y flora del lugar, además de proporcionar un anexo sobre la biología de *Euphorbia lactiflua*. En este trabajo, Reiche (1911) separa la vegetación en tres grupos. El primero corresponde a la vegetación de la zona de playa, para la cual divide la vegetación de las dunas y de suelos rocosos. Aunque para la vegetación de las dunas menciona 25 especies, probablemente vengan de sus colectas realizadas entre Caldera y Chañaral. Sin embargo, menciona que estas se comparten con Paposo en su mayoría, e incluso *Portulaca pilosissima* y *Malesherbia humilis* las cita exclusivamente para esta última localidad. Para la vegetación de suelos más rocosos también indica 25 especies observadas principalmente en las cercanías de Paposo. Zonifica la vegetación en tres ecosistemas delimitados por la altitud. La primera con escasa vegetación dominada por *Statice plumosa*, más arriba dominado por cactáceas bajas, principalmente *Echinocactus*, y finalmente una zona con cactus columnares y densos matorrales, dominado por *Euphorbia lactiflua*, *Lycium deserti* y específicamente en Paposo, *Croton collinus*. Para el segundo grupo, menciona la vegetación de las quebradas que bajan de los cerros costeros. Acá incluye la vegetación de la Quebrada de los Changos (incluyendo alrededor de 22 especies) y la Quebrada de Perales, para la cual indica 11 especies. Por último, el tercer grupo corresponde a la vegetación del interior, o del desierto. Acá se incluye Las Breas, e indica alrededor de 15 especies, de las cuales muchas se incluyen sólo a nivel de género.

Sobre la flora descrita por K. Reiche, para la zona de estudio se cuentan 6 taxones. Estos corresponden a *Centaurea floccosa* var. *atacamensis* Reiche, *Heliotropium inconspicuum* Reiche, *Palaua modesta* Reiche, *Oxybaphus ovatus* var. *acutus* Reiche, *Oxalis atacamensis* Reiche y *Verbena atacamensis* Reiche. Además, él crea nuevas combinaciones para taxones en el área de estudio, principalmente incluyendo las especies del género *Eritrichium* en el género *Cryptantha*.

Folio004489

d) Artículos sobre la flora del norte de Chile (Johnston, 1929) y otras contribuciones del autor

Ivan M. Johnston llegó a Chile en 1925 desde Estados Unidos, y en primavera del mismo año hizo campañas en los alrededores de Antofagasta y Tocopilla. Ese año cayeron intensas lluvias debido al fenómeno de "El Niño", por lo que sus colectas fueron numerosas. Las primeras publicaciones que incluyen plantas de la costa de Antofagasta fueron sus revisiones de boragináceas. En su primera publicación (Johnston, 1927), citó 8 especies de *Cryptantha* para la costa de la Región de Antofagasta, de las cuales 3 fueron descritas por primera vez en este trabajo. En su segunda publicación, Johnston (1928) citó 7 especies de *Heliotropium* para Chile, de las cuales dos eran nuevas especies. Una la considera desconocida, pero luego se daría cuenta que también era nueva para la ciencia. En el mismo artículo publica otra especie de *Cryptantha* nueva, ubicada en el Cerro Copa, a 65 km de la costa a la misma latitud de Taltal.

Tras esto, finalmente publica "*Papers on the flora of northern Chile*", probablemente uno de los trabajos más importante sobre la flora costera del norte grande. En él, Johnston (1929) observa la diferenciación de la vegetación y flora de la costa del norte grande, y la divide en dos grupos. La primera, al sur de la latitud 24°S hasta el Valle de Copiapó, la denomina como la "Costa de los departamentos de Taltal y Chañaral". La segunda, al norte de dicha latitud hasta el norte de Iquique, es llamada por el como la "Costa del Salitre". A la primera la caracteriza por su geomorfología, pero principalmente por el efecto de le niebla en esta, la cual caracteriza fuertemente a la vegetación entre Miguel Díaz y Taltal, específicamente entre los 300 y 800 msnm de los farellones. A este intervalo altitudinal lo denomina como "cinturón fértil", y lo asocia al concepto de "lomas" introducido por Weberbauer (1911) para la vegetación del desierto peruano. Al sur de Paposo, indica que este cinturón se restringe a unos pocos sectores muy localizados. Para esta primera zona biogeográfica, Johnston incluye 394 taxones. De estas, 145 son endémicas al área de los departamentos de Taltal y Chañaral. La segunda, correspondiente a la "Costa del Salitre", se extiende por la costa desde la latitud 20°S a la 24°S. Johnston diferencia esta zona por la ausencia de los llamados "cinturones fértiles", ya que acá la vegetación está compuesta por plantas dispersas en las cimas de los farellones costeros. Para esta segunda zona biogeográfica son reportadas sólo 117 especies, de las cuales sólo 23 son endémicas. El resto de las especies son compartidas con la primera zona descrita, excepto 5 especies que se extienden hacia Perú. Finalmente, en ambas zonas biogeográficas, Johnston incluye 115 especies con localidad de colecta en el área costera de la Región de Antofagasta.

Después de este último trabajo, el R. P. Felix Jaffuel envía varias carpetas de herbario al "Gray Herbarium", las cuales son revisadas por I. Johnston. A partir de esta colección, Johnston determina nuevos registros para lo que el determina como la "Costa del Salitre". Todos estos los publica en su trabajo "*New records for the flora of the nitrate coast*" (Johnston, 1932), basado casi completamente en los ejemplares de Jaffuel.

Un relevante trabajo para la zona de estudio corresponde a "A Study of the Nolanaceae" (Johnston, 1936a), debido a la abundancia de este grupo en la costa de la Región de Antofagasta. Johnston redujo todo el grupo de especies esparcidas en diversos géneros a sólo dos; *Nolana* (incluyendo 57 especies) y *Alona* (incluyendo 6 especies). Para

Folio004490

la costa de la Región de Antofagasta señala 18 especies, de las cuales 17 las considera en el género *Nolana* y 1 en *Alona*.

Johnston continuó publicando sobre grupos de plantas chilenas tras su regreso a Estados Unidos. Entre las que incluyen especies de la zona costera de la Región de Antofagasta está "*Astragalus* in Argentina, Bolivia and Chile" (Johnston, 1947), en el cual incluye 76 especies de este género, aunque sólo 2 especies para la costa de Antofagasta (*A. coquimbensis* y *A. paposanus*).

e) Excursiones botánicas a los alrededores de Tocopilla (Jaffuel, 1936)

Felix Jaffuel llego de Francia a trabajar en el Colegio de los Sagrados Corazones de Santiago. Debido a su cargo como Reverendo Padre, tuvo la oportunidad de viajar hacia Perú y Bolivia. En las paradas de su vapor por Tocopilla y Antofagasta, tuvo la oportunidad de colectar insectos y plantas de los alrededores de estas ciudades durante los años 1930 a 1932. Jaffuel reporta sus colectas en los alrededores de Tocopilla en su trabajo "Excursiones botánicas a los alrededores de Tocopilla" (Jaffuel, 1936) donde reporta 84 especies, correspondientes a 66 género y 38 familias. A pesar de que no describe sistemáticamente la vegetación, destaca la llamada "Tercera Quebrada al norte de Tocopilla", para la cual dice haber encontrado la mayor riqueza, ya que dice haber encontrado especies nuevas cada 4 o 5 minutos de caminata (Jaffuel, 1936).

f) Estructura de comunidad y diversidad en un desierto costero de niebla en el norte de Chile (Rundel & Mahu, 1976)

Este podría ser el primer representante a partir de la aparición de la ecología cuantitativa que empezó a usarse desde la década de los 60's. A pesar de que no busca proporcionar un inventario florístico, entrega en los resultados información importante sobre la posición relativa de las especies encontradas en los muestreos. Para el estudio, los autores estudiaron un transecto altitudinal por la Quebrada Paposo que va desde los 50 a los 1.000 msnm, haciendo 8 muestreos a lo largo de este. Finalmente determinaron 6 pisos altitudinales los cuales se encuentran graficados en la Figura 6. Determinaron que en los extremos del transecto la vegetación es casi nula, mientras que al centro de la franja que recibe la neblina, la vegetación alcanza casi el 50%. También determinaron que las formas de vida cambian dependiendo la altitud.

En cuanto a la riqueza florística, los autores contaron finalmente 38 especies en todo el transecto.

Folio004491

g) Perspectiva de Morro Moreno como área silvestre protegida (Oltremari et al., 1987)

En el contexto de un proyecto para determinar lugares que requieren ser declarados como áreas protegidas, este estudio busca caracterizar la zona del Morro Moreno para determinar si se cumplen los requisitos para declararla zona de conservación. Para esto, se busca realizar un catastro de la flora y de la fauna, incluyendo un estudio de la zonación altitudinal de las distintas asociaciones que se forman en el Morro Moreno. Para esto último, se usa una metodología similar a la usada en el estudio de Rundel y Mahu (1976), en la cual se realiza un análisis de gradientes de acuerdo de la altitud. A partir de este define 4 ambientes o fajas vegetacionales, los cuales corresponden a la faja costera desértica hasta los 350 msnm, seguido por la faja intermedia desértica hasta los 750 msnm, luego la faja fértil hasta los 900 msnm, finalizando nuevamente con la faja desértica por sobre esta altitud. Respecto a la flora del lugar, hace referencia de 35 especies a partir de los transectos realizados para la zonación, los cuales encuentran su mayor riqueza por sobre los 600 hasta alrededor de los 900 msnm, que es donde se desarrolla la capa fértil.

h) Flora y vegetación del Parque Nacional Pan de Azúcar en el desierto de Atacama del norte de Chile (Rundel et al., 1996)

En este trabajo, los autores realizan una revisión de aspectos naturales en el Parque Nacional (PN) Pan de Azúcar, ubicado principalmente en la Región de Atacama, pero que extiende una proporción de su territorio hacia el sur de la Región de Antofagasta. Los autores revisan la historia del lugar, su geomorfología y geología, hidrología, condiciones climáticas, fauna vertebrada (incluyendo mamíferos, reptiles, anfibios y aves), además de reportar datos propios en cuanto a la flora y vegetación del PN.

Al parecer la vegetación se ve fuertemente determinada por la naturaleza de la topografía en el cual se encuentra, ya que la clasifican de acuerdo a este criterio. Definen 7 tipos de vegetación, los cuales corresponden a 1) comunidades de arroyos, 2) comunidades de bajadas, 3) planicies de cactus, 4) laderas rocosas, 5) zona de neblina, 6) vertientes salinas y de agua potable y 7) dunas costeras. La primera se refiere a las comunidades de plantas que crecen en quebradas casi la totalidad del tiempo secas, pero que presentan humedad en caso de lluvias, a la vez que presentan movimiento sedimentario y erosión. Aunque indican que el ensamblaje de especies es variado, estos sitios están dominados por *Nolana mollis*, *Eremocharis fruticosa* y *Tetragonia maritima*. Las comunidades de bajada corresponden a sitios alrededor de los 100 msnm, los cuales se encuentran en sitios donde la humedad colectada por los cerros es drenada y utilizada por especies principalmente leñosas. Para estos sitios indican que las principales especies en estos sitios son *Gypothamnium pinifolium*, *Nolana mollis* y *Heliotropium pycnophyllum*. Las planicies de cactus son sitios de baja pendiente donde las condiciones del suelo impiden el desarrollo favorable de los arbustos. Normalmente, estas comunidades están dominadas por sólo una especie de cactácea, casi siempre del género *Copiapoa*. Dependiendo del sitio, puede ser *C. cinerea* var. *columna-alba* o *C. cinerascens*, aunque también hay sitios donde se puede encontrar *Neoporteria esmeraldana*. Las laderas rocosas son sitios en laderas bajo

Folio004492

la zona de niebla, donde pocas especies pueden encontrarse. Sin embargo, se puede observar principalmente *Gypothamnium pinifolium*, *Nolana crassulifolia*, *Tetragonia maritima* y *Deuterocohnia chrysantha*. La zona de niebla se ubica en la cima de los cerros más altos, donde los levantamientos alcanzan las neblinas a elevaciones de 700 a 800 msnm. La cobertura vegetal alcanza 20 a 30%, siendo dominada por *Eulychnia saint-pieana*, *Euphorbia lactiflua* y *Echinopsis deserticola*. Como comunidades azonales, los autores incluyen las vertientes salinas y de agua dulce, donde dominan especies halófitas y macrófitas. En total, incluyen 15 especies de plantas en estas comunidades. Finalmente, las dunas costeras corresponden a formaciones similares a las bajadas, pero con suelo arenoso. Incluyen 7 especies en estas comunidades.

Respecto a la flora total, ellos indican 207 especies para el PN, de las cuales los autores afirman haber observado todas, pero tendrían colectas de vouchers para 162 de estas especies. Por último, sólo incluyen una especie introducida, correspondiente a *Erodium cicutarium* L.

i) La vegetación natural de Chile (Gajardo, 1994)

La clasificación propuesta por (Gajardo, 1994)establece de manera jerárquica una sistemática acorde a las formas de vida, adaptaciones, estructura espacial y composición florística de los paisajes vegetacionales, los cuales quedan finalmente ordenados en 8 regiones, 21 sub-regiones y 84 formaciones vegetales.

La zona costera de la Región de Antofagasta se inserta en la Región del Desierto definida por Gajardo (1993), específicamente en la Sub-región del Desierto Costero (Figura 5). Sin embargo, la zona de estudio se encuentra dividida en dos formaciones vegetacionales. La primera es la formación del Desierto Costero de Tocopilla, la cual se extiende desde el sur de Antofagasta hacia el norte, cerca de Iquique. En esta formación, el autor incluye 4 comunidades, correspondientes a la de *Eulychnia iquiquensis-Frankenia chilensis* (con 9 especies citadas), *Cassia brogniartii-Dinemandra ericoides* (18 especies), *Nolana sedifolia* (11 especies) y *Tessaria absinthiodes-Distichlis spicata* (10 especies). Al igual que otros autores, Gajardo (1994) indica que la vegetación se limita sólo a ambientes muy localizados. Por otra parte, la otra formación corresponde al Desierto Costero de Taltal, la cual se extiende desde el sur de la ciudad de Antofagasta hacia el sur, hasta el sur de Caldera. Para esta formación, indica 8 comunidades, las cuales son *Nolana crassulifolia* (con sólo una especie), *Cassia brogniartii-Dinemandra ericoides*, *Nolana sedifolia*, *Mathewsia incana* (18 especies), *Skytanthus acutus* (4 especies), *Sarcocornia fruticosa-Juncus acutus* (11 especies), *Encelia tomentosa-Nolana paradoxa* (10 especies) y *Acacia caven-Atriplex repanda* (10 especies).

Finalmente, para la formación del Desierto Costero de Tocopilla, el autor incluye 42 especies, mientras que para el Desierto Costero de Taltal indica que hay 65 especies.

Folio004493

j) Catálogo de la flora vascular de la Segunda Región (Región de Antofagasta), Chile (Marticorena et al., 1998)

En este trabajo, los autores hacen una revisión de toda la flora de la Región de Antofagasta, basándose en el estudio de 8.545 ejemplares de herbario. De manera adicional, asignan la localidad de las muestras a una división de 65 cuadrantes de 30' x 30' de la Región (Figura 12). Finalmente, los autores indican que la Región contiene 1.056 especies, de las cuales 422 endémicas, 527 nativas y 107 endémicas.

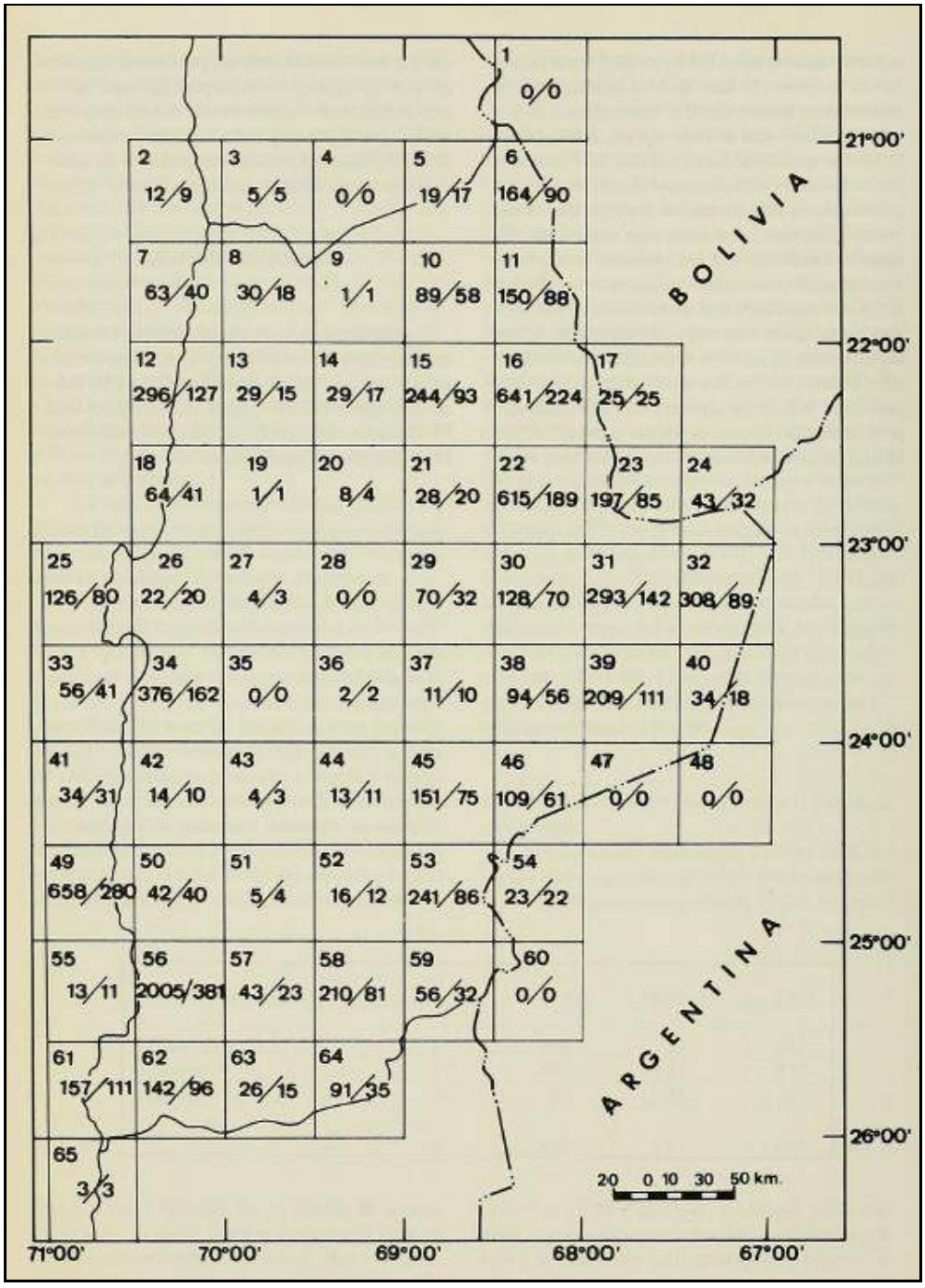


Figura 12. Cuadrantes de división usados para el estudio de la flora de la Región de Antofagasta (Marticorena et al., 1998). Los números indican número de colectas/número de especies encontradas en cada cuadrante.

Folio004494

Según el trabajo de Marticorena et al. (1998), la zona costera sería cubierta por los cuadrantes 2, 7, 12, 18, 25, 26, 33, 34, 41, 42, 49, 50, 55, 56, 61, 62 y 65. Para estos cuadrantes se describe un total de 615 especies.

En cuanto a números de especies por cuadrante, destaca el 56 (cubriendo la zona de El Rincón y Paposo hasta el Cerro Perales) con 381 especies, el cuadrante 49 (cubriendo la zona desde Blanco Encalada a El Rincón) con 280 especies, el cuadrante 34 (cubriendo la zona de Antofagasta, incluyendo la Quebrada La Chimba) con 162 especies y el cuadrante 12 (cubriendo la zona de Tocopilla) con 127 especies.

k) Las Solanaceae de las formaciones de lomas de la costa de Perú y Chile (Dillon, 2005)

En el honor al botánico William D'Arcy, experto en el género *Solanum* y realizador de la flora de Panamá, las personas cercanas al científico contribuyeron a aportar con diversas publicaciones para contribuir con un libro en su memoria. A partir de esto se publica "A Festschrift for William G. D'Arcy: The Legacy of a Taxonomist". Uno de los contribuyentes es Dillon (2005), quien realiza un capítulo titulado "*The Solanaceae of the lomas formations of coastal Peru and Chile*". En este, realiza un inventario de todas las plantas de la familia Solanaceae presentes en las lomas de Chile y Perú. Finalmente, indica que hay 128 especies y 18 géneros, de los cuales el género más importante en esta zona corresponde a *Nolana*, con 70 especies endémicas de las lomas.

l) Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile (Luebert & Pliscoff, 2006)

En la "Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile" propuesta por Luebert y Pliscoff (2006), se efectúa una delimitación de la vegetación asociada en comunidades, principalmente definidas por los factores ambientales que influyen en ellas. Las unidades ecológicas creadas a partir de este criterio se denominan "pisos vegetacionales", los cuales están determinados por el clima, usándose para definir este criterio la fisionomía y composición florística. Como complemento, estos autores definen según los pisos de vegetación establecidos, el nivel de representatividad en el SNASPE (Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas).

En esta publicación se incluye una correspondencia entre la clasificación de Gajardo (1993) y la hecha en la de Luebert y Pliscoff (2006). En esta, se indica que pisos vegetacionales se encuentran en el "Desierto de Taltal" y al "Desierto de Tocopilla" considerado así por Gajardo (1994). El listado de pisos vegetacionales de la costa de la Región de Antofagasta y su correspondencia con las formaciones de (Gajardo, 1994) se encuentran en el Cuadro 2.

Folio004495

Cuadro 2. Correspondencia de los pisos vegetacionales (Luebert & Pliscoff, 2006) con las formaciones vegetacionales (Gajardo, 1994), indicando la riqueza de especies para cada piso.

Piso	Desierto de Taltal	Desierto de Tocopilla
Matorral desértico mediterráneo costero de *Gypothamnium pinifolium* y *Heliotropium pycnophyllum*		**34**
Matorral desértico mediterráneo costero de *Euphorbia lactiflua* y *Eulychnia saint-pieana*	**19**	
Matorral desértico mediterráneo interior de *Oxyphyllum ulicinum* y *Gymnophyton foliosum*	**14**	
Matorral desértico mediterráneo costero de *Euphorbia lactiflua* y *Eulychnia iquiquensis*		**42**
Matorral desértico mediterráneo interior de *Skytanthus acutus* y *Atriplex deserticola*	**31**	
Matorral desértico tropical costero de *Ephedra breana* y *Eulychnia iquiquensis*		**24**
Matorral desértico mediterráneo costero de *Copiapoa boliviana* y *Heliotropium pycnophyllum*		**9**
Matorral desértico mediterráneo costero de *Heliotropium eremogenum* y *Eulychnia morromorenoensis*		**21**
Matorral desértico tropical costero de *Nolana adansonii* y *N. lycioides*		**8**

Fuente: Luebert y Pliscoff (2006) y Gajardo (1994)

Las riquezas de especies citadas para el total de los pisos vegetacionales en el litoral de la Región de Antofagasta suman 137 especies. De estas, se indican 110 especies para aquellos pisos vegetacionales incluidos en el Desierto de Taltal, mientras que suman 102 especies para los pisos que se indican para el Desierto de Tocopilla.

m) Relaciones florísticas entre oasis de neblina del desierto costero del norte de Chile (Larraín, 2007)

En su tesis, Larraín (2007) busca evaluar las relaciones florísticas entre los distintos oasis de niebla presentes en la costa del Pacifico para comprobar el posible origen en común de esta flora. Para esto, realiza inventarios florísticos de cuatro oasis chilenos, los cuales corresponden a Tarapacá (80 especies), Morro Moreno (165 especies), Paposo (348 especies) y Pan de Azúcar (148 especies). En este análisis, se encuentra mayor afinidad florística en los sitios con menor riqueza, lo que refleja el alto endemismo de los sitios con alta riqueza de especies.

De manera adicional, se realizó un análisis especifico en el sector de Paposo, específicamente en las quebradas de Miguel Díaz, Panulcito, La Sepultura, El Rincón, El Cura, Paposo y Cachinales. En estos sitios se observa la mayor riqueza en exposiciones suroeste, entre los 600 y 800 msnm. Sin embargo, a fondo de quebrada la mayor riqueza se presenta entre 400 y 600 msnm. Estos corresponden a los lugares con mayor influencia de neblinas.

n) Observaciones sobre la flora y vegetación de los alrededores de Tocopilla (22°S, Chile) (Luebert et al., 2007)

En este trabajo, Luebert et al. (2007) describen la vegetación y flora de la costa norte de la Región de Antofagasta. Para

Folio004496

esto, los autores realizan un levantamiento florístico en algunas localidades de la zona de estudio y realizan una revisión de la flora colectada cercano a Tocopilla. En el análisis de la flora, se indican 146 especies en su mayoría hierbas que aparecen sólo en años con ENSO. Respecto a la vegetación, los autores plantean 2 tipos de vegetación; el primero dominado por *Nolana peruviana* y el segundo dominado por *Eulychnia iquiquensis* y *Ephedra breana*.

o) Contribución al conocimiento de la flora endémica de Taltal y Paposo, Región de Antofagasta (II) (Finger & Teillier, 2010)

Para la contribución indicada por los autores, éstos realizaron fichas de 40 especies de la costa de la Región de Antofagasta, principalmente de las quebradas de Miguel Díaz, norte de Paposo y Taltal. Para cada especie, los autores dan importante información sobre la distribución de éstas, indicando numerosos puntos de colectas para cada una. En total, cita 481 ejemplares de herbarios, indicando localidad, colector, fecha y herbario.

p) Catálogo de las plantas vasculares de Chile (Rodríguez et al., 2018)

Este trabajo consiste en una actualización del catálogo de la flora chilena publicado por Marticorena y Quezada (1985), ya que es un listado de la flora vascular que crece en territorio chileno. Este trabajo incluye 5.471 especies que crecen en territorio nacional. Específicamente para la Región de Antofagasta, se indican 1.019 taxones. De estos, se contabilizaron 578 taxones con un límite de distribución altitudinal bajo los 1.000 msnm (zona costera). De manera adicional, se contabilizaron aquellos taxones con limite altitudinal entre 1.000 y 1.500 msnm (22 especies), entre 1500 y 2000 msnm (52 especies), y aquellas a las cuales no se les indica un rango altitudinal (86 especies).

q) Sistema de información botánica andina (TFM, 2020)

El sitio web de “Andean Botanical Information System” (ABIS; disponible en http://www.sacha.org) es un sitio del “The Field Museum of Natural History”. Este sitio fue impulsado por Michael Dillon, uno de los autores que participó en los trabajos mencionados anteriormente junto a Philip Rundel. En él se incluye el listado florístico de 3 sitios de la zona costera de la Región de Antofagasta, las cuales corresponde al PN Pan de Azúcar, Quebrada Rinconada y Paposo.

El listado del PN Pan de Azúcar está basado en el trabajo previamente publicado por Rundel et al. (1996). En el caso del listado de ABIS, se indican 204 especies. Este listado contiene 14 especies no incluidas en Rundel et al. (1996), aunque por otro lado, hay 17 especies incluidas en *op. cit.* que se omite en el ABIS. El listado de Paposo incluye 369 especies. Sin embargo, indica que 174 de estas especies se obtuvieron del trabajo de Marticorena et al. (1998), específicamente del cuadrante 56. Por último, el listado de Quebrada Rinconada incluye 104 especies.

Folio004497

I.4.2 Informes de investigación

A continuación, se presenta un resumen de informes, ya sea de investigación u otro aspecto en el área de estudio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estudios de investigación revisados que incluyen a la flora costera de la Región de Antofagasta.

N°	Título	Cita
a)	Estrategia regional y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la Región de Antofagasta	CONAMA (2002)
b)	Línea base de biodiversidad de la Península de Mejillones, sitio prioritario para la conservación. II Región de Antofagasta	CREA (2003)
c)	Levantamiento de información, estudio de línea base e instrumento legal para la conservación de la biodiversidad en los sitios priorizados en la ERB: Aguas Calientes IV y sector costero de Paposo, II Región de Antofagasta	UNARTE (2005)
d)	Estudios de línea base e instrumento legal para la conservación de la biodiversidad amenazada en los sitios prioritarios de la ecorregión del borde costero de la II Región	BIOTA (2005)
e)	Elaboración de un plan de manejo de los sitios prioritarios de la estrategia regional de biodiversidad: Península de Mejillones y sector costero de Paposo, II Región de Antofagasta	UNARTE (2006)
f)	Guía de manejo para la conservación de la biodiversidad: Península de Mejillones	GeoExplora (2006)
g)	Relevamiento de la flora de la Reserva Nacional La Chimba	Pinto (2007)
h)	Situación actual de la flora nativa de la localidad de Paposo, Comuna de Taltal - II Región, y su relación con el aumento de la presencia de ganado caprino	UNARTE (2007)
i)	Programa de manejo en conservación ex situ en el sitio prioritario sector costero de Paposo	INIA (2008)
j)	Catastro de formaciones xerofíticas en sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, en la Región de Antofagasta.	Squeo et al. (2010)
k)	Diseño y ejecución de un plan de preservación para la flora amenazada del sitio prioritario sector costero de Paposo, Región de Antofagasta	BIOTA (2010)
l)	Estudio de línea base Quebrada Miguel Díaz	LEVS (2010)
m)	Desarrollo vegetacional en la Reserva Nacional La Chimba, Año 2011	Pinto (2011)
n)	Base de datos de especies y especímenes de la flora costera del norte de Chile	BIOTA (2018)
o)	Caracterización de flora y vegetación de la Reserva Nacional La Chimba.	BIOTA (2019)

a) Estrategia regional y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la Región de Antofagasta (CONAMA, 2002)

Este reporte vendría a ser una propuesta de un plan de acción para la conservación de la biodiversidad aplicado específicamente a la Región de Antofagasta originado a partir de previos lineamientos para una política ambiental regional. En el plan se proponen 5 pasos, consistentes en medidas de conservación *in situ*, educación y concientización, impulso de la investigación, acceso de la información y finalmente, recuperación de especies y ecosistemas. Para el primer paso mencionado, se definen 5 sitios prioritarios, para los cuales se indican las especies en categoría de conservación que contiene cada uno (Cuadro 4). Estos corresponden a la Península de Mejillones, Desembocadura del Río Loa, Valle de Quillagua, Laguna Lejía y el Salar de Aguas Calientes. Los dos primeros están ubicados en la costa de la Región de Antofagasta. De manera adicional, en los anexos se incluyen otros 14 sitios

Folio004498

en base a opiniones de expertos, comunidad y sugerencias bibliográficas. Estos sitios corresponden al Valle de Quillagua, Salar de Ascotan, cuenca alta del Río Loa, Oasis de Calama, Geisers del Tatio, Ayllus de San Pedro de Atacama, alrededores del Volcán Licancabur, Península de Mejillones, cuenca del Salar de Atacama, Laguna Lejia, Salar Punta Negra, Salar Aguas Calientes. Para el área costera se incluyen la desembocadura del Río Loa y el sector costero de Paposo (incluyendo la Caleta de Paposo y Quebrada Miguel Díaz).

Cuadro 4. Sitios prioritarios incluidos en la estrategia regional de conservación, incluyendo las especies en categoría de conservación indicadas para cada lugar.

Sitio prioritario	Especie en categoría	Categoría de conservación
Península de Mejillones	*Eulychnia iquiquensis*	EN
	Neoporteria paucicostata	EN
	Neoporteria recondita	EN
	Polypodium espinosae	EN
	Copiapoa tocopillana	EN
	Copiapoa solaris	EN
	Copiapoa atacamensis	VU
	Echinopsis deserticola	VU
	Copiapoa boliviana	R
Desembocadura del Río Loa	*Copiapoa tocopillana*	EN
	Eulychnia iquiquensis	EN
Sector costero de Paposo (Quebrada Miguel Díaz y sector Caleta Paposo	*Berberis litoralis*	EN
	Dalea azurea	EN
	Copiapoa tenuissima	EN
	Neoporteria occulta	EN
	Copiapoa krainziana	VU
	Polypodium masafuerae	VU
	Deuterocohnia chrysantha	VU
	Neoporteria paucicostata	R
	Copiapoa boliviana	R

Fuente: CONAMA (2002)

b) Línea base de biodiversidad de la Península de Mejillones, sitio prioritario para la conservación. II Región de Antofagasta (CREA, 2003)

Este trabajo consiste en una línea base realizada a partir de la definición de la Península de Mejillones como sitio prioritario para la conservación (CONAMA, 2002). Se estudia este sitio desde una mirada interdisciplinaria, comprendiendo aspectos como la diversidad terrestre y marina, recursos históricos-culturales, actividades productivas y visiones de desarrollo en ella. Además de revisar los registros de la flora a partir de lo publicado por Marticorena et al. (1998), se reporta a partir de resultados propios 43 especies para la zona, por lo que se concluiría que

Folio004499

existen 90 especies en el lugar. Se mencionan como endemismos chilenos un 65% (57 especies), 33% nativas (29 especies) y 2 introducidas. De las endémicas, 13 son endemismos regionales, 2 son endemismos del Desierto Costero de Tocopilla, 4 están restringidas al Morro Moreno y La Chimba, y 2 (*Senecio antofagastanus* y *Festuca morenensis*) se encuentran restringidas al Morro Moreno. Respecto a la vegetación, indican que en el Morro Moreno ésta sólo aparece por sobre los 300 msnm y la cobertura no supera el 10%. En el informe se indican dos asociaciones, correspondientes a la Asociación *Tetragonia angustifolia-Heliotropium pycnophyllum* y la Asociación *Lycium leiostemum.* La primera se encuentra en sitios más áridos entre los 300-350 msnm hasta los 450-500 msnm. La segunda asociación se encuentra en sitios más húmedos por el efecto de la neblina y en menor pendiente. Existe una mayor cobertura, la que va del 5% al 30% (CREA, 2003). Finalmente, se concluye que el sitio más relevante de la Península de Mejillones desde el punto de vista de la flora y la vegetación corresponde al Morro Moreno.

c) Levantamiento de información, estudio de línea base e instrumento legal para la conservación de la biodiversidad en los sitios priorizados en la ERB: Aguas Calientes IV y sector costero de Paposo, II Región de Antofagasta (UNARTE, 2005)

En el contexto de los sitios propuestos como prioritarios en el anexo del reporte para la estrategia regional de conservación (CONAMA, 2002), este informe corresponde al levantamiento de información de dos de estos sitios, correspondientes al Salar de Aguas Calientes y el sector costero de Paposo. De este último, definen 7 sitios como relevantes desde el punto de vista de su biodiversidad, y analizan su riqueza mediante mediciones por tramos de altitud. Estos sitios son 1) Miguel Díaz (117 especies), 2) Quebrada La Plata (122 especies), 3) Quebrada El Médano (120 especies), 4) Quebrada Las Cañas y Quebrada El Rincón (138 especies), 5) Quebrada Paposo incluyendo tributarias, Cerro Yumbes y Cerro Mirador (104 especies), 6) Quebrada Matancillas, Quebrada La Oveja y Quebrada Cachinalito (135 especies), y 7) Quebrada Bandurrias (128 especies). La evaluación realizada a estas quebradas se basó en un conjunto de criterios ecológicos a nivel de especies y paisaje, asociados principalmente a impacto ambiental y conectividad. Entre estos están la riqueza de especies (flora y fauna), endemismo, estado de conservación, límites de distribución, aislamiento de las poblaciones, posible extensión al límite poblacional y diversidad paisajística.

d) Estudios de línea base e instrumento legal para la conservación de la biodiversidad amenazada en los sitios prioritarios de la ecorregión del borde costero de la II Región (BIOTA, 2005)

Al igual que el trabajo descrito anteriormente, este busca delimitar y levantar una línea base de flora y fauna de los sitios prioritarios Península de Mejillones y la Desembocadura del Río Loa. A partir de antecedentes, se indica que existen 9 especies de plantas en la Desembocadura del Río Loa, y además se incluyen 10 especies detectadas en

Folio004500

campañas a terreno. En cuanto a la Península de Mejillones, se indican 168 especies, de las cuales 162 corresponderían al Morro Moreno.

e) Elaboración de un plan de manejo de los sitios prioritarios de la estrategia regional de biodiversidad: Península de Mejillones y sector costero de Paposo, II Región de Antofagasta (UNARTE, 2006a)

En este trabajo se tomaron los datos obtenidos a partir del estudio realizado por UNARTE (2005) para el sector de Paposo y de CREA (2003) para la Península de Mejillones. A partir de esto se realizó una zonificación de áreas de manejo, lo que concluyo para el sector de Paposo en 5 zonas prioritarias, las cuales corresponden a la Quebrada de Paposo (subdividida en 6 quebradas), el complejo quebradas Matancilla-La Oveja-Cachinales (subdividida en 5 quebradas), Quebrada El Médano, el complejo quebradas El Rincón-Las Cañas y, por último, Quebrada Miguel Díaz. En el caso de la Península de Mejillones, la propuesta de zonificación va dirigida hacia el uso, definiendo para esto una zona de protección, zona de uso restringido, zona de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y un área marina de influencia.

Para cada zona delimitada se hace una caracterización a partir de distintos criterios y se proponen usos.

Finalmente, se otorgan los inventarios florísticos ya incluidos en los estudios previos (Miguel Díaz, La Plata, El Médano, El Rincón, Alto Yumbes y Bandurrias).

f) Guía de manejo para la conservación de la biodiversidad: Península de Mejillones (GeoExplora, 2006)

En el contexto del plan de manejo para la Península de Mejillones, se realiza este trabajo como un levantamiento adicional de la información sobre la Península de Mejillones y la reconoce en distintas secciones de relevancia para tener en mente para un plan de conservación. Para esto identifica los objetos de conservación (especies y comunidades ecológicas), objetivos estratégicos, actores relevantes, antecedentes, usos y presiones, objetivos específicos de manejo, realiza una zonificación de áreas de manejo y establece un programa de manejo.

Para la zonificación de la vegetación, el estudio se enfoca en el estudio realizado por (Oltremari et al., 1987), mientras que para el listado de flora, se basan en el estudio de (BIOTA, 2005).

g) Relevamiento de la flora de la Reserva Nacional La Chimba (Pinto, 2007)

En un estudio para considerar las especies presentes en la Reserva Nacional La Chimba, la Corporación Nacional Forestal le solicita un informe a la investigadora Raquel Pinto dando cuenta de las especies presentes en la Quebrada La Chimba, incluyendo un listado de flora amenazada y un análisis de la estructura poblacional de los individuos

Folio004501

de *Eulychnia iquiquensis*. Finalmente se encontraron sólo 16 especies de plantas debido a la escases de lluvias que hubieron en ese invierno.

h) Situación actual de la flora nativa de la localidad de Paposo, Comuna de Taltal - II Región, y su relación con el aumento de la presencia de ganado caprino (UNARTE, 2007)

En este trabajo se analiza la amenaza del ganado caprino en el sector de Paposo, donde esta actividad presenta una importante actividad económica a nivel local. A partir del estudio realizado por los autores, se concluye que el mayor impacto se encuentra en sitios que históricamente han sido usados con estos fines. Además, se indica que los lugares más afectados por las cabras se encuentran con menor cantidad de especies totales y de especies raras, pero no se establece una relación de causa-efecto. Finalmente, se proponen estrategias de manejo para disminuir el impacto sobre la vegetación.

i) Programa de manejo en conservación ex situ en el sitio prioritario sector costero de Paposo (INIA, 2008)

Este trabajo corresponde a una iniciativa de conservación ex situ. Para esto, INIA (2008) busca colectar un grupo de especies amenazadas para conservar y poder estudiar para poder propagar.

Para esto, en el informe se hace un catastro de especies conservadas (contando 57 especies de la zona, ya sea en jardines botánicos o el banco de semillas del INIA), se realiza una priorización de las especies más amenazadas (50 especies) y, en una campaña a terreno, se colectan las semillas de las especies más amenazadas (6 especies). Finalmente, se incluyen detalles sobre la propagación de las especies y datos sobre donaciones de plantas realizadas.

j) Catastro de formaciones xerofíticas en sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, en la Región de Antofagasta (Squeo et al., 2010).

Este catastro se contextualiza en el catastro de bosque nativo llevado a cabo por CONAF entre los años 1994 y 1997, donde se definen para las regiones del norte de Chile determinadas formaciones xerofíticas. Luego de la promulgación de la Ley N°20.283, las formaciones xerofíticas de las regiones al norte de Chile son incorporadas en un estamento legal, y corresponde a CONAF el establecimiento y monitoreo para la preservación de estas. En el contexto de este rol, el estudio llevado a cabo por Squeo et al. (2010) busca entregar un catastro de las formaciones xerofíticas encontradas en 5 sitios prioritarios, definiendo límites de superficie y realizando un listado de especies. Los sitios prioritarios estudiados corresponden a Ayllus de San Pedro de Atacama, Oasis de Calama,

Folio004502

Península de Mejillones, Sector Costero de Paposo 1 (zona entre Quebrada Botija y Miguel Díaz) y Sector Costero de Paposo 2 (zona sur de Punta Grande).

k) Diseño y ejecución de un plan de preservación para la flora amenazada del sitio prioritario sector costero de Paposo, Región de Antofagasta (BIOTA, 2010)

Como parte de las actividades relacionadas con la estrategia regional para la conservación de la biodiversidad, este trabajo busca realizar un catastro florístico sobre las especies que crecen en el sitio prioritario de Paposo, además de detectar sus potenciales amenazas. Finalmente, se reportan 539 taxones, correspondientes al 10,2% de la flora chilena. Además, destaca la presencia de seis especies claves para la conservación, todas de distribución muy restringida, siendo algunas de ellas endémicas de esta zona. Las especies corresponden a *Berberis litoralis*, *Croton chilensis*, *Dalea azurea*, *Deuterocohnia chrysantha*, *Dicliptera paposana* y *Griselinia carlomunozii*. Como factor a considerar en la conservación de la flora, el estudio indica que las principales amenazas corresponden al ganado caprino, la artificialización del lugar, la colecta selectiva de especies por parte de científicos y coleccionistas y riesgos naturales como aluviones o derrumbes.

l) Estudio de línea base Quebrada Miguel Díaz (LEVS, 2010)

En el contexto de la conservación *in situ* en el sitio protegido de la zona costera de Paposo, se realiza un estudio línea base al terreno propiedad de Bienes Nacionales en el sitio de la Quebrada Miguel Díaz para estudiar su posibilidad de ser considerado como área silvestre protegida. En este estudio, se analiza el medio físico, biótico y humano en esta quebrada. Finalmente, se concluye que las altas cumbres tienen interés especial, la planicie interior tiene potencialidad para desarrollo intensivo y el borde costero tiene relevancia para la conservación de fauna. A partir del medio biótico se definieron objetos de conservación a partir de las especies presentes. En cuanto a la vegetación, se indica que ha habido una reducción debido al pastoreo, además de daños por movimientos torrenciales. De estas mismas, se definen 5 formaciones vegetacionales, las cuales 4 son matorral con suculentas, donde destaca la asociación *Eulychnia iquiquensis* – *Euphorbia lactiflua*. En cuanto a la flora, se reportan 85 especies de plantas, de las cuales se indican 12 especies con problemas de conservación.

m) Desarrollo vegetacional en la Reserva Nacional La Chimba, Año 2011 (Pinto, 2011)

Debido a la baja cantidad de especies encontradas durante el estudio realizado por Pinto (2007), la autora de este trabajo propuso a CONAF realizar otro estudio en el año 2011, debido a los 40 mm de lluvias que cayeron durante esa temporada. Finalmente, en la investigación realizada para el 2011, Pinto (2011) indica que ahora se encontraron 37 especies vasculares, a diferencia de las 16 especies encontradas en 2007.

Folio004503

n) Base de datos de especies y especímenes de la flora costera del norte de Chile (BIOTA, 2018)

En el contexto del "Plan Nacional de Recuperación, Conservación y Gestión" (RECOGE: D.S. 44/2018 [MMA]), este trabajo busca realizar una base de datos de las 93 especies consideradas en alguna categoría de conservación de acuerdo del Reglamento de Clasificación de Especies del MMA. El objetivo de esto es actualizar la información existente respecto a las fichas de clasificación de especies, para de este modo poder mejorar el conocimiento sobre el estado actual de estas. Finalmente, debido a nuevos criterios taxonómicos, el número de especies baja de 93 a 90.

o) Caracterización de flora y vegetación de la Reserva Nacional La Chimba (BIOTA, 2019)

En el marco del proyecto FIC-R "Plan de Recuperación Reserva Nacional La Chimba", se realiza una caracterización de la flora y vegetación de la Quebrada La Chimba por parte de BIOTA (2019) para evaluar su manejo. Como resultado de este estudio, se da a conocer las formaciones vegetacionales en el lugar, se caracteriza la flora y se reconocen especies amenazadas o raras en el lugar.

I.4.3 Bases de datos del Banco Base de Semillas (BBS) – INIA Intihuasi

El Banco Base de Semillas (BBS) se ha dedicado desde el año 2000 a la conservación de especies de plantas nativas chilenas de distintas partes del país. Además de la colecta misma, la institución tiene una base de datos de información que se junta en campañas de terreno, relacionada sobre las especies colectadas, además de otros datos asociados. A partir de esto, se recopiló información almacenada sobre la costa de la Región de Antofagasta y se dividió en; a) accesiones, b) especies dominantes y c) colectas de herbario.

a) Accesiones

Corresponde a colectas de semillas realizadas para la conservación a largo plazo. Cada vez que se realiza una colecta, el resultado de esta se denomina "accesión", la cual es el muestreo de semillas efectuada en un momento y lugar determinado. En el momento de la colecta, se le atribuye a la accesión determinada información relacionada a la población de plantas muestreadas, lo cual incluye datos ambientales, ecológicos, topográficos, etc. Entre estos, se incluye las coordenadas geográficas de la colecta. Esta última información se usó para analizar espacialmente como han sido realizados las colectas y así detectar los lugares donde han tenido mayor esfuerzo de colecta, y donde la conservación ha sido descuidada.

El análisis de las accesiones se basó en 154 colectas de semillas, los cuales corresponden a 117 taxones, pertenecientes a 112 especies, de las cuales 3 han sido identificadas sólo a nivel de género. Se observa que las

Folio004504

colectas se concentran en la zona desde Paposo hacia el norte y Taltal. El cuadrante donde más se concentran especies es el que cubre la Quebrada de Paposo y Taltal, correspondiente al cuadrante 56 incluido en el trabajo de Marticorena et al. (1998), el cual en este trabajo también resultó ser el más rico en especies. Le siguen en importancia la zona al norte de Paposo (cuadrante 49 *op. cit.*). También cabe mencionar el cuadrante del sector de Cifuncho (cuadrante 61 *op. cit.*), el cual es importante en extensión de colectas. Por otro lado, hay cuadrantes donde sólo se encuentra una colecta. Estos corresponden a los situados en la zona de Blanco Encalada (cuadrante 42 *op. cit.*) con una colecta de *Copiapoa ahremegiana*, la zona del Morro Moreno (cuadrante 25 *op. cit.*) con una colecta de *Eulychnia morromorenoensis*, la zona de Tocopilla (cuadrante 12 *op. cit.*) con una colecta de *Malesherbia tocopillana* y, finalmente, la zona de la desembocadura del Río Loa (cuadrante 2 *op. cit.*) con una colecta de *Atriplex madariagae*.

b) Especies dominantes

Entre la información recopilada para cada accesión colectada, se encuentran datos de la vegetación acompañante indicada en forma de especies dominantes del lugar donde se realizó el muestreo. Esta información es de utilidad para conocer presencia de determinadas especies que son recurrentes en el sitio de estudio.

En este listado se tienen 379 registros de a lo menos 80 especies, las cuales son las más representativas de los sitios donde se colectaron las accesiones con las cuales estaban relacionadas. La presencia de los puntos en que se incluyen especies acompañantes coincide obviamente con la presencia de las accesiones. Sin embargo, el aumento no proporcional de riqueza de especies entre una cuadricula y otra sugiere que en ciertos lugares la vegetación es mucho más diversa que en otras. Por ejemplo, en cuanto a las accesiones, los cuadrantes de la zona de Cifuncho y de Las Bombas (cuadrantes 61 y 62 respectivamente en Marticorena et al. [1998]) están en el mismo rango de riqueza (4 a 8). Sin embargo, respecto a las especies acompañantes, el cuadrante de Cifuncho se encuentra en un rango de riqueza mayor que el de Las Bombas. De cualquier manera, el cuadrante 56 *op. cit.* sigue siendo el con mayor diversidad, seguido por el de Paposo norte.

c) Colectas de herbario

De manera adicional, en el BBS se guardan ejemplares herborizados de plantas colectadas en terreno, ya sea para registrar o identificar especies que presentan poblaciones que podrían tener potencial interés. Actualmente hay 687 colectas de herbario, de las cuales 395 se encuentran identificadas a nivel de especie (o al menos con un nombre provisional). Además, 263 colectas se encuentran identificadas sólo a nivel de género, mientras que 30 se encuentran identificadas sólo a nivel de familia. Finalmente, la colección completa del herbario está compuesta por 200 taxones, pertenecientes por lo menos a 194 especies identificadas a nivel de especie. Así como en los análisis anteriores, la mayor concentración de especies obtenidas a partir de las colectas de herbario se encuentran en

Folio004505

Quebrada Paposo y Taltal (cuadrante 56 según Marticorena et al. [1998]). A este le siguen el norte de Paposo (cuadrante 49 *op. cit.*) y la zona de Cifuncho (cuadrante 61 *op. cit.*). Por otro lado, las zonas con menor riqueza de especies colectadas, corresponden a la zona de Punta Jorge (cuadrante 33 *op. cit.*), la Pampa de Mejillones (cuadrante 26 *op. cit.*) y entre Tocopilla y la desembocadura del Río Loa (cuadrante 7 *op. cit.*). Todos estos cuadrantes tienen sólo una especie representada en las muestras de herbarios. Esta tendencia de riqueza es similar a la mencionada en *op. cit.*

I.4.4 Líneas de base para el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA)

A partir de la información disponible en su sitio web, se encontraron 74 informes que entraron al SEIA entre el año 1992 y el 2018 como Estudios de Impacto Ambiental (EIA). En el Cuadro 5 se observa un listado resumido de 41 proyectos, considerando en éste sólo un informe de las distintas fases del mismo proyecto ambiental y sin considerar aquellos proyectos que no presentaban informe disponible en la página web del SEIA o que redundaban información con informes de otros proyectos. A los proyectos de este listado se le asignó un Numero de Identificación (N° ID) para poder citarlo de manera breve. Del total de informes encontrados, 43 incluyen la comuna de Mejillones (sólo 34 aprobados), 22 en la comuna de Antofagasta (sólo 13 aprobados), 10 de la comuna de Tocopilla (sólo 8 aprobados) y 7 en la comuna de Taltal (todos aprobados).

Cuadro 5. Listado resumido de proyectos del SEIA en la costa de la Región de Antofagasta.

N° ID	Nombre Proyecto	Riqueza de especies	Comuna(s)	Fecha presenta-ción	Estado evaluación
1	Plan de Remediación y Recuperación vertedero La Chimba y su Entorno, Comuna de Antofagasta	0	Antofagasta	30 Jun. 2017	Desistido
2	Planta desalinizadora y suministro de agua industrial	0	María Elena-Mejillones-Sierra Gorda	31 Jul. 2015	Aprobado
3	Aumento Capacidad de Producción Mina El Way	3	Antofagasta	15 Dic. 2015	Aprobado
4	Central Eléctrica Luz Minera	2	Mejillones	18 Feb. 2013	Aprobado
5	Ampliación y Modernización Planta Prillex América	0	Mejillones	7 May. 2013	Aprobado
6	Central Termoeléctrica Ttanti	0	Mejillones	22 Nov. 2013	Aprobado
7	EIA Terminal Marítimo Flotante de GNL	0	Mejillones	17 May. 2012	No Admitido a Tramitación
8	Terminal Marítimo Flotante de GNL	0	Mejillones	6 Jun. 2012	Aprobado

Folio004506

N° ID	Nombre Proyecto	Riqueza de especies	Comuna(s)	Fecha presenta-ción	Estado evaluación
9	Central a Gas Natural Ciclo Combinado Kelar	0	Mejillones	20 Nov. 2012	Aprobado
10	Sistema de Transmisión de 500 kV Mejillones-Cardones.	1	Antofagasta-Chañaral-Diego de Almagro-Taltal-Mejillones-Copiapó	5 Jul. 2011	Aprobado
11	Rehabilitación del Terreno Ex Planta ESSO Antofagasta	0	Antofagasta	13 Oct. 2011	Desistido
12	Proyecto Antucoya	5	María Elena-Mejillones	30 Nov. 2010	Aprobado
13	Terminal para Carga y Descarga de Combustible Mejillones	0	Mejillones	14 May. 2010	No Admitido a Tramitación
14	Solución Pasivos Ambientales y Reactivación Mina Montecristo y Planta Santo Domingo	60	Taltal	27 Dic. 2010	Aprobado
15	Terminal para Carga y Descarga de Combustibles Mejillones	0	Mejillones	29 Set. 2009	No Admitido a Tramitación
16	EIA Central Termoeléctrica Cochrane	3	Mejillones	11 Jul. 2008	Aprobado
17	Central Kelar	0	Mejillones	9 Nov. 2006	Aprobado
18	Suministro Complementario de Agua Desalinizada para Minera Escondida	3	Antofagasta	5 Set. 2008	Aprobado
19	Reactivación Planta Caleta El Cobre	11	Antofagasta	26 Ago. 2008	Desistido
20	Terminal de GNL Norte Grande	0	Mejillones	17 May. 2007	Aprobado
21	Proyecto Tratamiento Corporativo de Concentrado de Molibdeno	0	Mejillones	13 Set. 2007	Aprobado
22	Museos y Explanadas Ruinas de Huanchaca	15	Antofagasta	11 Oct. 2007	Aprobado
23	Central Térmica Andino	7	Mejillones	6 Jun. 2006	Aprobado
24	Planta de Procesamiento de Molibdeno en Mejillones	8	Mejillones	26 Oct. 2006	Aprobado
25	Ampliación de las Instalaciones Portuarias de Puerto de Mejillones	0	Antofagasta	10 Jun. 2004	Aprobado
26	Fundición y Refinería Mejillones	17	Mejillones	21 Jun. 2002	Aprobado
27	Mantos de la Luna	3	Tocopilla	27 Jun. 2001	Aprobado
28	Transporte de Concentrados de Zinc y Plomo por Caminos de la II Región	16	Antofagasta-Tocopilla-María Elena-Calama-Ollagüe-Mejillones-Sierra Gorda	27 Oct. 2000	Desistido
29	Transmisión Eléctrica Central Atacama - Subestación Nueva Antofagasta	10	Antofagasta-Mejillones	7 Dic. 2000	Aprobado
30	Uso de Mezclas de Carbón y Coque de Petróleo como Combustible Central Tocopilla (segunda presentación)	3	Tocopilla	22 Nov. 1999	Aprobado
31	Complejo Portuario de Mejillones	1	Mejillones	23 Jul. 1998	Aprobado
32	Central Termoeléctrica Ciclo Combinado Mejillones CTM3	8	Mejillones	7 Oct. 1998	Aprobado
33	Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado Coloso	5	Antofagasta	2 Jul. 1998	Aprobado
34	Emisario Submarino de Taltal	5	Taltal	3 Jun. 1998	Aprobado

N° ID	Nombre Proyecto	Riqueza de especies	Comuna(s)	Fecha presenta-ción	Estado evaluación
35	Línea de Transmisión Eléctrica Central Atacama S/E Encuentro	15	María Elena-Mejillones-Sierra Gorda	28 Oct. 1997	Aprobado
36	Sistema de Transmisión (220 KV) Paposo-Diego de Almagro	52	Chañaral-Diego de Almagro-Taltal	15 Oct. 1997	Aprobado
37	Gasoducto Taltal	47	Taltal	19 Nov. 1997	Aprobado
38	Central Térmoeléctrica Nueva Tocopilla Unidad 2	2	Tocopilla	12 Ene. 1996	Aprobado
39	Central Termoeléctrica Mejillones Unidad 2	24	Mejillones	13 Mar. 1996	Aprobado
40	Nitratos Naturales y Yodo	52	Taltal	10 Mar. 1995	Aprobado
41	Cobre en Cátodos en Planta Coloso-Antofagasta	14	Antofagasta	29 Jul. 1992	Aprobado

Fuente: https://sig.sea.gob.cl/mapaLineasBaseEIA/

De manera adicional, se incluyó en el análisis un estudio de Declaración de Impacto Ambiental relevante para la zona estudiada, ya que se ubica en el sitio prioritario de la desembocadura del Río Loa. Este estudio llamado "Mejoramiento Ruta 1, Sector Caleta Urco - Aduana, Región de Antofagasta" se realiza en el marco del proyecto de mejoramiento de la Ruta 1, específicamente del tramo entre Caleta Urco y la aduana del Río Loa. Tiene dos partes, uno que caracteriza el tramo de la carretera y el segundo es un estudio detallado del humedal en la desembocadura del Río Loa. Este informe está disponible bajo solicitud de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Publicas en el Portal de Transparencia (https://www.portaltransparencia.cl/PortalPdT/).

a) Vegetación

La mayoría de los estudios ambientales clasifican la vegetación mediante el uso de la metodología de cartografía de ocupación de tierras (COT; Etienne & Prado, 1982). En 13 de los informes, se indica total ausencia de vegetación, de los cuales 10 son en Mejillones y los otros 3 en Antofagasta. En los estudios que incluyen vegetación de estas comunas y la de Tocopilla, indican en general que la vegetación corresponde a plantas que crecen en sitios específicos y de manera muy ocasional. Sin embargo, todos son consistentes en indicar que en la Cordillera de la Costa por sobre los 600 u 800 msnm se encuentra una formación (matorral suculento según la metodología COT) dominada por *Eulychnia iquiquensis*.

En cuanto a la comuna de Taltal, los informes muestran mayor diversidad vegetacional. Entre estos, cabe mencionar el estudio llamado “Sistema de Transmisión (220 KV) Paposo-Diego de Almagro” (N° ID 36). En este proyecto, la construcción de torres de alta tensión que atraviesan desde el Cerro Yumbes hacia la Central Paposo, pasan por sobre un sector de alta complejidad vegetacional. Debido a esto, se realizó una rodalización que incluye 48 formaciones vegetacionales entre los 24°54’S a los 25°02’S por lo largo de la franja costera. También se puede mencionar el estudio “Solución Pasivos Ambientales y Reactivación Mina Montecristo y Planta Santo Domingo”

Folio004508

(N° ID 14). En este estudio también localizado en la zona de Paposo, en lugar de estudiar la flora con metodología COT, ésta se analiza desde el punto de vista de los pisos vegetacionales de este lugar delimitados por la altitud. De esta manera, la vegetación se divide desde más bajo a mayor altitud en los pisos 1) comunidad costera, 2) arbustos de terraza costera, 3) cactal, 4) arbustos altos, 5) cactáceas de altura y 6) desierto.

b) Flora

Respecto a la flora, se encontró un total de 182 especies de plantas recopiladas a partir de todos los proyectos revisados, número que incluye 38 especies que no pudieron ser identificadas por los distintos expertos.

De todos los proyectos analizados, el que da cuenta de la mayor riqueza de especies corresponde al ya mencionado estudio N° ID 14, que reporta 60 especies para la zona de Paposo. También tienen alta riqueza el estudio N° ID 36 y el llamado "Nitratos Naturales y Yodo" (N° ID 40), los cuales ambos registran 52 especies de la misma zona de Paposo. Por último, se puede mencionar el estudio denominado "Gasoducto Taltal" (N° ID 37), el cual se desarrolla al norte de Paposo (cercano al sector de El Rincón) y para el cual se indican 47 especies. Los otros estudios, localizados principalmente en las cercanías de Mejillones, Antofagasta u otros al norte de Paposo, tienen un numero mucho más bajo de especies.

I.5 Estado de conservación de la flora

Como resultado de la búsqueda de antecedentes sobre el estado de conservación de la flora costera de la Región de Antofagasta, se exponen las clasificaciones de especies realizadas por distintas fuentes relacionadas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Propuestas clasificatorias de categorías de conservación para la flora de la costa de la Región de Antofagasta.

N°	Título	Cita
a)	Reglamento de Clasificación de Especies (RCE)	https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/
b)	Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile	Benoit (1989)
c)	Categorías de conservación de Pteridophyta nativas de Chile	Baeza et al. (1998)
	Categorías de conservación de las plantas bulbosas nativas de Chile	Ravenna et al. (1998)
	Categorías de conservación de Cactáceas nativas de Chile	Belmonte et al. (1998)
d)	Estado de conservación de la flora vascular de la Región de Antofagasta, Chile	García (2013)
e)	IUCN Red List	https://www.iucnredlist.org/
f)	Cactáceas en la flora silvestre de Chile	Hoffmann y Walter (2004)
g)	Chilean Bromeliaceae: Diversity, distribution and evaluation of conservation status	Zizka et al. (2009)
h)	Revisión de la sección *Calceolaria* (Calceolariaceae) en Chile	Puppo y Novoa (2012)
i)	Systematic revision of the *Epipetrum* group of *Dioscorea* (Dioscoreaceae) endemic to Chile	Viruel et al. (2010)

N°	Título	Cita
j)	A revision of *Heliotropium* sect. *Cochranea* (Heliotropiaceae)	Luebert (2013)
k)	A taxonomic revision of the western South American genus *Presliophytum* (Loasaceae)	Acuña y Weigend (2017)
l)	Plan RECOGE	D.S. 44/2018 (MMA)
m)	Taxonomic and geographic novelties in the genus *Plantago* (Plantaginaceae) in chile, including the description of a new species	Hassemer et al. (2018)

a) Procesos de clasificación de especies (Reglamento de Clasificación de Especies; RCE)

Los procesos de clasificación de especies consisten en una serie de publicaciones legales en el contexto de la Ley N°19.300 sobre Bases Generales de Medio Ambiente. El procedimiento es denominado RCE, publicado bajo el D.S. 29/2012 MMA. Aunque en este reglamente se reconoce las otras publicaciones propuestas por diversos autores, los procesos son jerárquicamente superiores bajo dicha Ley.

Los procesos constan de 12 Decretos Supremos publicados en el diario oficial (Cuadro 7), donde se observa que la mayor cantidad de especies se encuentran en el D.S. 13/2013 MMA, el cual tiene 18 especies, seguido del D.S. 42/2011 MMA con 12 especies. Por otro lado, el que menos especies incluye es el D.S. 06/2017 MMA, el D.S. 38/2015 y el D.S. 52/2014, los cuales tienen sólo una especie. Por otro lado, la categoría de conservación más frecuente corresponde a "Vulnerable", de la cual hay 23 especies. Sólo una especie es clasificada como "Datos Insuficientes" (*Cheilanthes bonariensis*), y dos en "Peligro Crítico" (*Asplenium peruvianum* y *Copiapoa krainziana*).

Cuadro 7. Procesos de clasificación de especies del RCE, indicando el número de especies indicadas para la costa de la Región de Antofagasta.

Referencia	**Categoría de conservación**						**Total**
	LC	NT	VU	EN	CR	DD	
DS 06/2017 MMA	1						1
DS 16/2016 MMA			1	1			2
DS 38/2015 MMA	1						1
DS 52/2014 MMA	1						1
DS 13/2013 MMA	6	1	8	1	1	1	18
DS 19/2012 MMA	3		5	1			9
DS 42/2011 MMA	2	3	2	5			12
DS 41/2011 MMA		1	5	1	1		8
DS 33/2011 MMA		1	1	4			6
DS 51/2008 MINSEGPRES			1*	1			1
DS 50/2008 MINSEGPRES			1	12 y 1*			14
DS 151/2007 MINSEGPRES				2*			2
Total	**14**	**6**	**23**	**14**	**2**	**1**	**60**

LC = Preocupación Menor, NT = Casi Amenazada, VU = Vulnerable, EN = En Peligro, CR = Peligro Crítico, DD, Datos Insuficientes, * = Especies consideradas como Raras de manera complementaria.

Folio004510

b) Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Benoit, 1989)

Este libro corresponde a los resultados obtenidos en el Simposio "Flora Nativa Arborea y Arbustos de Chile Amenazada de Extinción" del año 1985, en el cual se propuso la clasificación de determinadas especies para ser finalmente clasificadas como "En Peligro", "Vulnerable" y "Rara". De manera adicional, se incluyeron algunas propuestas de diversos autores para grupos de plantas, tales como suculentas, helechos y geófitas chilenas. Esta referencia ha tenido gran importancia como fuente para el sistema de evaluación ambiental después de los procesos oficiales del RCE.

El resumen de los resultados se observa en el Cuadro 8, donde se observa que el listado nacional de las especies del Libro Rojo presentes en la costa de la Región de Antofagasta son 12, de las cuales 2 se consideran "En Peligro", 5 "Vulnerable" y 5 "Rara". De todas las secciones del Libro Rojo, "El estado de conservación de las plantas suculentas chilenas: Una evaluación preliminar" (Hoffmann & Flores, 1989), es la propuesta que incluye más especies. Sin embargo, esto se debe a que se incluyen todas las especies del listado (no sólo las de la costa de la Región de Antofagasta), debido a que no se incluye la distribución de los taxones incluidos, además que los nombres ya desactualizados no incluyen autoría, por lo que es muy difícil resolver la sinonimia. La propuesta del trabajo "Pteridophyta de Chile continental amenazados de extinción" (Rodríguez, 1989), incluye sólo 5 especies de helechos, mientras que la propuesta "Sinopsis taxonómica de las geófitas monocotiledóneas chilenas y su estado de conservación" (Hoffmann, 1989) incluye 14 especies.

Cuadro 8. Categorías de conservación de las especies de la costa de la Región de Antofagasta a partir del "Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile", incluyendo el listado nacional y las propuestas de los autores asociados.

Fuente	**Categoría de conservación**					**Total**
	EN	VU	R	FP	IC	
Árboles y arbustos	2	5	5	0	0	12
Suculentas	16	29	14	3	2	64
Pteridophyta	2	0	3	0	0	5
Geófitas	0	4	1	8	1	14
Total	**20**	**38**	**23**	**11**	**3**	**95**

Fuente: Benoit (1989)

c) Boletín N°47 del Museo Nacional de Historia Natural

El Boletín del Museo Nacional de Historia Natural en su publicación N°47 lanza una edición especial sobre los estados de conservación de las especies chilenas de diversos grupos funcionales y taxonómicos, correspondientes a líquenes, helechos, plantas bulbosas, cactáceas, decápodos y peces.

Folio004511

En el Cuadro 9 se observa un resumen de la información del listado de especies incluidas por las distintas publicaciones del Boletín N°47 del MNHN. En cuanto a las plantas, se indican 34 para la costa de la Región de Antofagasta, de las cuales 24 son cactáceas, 8 helechos y 2 bulbosas. El trabajo de Baeza et al. (1998) incluye 3 especies "Vulnerable", 1 "Rara", 2 "Fuera de Peligro" y 2 "Insuficientemente Conocida". El trabajo de Ravenna et al. (1998) incluye una especie "Vulnerable" (*Tigridia philippiana*) y una "Rara" (*Conanthera urceolata*). Finalmente, en el trabajo de Belmonte et al. (1998) sobre especies de cactáceas, se incluyen 6 especies "En Peligro", 8 "Vulnerables" y 2 "Fuera de Peligro".

Cuadro 9. Categorías de clasificación de las especies incluidas en las distintas publicaciones del Boletín N°47 del Museo Nacional de Historia Natural.

Fuente	Categoría de conservación					Total
	EN	VU	R	FP	IC	
Pteridophyta	0	3	1	2	2	8
Bulbosas	0	1	1	0	0	2
Cactáceas	6	8	8	2	0	24
Total	**6**	**12**	**10**	**4**	**2**	**34**

Fuente: Baeza et al. (1998); Belmonte et al. (1998); Ravenna et al. (1998) EN = En Peligro, VU = Vulnerable, R = Rara, FP = Fuera de Peligro, IC = Insuficientemente Conocida.

d) Estado de conservación de la flora vascular de la Región de Antofagasta, Chile (García, 2013)

En la tesis de Patricio García, se realiza un análisis del estado de conservación de la flora de la Región de Antofagasta a partir de 13.000 registros de especies. A partir de esto, se le otorga una categoría de conservación a cada una de las especies incluidas para la Región.

Debido a que el análisis no indica distribución dentro de la Región para las especies, no se pudo reconocer cuales corresponden efectivamente a la costa de la Región de Antofagasta. Por lo tanto, esta tesis indica 845 especies para la Región de Antofagasta, de las cuales 492 son nativas y 353 endémicas. Aunque la mayoría presentaron información insuficiente (331 especies), 88 especies tienen alguna categoría de amenaza (CR, EN o VU). Por último, 5 especies se consideran "Extinta". En el Cuadro 10 se muestra un resumen de las especies de la Región de Antofagasta con su estado de conservación.

Cuadro 10. Categorías de conservación de todas las especies de la Región de Antofagasta.

Origen de la especie	Categoría de conservación							Total
	EX	CR	EN	VU	NT	LC	DD	
Nativas	1	0	1	24	76	185	205	492
Endémicas	4	6	21	36	61	99	126	353
Total	**5**	**6**	**22**	**60**	**137**	**284**	**331**	**845**

Folio004512

Fuente: García (2013). EX = Extinta, CR = Peligro Crítico, EN = En Peligro, VU = Vulnerable, NT = Casi Amenazada, LC = Preocupación Menor, DD = Datos Insuficientes.

e) Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (IUCN; https://www.iucnredlist.org)

La IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) es una institución internacional que trabaja enfocada en la ecología de conservación, relacionada en proyectos de desarrollo sustentable mediante recopilación de datos, investigación, proyectos de campo y educación. Esta organización es ampliamente conocida por su "*Red List of Threatened Species*", el cual es un mecanismo para evaluar el grado de amenaza de las especies, actualmente el más completo para el mundo entero, con más de 73.000 especies evaluadas. A pesar de que se tiene un alto grado de representatividad sobre algunos grupos de plantas (*e.g.* gimnospermas), aún faltan muchos otros grupos para evaluar. En el caso de las cáctaceas, la evaluación ha sido bastante completa (Cuadro 11). Respecto a las especies presentes en la costa de la Región de Antofagasta, 4 especies de *Copiapoa* se consideran en "Peligro Crítico", mientras que 8 especies del género *Copiapoa* y *Erioyce* se encuentran "En Peligro" y 5 especies de *Eriosyce* se consideran "Vulnerable". Otras 2 especies de *Copiapoa* se encuentran "Casi Amenazada", mientras que las especies de los otros géneros, además de cinco *Copiapoa* y un *Eriosyce*, se encuentran con "Preocupación Menor" (Cuadro 12).

Cuadro 11. Resumen de los estados de conservación de las cactáceas en la costa de la Región de Antofagasta según la clasificación de la Lista Roja de la IUCN.

Género	Categoría de conservación					Total
	CR	EN	VU	NT	LC	
Copiapoa	4	5	0	2	5	16
Echinopsis	0	0	0	0	1	1
Eriosyce	0	3	4	0	1	8
Eulychnia	0	0	0	0	1	1
Total	**4**	**8**	**4**	**2**	**8**	**26**

Fuente: https://www.iucnredlist.org/

De las 26 especies evaluadas, 12 se encuentran con tendencia decreciente y 11 estables. Para 3 especies no hay información para determinar la tendencia (Cuadro 12). Los respectivos trabajos de evaluación calculan la abundancia de *Eriosyce occulta* y *Eriosyce recondita* con no más de 1.000 individuos, *Eriosyce taltalensis* en 700 individuos y *Copiapoa esmeraldana* en 500 individuos.

Folio004513

Cuadro 12. Resumen de la tendencia de las cactáceas en la costa de la Región de Antofagasta según la clasificación de la Lista Roja de la IUCN.

Género	Tendencia			Total
	Estable	Decreciente	Sin información	
Copiapoa	6	9	1	16
Echinopsis	1	0	2	3
Eriosyce	3	3	0	6
Eulychnia	1	0	0	1
Total	**11**	**12**	**3**	**26**

Fuente: https://www.iucnredlist.org/

f) Cactáceas en la flora silvestre de Chile (Hoffmann & Walter, 2004)

En el trabajo publicado por Hoffmann y Walter (2004) sobre las especies de cactáceas en Chile, también proponen en las fichas de cada especie sus respectiva categoría de conservación. En el Cuadro 13 se muestra cada especie indicada para la costa de la Región de Antofagasta por los autores, junto a su categoría de conservación.

Cuadro 13. Listado de especies presentes en la costa de la Región de Antofagasta, con el estado de conservación indicado por Hoffmann y Walter (2004).

Especie	Categoría de conservación
Copiapoa ahremephiana	En Peligro
Copiapoa aphanes	Extremadamente Escaso
Copiapoa calderana ssp. *atacamensis*	Vulnerable
Copiapoa cinerea ssp. *cinerea*	Vulnerable
Copiapoa cinerea ssp. *columna-alba*	Vulnerable
Copiapoa cinerea ssp. *haseltoniana*	Vulnerable
Copiapoa decorticans	Vulnerable
Copiapoa grandiflora ssp. *grandiflora*	Vulnerable
Copiapoa grandiflora ssp. *ritteri*	Vulnerable
Copiapoa humilis ssp. *humilis*	Vulnerable
Copiapoa humilis ssp. *tenuissima*	En Peligro
Copiapoa humilis ssp. *tocopillana*	En Peligro
Copiapoa humilis ssp. *varispinata*	En Peligro
Copiapoa krainziana	Vulnerable
Copiapoa laui	Rara
Copiapoa longistaminea	Vulnerable
Copiapoa montana	Rara
Copiapoa serpentisulcata	Vulnerable
Copiapoa solaris	Vulnerable
Copiapoa taltalensis ssp. *desertorum*	Rara
Copiapoa taltalensis ssp. *taltalensis*	Vulnerable
Cumulopuntia sphaerica	Sin problemas de conservación
Cylindropuntia tunicata	Sin problemas de conservación

Folio004514

Especie	Categoría de conservación
Echinopsis deserticola	Vulnerable
Eriosyce esmeraldana	En Peligro
Eriosyce iquiquensis	En Peligro
Eriosyce laui	Muy Raro/En Peligro
Eriosyce occulta	En Peligro
Eriosyce odieri ssp. *malleolata* var. *malleolata*	En Peligro
Eriosyce odieri ssp. *malleolata* var. *wesseri*	En Peligro
Eriosyce paucicostata ssp. *echinus*	En Peligro
Eriosyce paucicostata ssp. *floccosa*	En Peligro
Eriosyce paucicostata ssp. *paucicostata*	En Peligro
Eriosyce recondita	En Peligro
Eriosyce rodentiophylla	Vulnerable
Eriosyce taltalensis ssp. *pygmaea*	Vulnerable
Eriosyce taltalensis ssp. *taltalensis*	Vulnerable
Eulychnia breviflora	Fuera de Peligro
Eulychnia iquiquensis	En Peligro

Fuente: Hoffmann y Walter (2004)

g) Bromeliaceae chilenas: diversidad, distribución y evaluación del estado de conservación (Zizka et al., 2009)

Zizka et al., (2009) publicaron un trabajo titulado "Chi*lean Bromeliaceae: diversity, distribution and evaluation of conservation status*", en el cual hacen un estudio de distribución de las especies de Bromeliaceae en Chile, analizando temporalidad de colectas y complementando con modelaciones de nicho para evaluar el nivel de retroceso de cada especie. A partir de este estudio, los autores proponen el estado de conservación de cada especie estudiada (Cuadro 14). Para la Región de Antofagasta indican 5 especies, de las cuales una se encuentra "Vulnerable" (*Tillandsia landbeckii*), tres "En Peligro" (*Deuterocohnia chrysantha*, *Puya boliviensis* y *Tillandsia geissei*), y una en "Peligro Crítico" (*Tillandsia tragophoba*).

Cuadro 14. Especies de la familia Bromeliaceae presentes en la costa de la Región de Antofagasta, y su respectivo estado de conservación propuesto por Zizka et al. (2009)

Especie	Categoría
Deuterocohnia chrysantha	En Peligro (EN)
Puya boliviensis	En Peligro (EN)
Tillandsia geissei	En Peligro (EN)
Tillandsia landbeckii	Vulnerable (VU)
Tillandsia tragophoba	Peligro Crítico (CR)

Fuente: Zizka et al. (2009)

Folio004515

h) Revisión de la sección Calceolaria (Calceolariaceae) en Chile (Puppo & Novoa, 2012)

En la revisión realizada para la sección Calceolaria en Chile, Puppo y Novoa (2012) indican sólo 3 especies para el país. Sin embargo, los autores sólo citan una especie para la zona de estudio. Esta corresponde a *Calceolaria pinnata* subsp. *pinnata*. Según los autores, esta especie se encuentra actualmente extinta en estado silvestre (EW), ya que no ha sido vuelta a colectar desde inicios del siglo XX.

i) Revisión sistemática del grupo *Epipetrum* de *Dioscorea* (Dioscoreaceae) endémico a Chile (Viruel et al., 2010)

A partir de la revisión de un grupo de *Dioscorea* no trepador, llamado "Systematic revision of the *Epipetrum* group of *Dioscorea* (Dioscoreaceae) endemic to Chile" (Viruel et al., 2010), se determina que el taxón *Dioscorea biloba* subsp. *biloba* sólo se ha colectado en el Cerro Perales, al noreste de Taltal. Los autores determinan que existe un total de 300 individuos, de los cuales sólo un 10% son reproductivos. Todos estos individuos se encuentran en un área no superior a 1 km^2 en el Cerro Perales. Por estas razones, los autores determinan a este taxon como en "Peligro Crítico". Sin embargo, se indica que la otra subespecie, *Dioscorea biloba* subsp. *coquimbana*, es más común, aunque de igual manera es determinada "Vulnerable". Esta última se encuentra únicamente en la Región de Coquimbo.

j) Revisión de *Heliotropium* sect. *Cochranea* (Heliotropiaceae) (Luebert, 2013)

En el trabajo llamado "A revision of *Heliotropium* sect. *Cochranea* (Heliotropiaceae)" realizado por Luebert (2013), se realiza una revisión taxonómica de la sección *Cochranea* que reúne a todas las especies arbustivas del género *Heliotropium* en Chile. En este trabajo se realiza adicionalmente una evaluación del estado de conservación de cada especie incluida en el estudio. Finalmente, para la costa de la Región de Antofagasta se indican 9 especies, de las cuales 3 se encuentran en "Peligro Crítico", 2 "Vulnerable" y 4 en "Preocupación Menor" (Cuadro 15).

Cuadro 15. Listado de las especies de *Heliotropium* sect. *Cochranea*

Especie	Estado de conservación
Heliotropium chenopodiaceum	Preocupación Menor (LC)
Heliotropium eremogenum	Peligro Crítico (CR)
Heliotropium floridum	Preocupación Menor (LC)
Heliotropium inconspicuum	Vulnerable (VU)
Heliotropium jaffuelii	Peligro Crítico (CR)
Heliotropium linariifolium	Preocupación Menor (LC)
Heliotropium philippianum	Peligro Crítico (CR)

Folio004516

Heliotropium pycnophyllum	Preocupación Menor (LC)
Heliotropium taltalense	Vulnerable (VU)

Fuente: Luebert (2013)

k) Revisión taxonómica del género Sudamericano occidental *Presliophytum* (Loasaceae)

En la publicación de Acuña y Weigend (2017) titulada "A taxonomic revision of the western South American genus *Presliophytum* (Loasaceae)", los autores incluyen 5 especies para este género. Sin embargo, para la zona de estudio sólo indican una, correspondiente a *Presliophytum sessiliflorum* (Phil.) R.H. Acuña & Weigend. Según los autores, esta especie tiene pocas colectas, y su presencia en la zona sólo había sido registrada por Ivan Johnston. Debido a esto, sugieren incluirla como "Datos Insuficientes" (DD).

l) Plan RECOGE (D.S. 44/2018 [MMA])

El Plan de Recuperación, Conservación y Gestión de la flora costera del norte de Chile tiene como meta que, en 20 años de ejecución, se mejore el estado de conservación de al menos 20% de las especies incluidas en dicho Plan, mientras que el resto mantenga su condición actual. Esto implica mitigar las amenazas que afectan a la flora y aumentar la protección efectiva y recuperación de dichas especies de plantas. Las especies incluidas en este Plan consiste en aquellas que se encuentran en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama y se encuentren en algún estado de conservación de amenaza del RCE, incluyendo en esto "Vulnerable", "En Peligro" y "Peligro Crítico".

m) Novedades taxonómicas y geográficas en el género *Plantago* (Plantaginaceae) en Chile, incluyendo la descripción de una nueva especie (Hassemer et al., 2018)

El reporte de Hassemer et al. (2018) llamado "*Taxonomic and geographic novelties in the genus* Plantago *(Plantaginaceae) in Chile, including the description of a new species*", incluye una nueva especie para el Morro Moreno correspondiente a *Plantago nebularum*. También se realiza un estudio al estado de las poblaciones de *Plantago johnstonii*. De acuerdo a los autores, a pesar de una intensa búsqueda la localidad tipo de *P. johnstonii* (Aguada El Panúl) y otras localidades al norte de Taltal, la especie no pudo ser encontrada. Debido a esto, los autores la declaran "Extinta" (EX). Las razones de su extinción las atribuyen al entubamiento del agua en la localidad tipo, lo ha causado una desaparición de la vegetación.

Folio004517

I.6 Áreas prioritarias

La primera propuesta formal de sitios prioritarios para la costa de la Región de Antofagasta corresponde a los declarados en el contexto de la estrategia regional para la conservación de la biodiversidad (CONAMA, 2002), donde se indica como sitios con prioridad para la conservación a la desembocadura del Río Loa, la Península de Mejillones y el sector costero de Paposo. A pesar de esto, previamente se había realizado algunas propuestas indicando a Paposo como sitio prioritario (Muñoz et al., 1996; Ormazabal, 1989). Actualmente se considera como sitio prioritario a toda la zona determinada como Desierto costero de Taltal debido a su alta diversidad y endemismo de especies (Ormazabal, 1989; Squeo et al., 1998), específicamente la zona entre las latitudes 24°30'S y 25°30'S (Cavieres et al., 2002). Dentro de esta formación, existen muchos sitios específicos propuestos en la literatura como con prioridad para la conservación. Además, existen dos áreas administradas por el SNASPE, correspondientes al Parque Nacional Pan de Azúcar y al Monumento Natural Paposo Norte. Sobre este último, corresponde a un área que protege diversas localidades considerados sitios prioritarios (UNARTE, 2005), aunque no las principales debido a problemas con la tenencia de tierras (BIOTA, 2010). Cabe señalar las bases de la creación del Monumento Natural Paposo Norte en el D.S. N°7/2014, las cuales son 1) tres informes técnicos ("Levantamiento de Información, Estudio de Línea de Base e Instrumento Legal para la Conservación de la Biodiversidad en los Sitios Priorizados en la ERB: Aguas Calientes IV y Sector Costero de Paposo, ll Región de Antofagasta" [UNARTE, 2005], "Informe Justificativo Creación Monumento Natural de Paposo Norte" [CONAF, 2013] y "Propuesta Creación Monumento Natural Paposo Norte" [MMA, 2013b]), 2) su posición en el sitio prioritario del Desierto costero de Taltal (Cavieres et al., 2002), 3) su alta diversidad de especies (indicando 115), su alto endemismo local (indicando 55%) y porcentaje de especies en problemas de conservación (32%). Además, 4) se menciona la presencia de tres pisos vegetacionales sensu Luebert y Pliscoff (2006), de los cuales uno no se encuentra bajo ninguna ASP, mientras que los otros dos no cumplen las metas nacionales.

En el caso del Desierto costero de Tocopilla, han sido propuesto una menor cantidad de sitios prioritarios. Sin embargo, también existen dos áreas protegidas en la zona de la Península de Mejillones, correspondientes a la Reserva Nacional La Chimba y el Parque Nacional Morro Moreno.

Basándose en la información disponible, se seleccionaron los sitios más relevantes mencionados a partir de diversas propuestas para ser considerados como sitios prioritarios. Para cada sitio, se comenta en detalle las particularidades del lugar. En caso de existir informes o publicaciones que dan cuenta de sus características más importantes, sólo se citarán a estos, indicando los aspectos más relevantes.

a) Pan de Azúcar (Las Lomitas y Quebrada de la Cachina)

El Parque Nacional Pan de Azúcar se creó por orden del Decreto Supremo N°527 en el año 1986, estableciendo como argumentos para esto la ausencia de áreas protegidas en las regiones de Antofagasta y Atacama en ese tiempo, la presencia de dos formaciones vegetales sensu Gajardo (1993) bien representadas en el lugar, la presencia de

Folio004518

guanaco (*Lama guanicoe*), zorro chilla (*Lycalopex gymnocercus*) y zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), lagartos (géneros *Tropidurus* y *Callopistes*), chungungo (*Lontra felina*), lobo de un pelo (*Otaria flavescens*) y aves como el pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*), además de sitios aptos para desarrollo recreativo y educativo.

Efectivamente, la principal razón para la creación de este Parque Nacional es la presencia de la fauna vertebrada, principalmente los casos de guanaco, chungungo y pingüino de Humboldt, debido a la presencia de sitios reproductivos de los dos últimos. Sin embargo, un importante objeto de conservación en el plan de manejo para el parque corresponde a la presencia de las especies del género *Copiapoa*, del cual se pueden encontrar entre 6 y 13 taxones (CONAF, 2018; Rundel et al., 1996). Específicamente en el sector de Las Lomitas, al norte del PN, existe una importante diversidad de especies, a las cuales se pueden mencionar *Copiapoa esmeraldana*, *C. mollicula* y *C. grandiflora*, endémicas de este sector. Esta parte coincide con la porción del PN en la Región de Antofagasta. En esta, se encuentra el límite norte del PN coincidente con la Quebrada de la Cachina, parte del sistema de quebradas de Quebrada Grande (o Cachinal de la Costa), Aguada Esmeralda y, más al norte, Quebrada de Las Lozas (o Quebrada Guanillos). En este sistema también se encuentran algunas especies de estrecha distribución del género *Copiapoa*, destacando *C. angustiflora*, endémica de la Quebrada La Cachina (Larridon et al., 2015). En cuanto a otras familias, cabe destacar *Linum cremnophilum* (Linaceae), especie colectada sólo una vez en la Quebrada Grande (Mildner & Rogers, 1978), y endémica de ese lugar.

b) Cerro Perales

El Cerro Perales es una sitio que se ha propuesto como Área Silvestre Protegida o Zona de Interés Turístico, debido a su biodiversidad y la amenaza a la que es susceptible debido a la cercanía con un importante centro urbano, correspondiente al puerto de Taltal (Hinojosa & Cortés, 2018). Este se considera como un ecosistema de loma (Rundel et al., 1991) debido a la gran cobertura vegetacional que posee, y está presente en una zona del desierto costero de Taltal que se ha sugerido como prioritaria para su conservación (Cavieres et al., 2002). Además, presenta especies poco comunes, tales como *Lycium boerhaviaefolium* (Dillon, 2005), *Tigridia philippiana* (Johnston, 1929) o *Dioscorea biloba* subsp. *biloba*, siendo esta última endémica del Cerro Perales, creciendo únicamente en un área menor a 1 km^2 de este cerro, y por lo tanto considerada en “Peligro Crítico” (Viruel et al., 2010).

Los alrededores de este cerro también son importantes. En la Quebrada de Taltal se encuentra *Eriosyce occulta*, endémica a esta zona (Hoffmann & Walter, 2004; Kattermann, 1994), mientras que en la Quebrada San Ramón se encuentra *Copiapoa krainziana*, también un endemismo local (Hoffmann & Walter, 2004).

c) Bandurrias

La Quebrada Bandurrias es incluida como sitio prioritario por UNARTE (2005) en el contexto de la estrategia regional para la conservación de la biodiversidad (CONAMA, 2002), en la cual se menciona a la zona costera de

Folio004519

Paposo, dentro de la zona costera determinada como prioritaria para su conservación (Cavieres et al., 2002). Esta es considerada como un sitio de alta biodiversidad de especies (128 especies), que a la vez se encuentra fuertemente afectada por ganado caprino (UNARTE, 2005, 2007), además de la recurrente presencia de aluviones (UNARTE, 2006a). Para esta quebrada, se indican las especies amenazadas *Eulychnia iquiquensis* y *Polypodium espinosae* (UNARTE, 2005).

d) Matancilla-La Oveja-Cachinalito

También se encuentra en la zona costera de Paposo, indicada como prioritaria para la conservación (Cavieres et al., 2002; CONAMA, 2002). Este sitio se determinó específicamente como prioritario en UNARTE (2005), en el cual se delimito en un área que comprende 3 quebradas, correspondientes a la Quebrada Matancilla, la Quebrada La Oveja y Quebrada Cachinalito. Esta área es incluida en el plan de manejo realizado por (UNARTE, 2006b). Estas tres se encuentran direccionadas de norte a sur, y presenta cuatro especies en problemas de conservación; *Eulychnia iquiquensis*, *Berberis litoralis*, *Peperomia doelli* y *Monttea chilensis*, siendo uno de los lugares con mayor cantidad de especies en categoría de conservación (UNARTE, 2005, 2006a). Este sitio también se encuentra fuertemente afectado por el ganado caprino (UNARTE, 2005, 2007), existiendo registros de un gran número de familias de crianceros instalándose en el sector (UNARTE, 2005).

e) Quebrada de Paposo

Paposo ya había sido propuesto formalmente por Ormazabal (1989) como sitio de interés botánico, basado en la alta diversidad de especies y su endemismo, siendo el único mencionado para la Región de Antofagasta. Este sitio prioritario fue reafirmado por el estudio de Cavieres et al. (2002) y propuesto en la estrategia regional para la conservación de la biodiversidad (CONAMA, 2002). Sin embargo, estas fuentes son poco precisas en el sentido de que el área de Paposo podría ser interpretado como toda la zona al norte de Taltal. A pesar de esto, UNARTE (2005) delimita el sitio prioritario de la Quebrada de Paposo (o Quebrada de Guanillos), incluyendo sus tributarias, el Cerro Yumbes y el Cerro Mirador. Estas locaciones demuestran tener una alta riqueza de especies (Philippi, 1860; Rundel et al., 1991; TFM, 2020), entre las que incluye una gran cantidad de especies endémicas (Larraín, 2007) y especies en categoría de conservación, tales como *Eulychnia iquiquensis*, *Monttea chilensis*, *Dalea azurea*, *Peperomia doelli* y *Bipinnula taltalensis* (UNARTE, 2005). Los sitios determinados como sitio prioritario Paposo se ven fuertemente alteradas por intervenciones antrópicas por la cercanía al pueblo de Paposo, entre las que se incluye el ganado doméstico (UNARTE, 2007) y la presencia de la carretera B-710 a lo largo de toda la quebrada principal y la presencia de la línea de alta tensión que pasa por este sector (García, 2013; UNARTE, 2005), por lo que en este lugar específico resultaba necesario la priorización de su conservación. Además, la presencia de la actividad industrial que se desarrolla a los alrededores del pueblo estaría afectando a las especies del lugar debido a las partículas en suspensión producidas (Ruelle, 1995).

Folio004520

f) El Rincón

El Rincón corresponde a una localidad a tan sólo 10 km al norte de Paposo, por lo que se incluye a la definición de Paposo de Ormazabal (1989) y CONAMA (2002), además de incluirse en la priorización de Cavieres et al. (2002). Sin embargo, es considerado como una zona aparte por la sectorización realizada por UNARTE (2005), en la cual si se incluye la Quebrada Las Cañas, adyacente al norte de esta localidad. Esta zona es un área extensa que incluye varias quebradas (*e.g.* La Sepultura, Las Tórtolas, Quebrada El Rincón), por lo que existe una alta diversidad de especies. Adicionalmente, existen especies muy raras, tales como *Griselinia carlosmunozii* (Dillon & Muñoz-Schick, 1993) o *Tillandsia tragophoba* (Dillon, 1991), esta última restringida únicamente a este sector. Sin embargo, este corresponde a uno de los sitios con mayor carga de ganado caprino, lo que además ha ayudado a la perdida de suelo por erosión (UNARTE, 2005, 2007).

g) Quebrada el Médano

Esta quebrada corresponde al límite norte del área definida por Cavieres et al. (2002) como sitio prioritario, además de incluirse en UNARTE (2005) como uno de los sitios prioritarios. En este estudio, se determina que la quebrada es bastante susceptible a desmembramientos de tierra por los aluviones, lo que afecta a la vegetación. Se mencionan como especies de plantas en categoría de conservación a *Eulychnia iquiquensis*, *Monttea chilensis*, *Peperomia doellii*, mientras que Dillon y Muñoz-Schick (1993) indican que en este lugar existe la única planta hembra de *Griselinia carlosmunozii* conocida.

h) Quebrada La Plata

A pesar de que la Quebrada La Plata es otro sitio definido como prioritario UNARTE (2005) en el contexto de la estrategia regional para la conservación de la biodiversidad (CONAMA, 2002), se encuentra al norte del área definida por Cavieres et al. (2002) como de alto endemismo. De cualquier manera, aún es parte del sitio prioritario Desierto costero de Taltal (Ormazabal, 1989; Squeo et al., 1998). Esta zona se ve fuertemente dañada por derrumbes, e incluye como especies en categoría de conservación a *Eulychnia iquiquensis*, *Monttea chilensis*, *Dalea azurea* y *Peperomia doelli* (UNARTE, 2005). De manera adicional, se encuentra en este lugar a *Cristaria leucantha* y *Reyesia cactorum*, ambas especies endémicas de esta quebrada (Hunziker & Subils, 1979; Johnston, 1929; Muñoz-Schick, 1995).

i) Miguel Díaz

Corresponde al sitio más septentrional de la zona entendida como costa de Paposo (CONAMA, 2002; UNARTE, 2005). Sin embargo, esta localidad se encuentra dentro del área protegida denominada “Monumento Natural Paposo

Folio004521

Norte". Es un sitio con alta diversidad de especies, alcanzando a lo menos 204 especies (TFM, 2019), con un alto número de cactáceas y especies en categoría de conservación, tales como *Berberis litoralis*, *Eulychnia iquiquensis*, *Polypodium espinosae*, *Bipinnula taltalensis*, *Monttea chilensis* y *Peperomia doelli*. Esta también recibe un gran impacto debido al ganado caprino, además de daño por aluviones (UNARTE, 2005).

j) Quebrada La Chimba

La Quebrada La Chimba corresponde a un sitio ubicado al noreste de la ciudad de Antofagasta. Esta zona corresponde al Desierto costero de Tocopilla, donde la diversidad florística baja de manera importante. Sin embargo, la Quebrada La Chimba presenta un aumento poco usual de la diversidad florística, la cual supera las 100 especies de plantas (CDD, 2020; Rundel et al., 1991). De igual manera, la cercanía a la ciudad de Antofagasta, hacen de este lugar un sitio altamente vulnerable a la influencia antrópica. Debido a esto, el Decreto Supremo N° 71/1988 del MINAGRI crea la Reserva Nacional La Chimba basándose en sus recursos vegetacionales y faunísticos, sus condiciones para la recreación e investigación científica, y por la débil presencia del SNASPE en el desierto costero.

k) Morro Moreno

El Morro Moreno se encuentra en el sitio prioritario de la Península de Mejillones (CONAMA, 2002). Sin embargo, el Morro Moreno es propuesto como un sitio que urge ser declarado área silvestre protegida por primera vez en Oltremari et al. (1987), y luego por Muñoz et al. (1996). En el informe de CREA (2003) se señala el interés del Morro Moreno para su conservación, destacando en la Península de Mejillones por su riqueza específica y vegetación en la zona de niebla. Debido a esto, el Decreto Supremo N° 5 del MBN crea en el año 2010 el Parque Nacional Morro Moreno, basándose en los recursos faunísticos, vegetacionales, geológicos-geomorfológicos, paisajísticos y arqueológicos en el lugar, algunos no representados en el SNASPE, además la presencia del Desierto costero de Tocopilla representado pobremente en el SNASPE, entre otras razones establecidas en la estrategia regional de desarrollo.

Respecto a las particularidades de su flora, el informe de CREA (2003) indica dos endemismos extremadamente restringidos al Morro Moreno, dos endemismos del Morro Moreno y La Chimba, dos endemismos de la zona entre Tocopilla y Caleta El Cobre, una especie "En Peligro", 4 "Vulnerable", una "Rara" y una "Insuficientemente Conocida".

Folio004522

l) Tercera Quebrada al norte de Tocopilla

Esta quebrada parece no tener un nombre oficial, ya que no es mencionada por Riso Patrón (1924) ni bases de datos modernas (*e.g.* http://www.geonames.org/). Corresponde a una quebrada al norte de Tocopilla que se encuentra a la altura de la Población Las Tres Marías. Esta quebrada pareciera tener un alto valor desde el aspecto de su diversidad de plantas de acuerdo a lo mencionado en la literatura.

A pesar de que algunos botánicos habían colectado a los alrededores de Tocopilla (*e.g.* Vidal, Gülland, Mozer y Reiche), pareciera que el primero en colectar en esta quebrada fue I. Johnston, ya que indica que en 1925 colectó en los cerros que están al frente de Caleta Duendes, lo que coincide con la ubicación de esta quebrada. Su tiempo de muestreo se vio limitado debido a que debía tomar un vapor para viajar a Antofagasta. En esta ciudad dedicó otro día para colectar cerca de La Chimba, aunque debido al mal estado de los caminos tuvo que colectar en las laderas cercanas. El día en Tocopilla colectó 52 especies y el de La Chimba 34 especies (Johnston, 1929), lo que sugiere una mayor diversidad para el sitio de Tocopilla que para los alrededores de La Chimba, éste último ya reconocido como sitio de alta riqueza de especies. Aquellos colectores que exploraron el área de Tocopilla previamente, destacaron la escasez de especies en este sector, lo que demuestra el contraste presente en el lugar.

De igual manera, el R. P. Jaffuel colecta a los alrededores de Tocopilla, destacando la alta riqueza de la tercera quebrada respecto a las otras del sector. Él indica: “Mi mejor colecta fue indudablemente la que hice en la tercera quebrada, (…)”, para más adelante volver a insistir: “En general recomiendo a los botánicos que han de visitar los alrededores de Tocopilla que se dirijan de preferencia a esta tercera quebrada (…)” (Jaffuel, 1936).

Actualmente esa quebrada es considerada de gran importancia debido, además de la diversidad, a la rareza de las especies ahí presentes. Entre otras, acá se puede encontrar dos especies estrechamente restringida a los alrededores de Tocopilla. La primera es *Malesherbia tocopillana* , considerada “En Peligro” y “Rara” según el RCE, la cual tiene su localidad tipo en la tercera quebrada (Ricardi, 1967). La otra corresponde a *Heliotropium jaffuelii*, endémica del sector del norte de Tocopilla. De igual manera se encuentra acá *Heliotropium eremogenum*, especie sólo colectada en la tercera quebrada y a los alrededores de Antofagasta. Estas dos últimas especies se encuentran clasificadas como en “Peligro Crítico” (Luebert, 2013).

Esta quebrada se ve fuertemente amenazada por su cercanía a la ciudad de Tocopilla. Además, la construcción de la carretera R-1 y otras obras anexas, han dañado importantemente las especies amenazadas que se encuentran acá (García & Luebert, 2005).

m) Desembocadura del Río Loa

La desembocadura del Río Loa se sitúa en la división entre la Región de Antofagasta y de Tarapacá. Es incluida como uno de los principales sitios prioritarios para la estrategia regional para la conservación de la biodiversidad (CONAMA, 2002). Este reconocimiento proviene del alto nivel de servicios ecosistémicos que posee, ya que es el único

Folio004523

ambiente de estuario en la región. Es ecológicamente importante como sitio de reproducción de animales y por la presencia de flora endémica. Entre las plantas presentes, se encuentra *Copiapoa tocopillana* (“En Peligro”) y *Eulychnia iquiquensis* (“En Peligro”) (CONAMA, 2002). También se señala para el lugar la presencia de *Prosopis flexuosa* (“Vulnerable”) (BIOTA, 2005). De manera adicional, es el único sitio costero en que se ha registrado la presencia de *Prosopis tamarugo*, considerada “En Peligro” por el RCE (MMA, 2012).

I.7 Amenazas a la biodiversidad

I.7.1 Ganado

La herbivoría por parte de mamíferos puede afectar fuertemente los ecosistemas, reduciendo la diversidad, modificando la estructura o las interacciones entre los miembros de una comunidad (Vásquez, 2002). En la zona de Taltal y Paposo, la cría de ganado caprino ya era una actividad económica importante desde antes de la llegada de R. Philippi a esta zona en 1853, la cual se intensificaría al ser nombrado Taltal como puerto por decreto ley en 1858 (Godoy, 2014).

Actualmente, la actividad ganadera se ha reconocido como una importante amenaza para la biodiversidad en la zona de Paposo (BIOTA, 2010; UNARTE, 2005, 2006a). Según el informe técnico “Situación actual de la flora nativa de la localidad de Paposo, Comuna de Taltal – II Región, y su relación con el aumento de la presencia de ganado caprino” (UNARTE, 2007), para el año 2006 se estimaron más de 500 cabras en este sector, aunque distribuidas en diferentes quebradas, siendo la quebrada de “El Rincón”, la que ha recibido la mayor carga animal. Sin embargo, se señala un movimiento de los crianceros, ya que el número cambia considerablemente respecto al año. De igual manera, algunas localidades con gran presencia de cabras en un año, pueden presentar ausencia de crianceros al año siguiente. En el informe anteriormente señalado, se indica que las localidades con importante presencia de ganado durante los años 2003 y 2006 corresponden a la Quebrada El Rincón, Quebrada Paposo, Quebrada Matancillas, Quebrada La Oveja, Quebrada El Hueso, Quebrada Cachinales, Quebrada Bandurria y Quebrada El Cheo (Figura 13). Sin embargo, también se registra presencia de pastoreo en la Quebrada El Cura, Agua Buena y Peralito. A partir de la cuantificación del impacto del ganado, se concluye que los sitios con presencia prolongada de ganado (*i.e.* El Rincón) tienen menor riqueza y abundancia de especies leñosas, menor número de especies endémicas y nativas, y un mayor número de especies exóticas (UNARTE, 2007).

Según la propuesta del MMA (2017), esta tiene una clasificación de amenaza media, mientras que la afectación por herbívoros nativos es baja.

Folio004524

Figura 13. Presencia de áreas de forrajeo en el sitio prioritario de Paposo según UNARTE (2007).

Folio004525

I.7.2 Actividades extractivas e industriales

La minería tiene un origen precolombino en la costa de la Región de Antofagasta, siendo la mina de plata de la Quebrada San Ramón el yacimiento más antiguo de América registrado (Salazar et al., 2011). La minería empezó a tener un impulso moderno a partir de la primera mitad del siglo XIX gracias a los cateadores y exploradores, lo cual logró densificar la zona a fines de este siglo gracias a los yacimientos encontrados (Bruna & Larroucau, 2008; Godoy, 2014). Actualmente, la minería corresponde a la actividad más importante de la Región.

En el Desierto de Atacama, la minería es una amenaza debido a las perturbaciones causadas por la construcción de caminos y la ocupación de terreno con los tranques de relave, tortas de estéril y pilas de lixiviación (BIOTA, 2010; Dillon & Hoffmann, 1997; Finger & Teillier, 2010). De igual manera, otras actividades industriales también presentan una amenaza, debido a los efectos de la contaminación atmosférica que provocan. Al menos en la zona de Paposo, la actividad industrial ha causado un importante impacto debido a las partículas contaminantes que obstruyen los estomas de las especies del sector (Ruelle, 1995).

En el litoral de la Región de Antofagasta, la minería parece concentrarse en 4 lugares (Figura 14). De sur a norte, el primero es al este de Cifuncho, donde existe una gran concentración de faenas mineras que van de oeste a este por la Sierra Buena Esperanza. Más al norte existe una importante presencia de faenas cercanas a Paposo, específicamente en el macizo aledaño a la Quebrada Paposo, del cual es parte el cerro Yumbes. Luego está la zona interior de la Península de Mejillones, en el sector de Naguayán. Por último, a lo largo de la Cordillera de la Costa existe una gran presencia de faenas que van desde Michilla hasta Tocopilla, siendo esta una extensa zona de explotación. La gran mayoría de las faenas de estos sitios corresponden a explotaciones de cobre, existiendo también plantas de procesamiento de este mineral en Taltal, Punta Grande (al sur de Paposo), Punta Coloso, Naguayán, Michilla y Tocopilla.

Según la propuesta del MMA (2017), tanto las actividades extractivas como obras civiles (*e.g.* caminos, obras de control aluvional) tienen una clasificación de amenaza media.

Folio004526

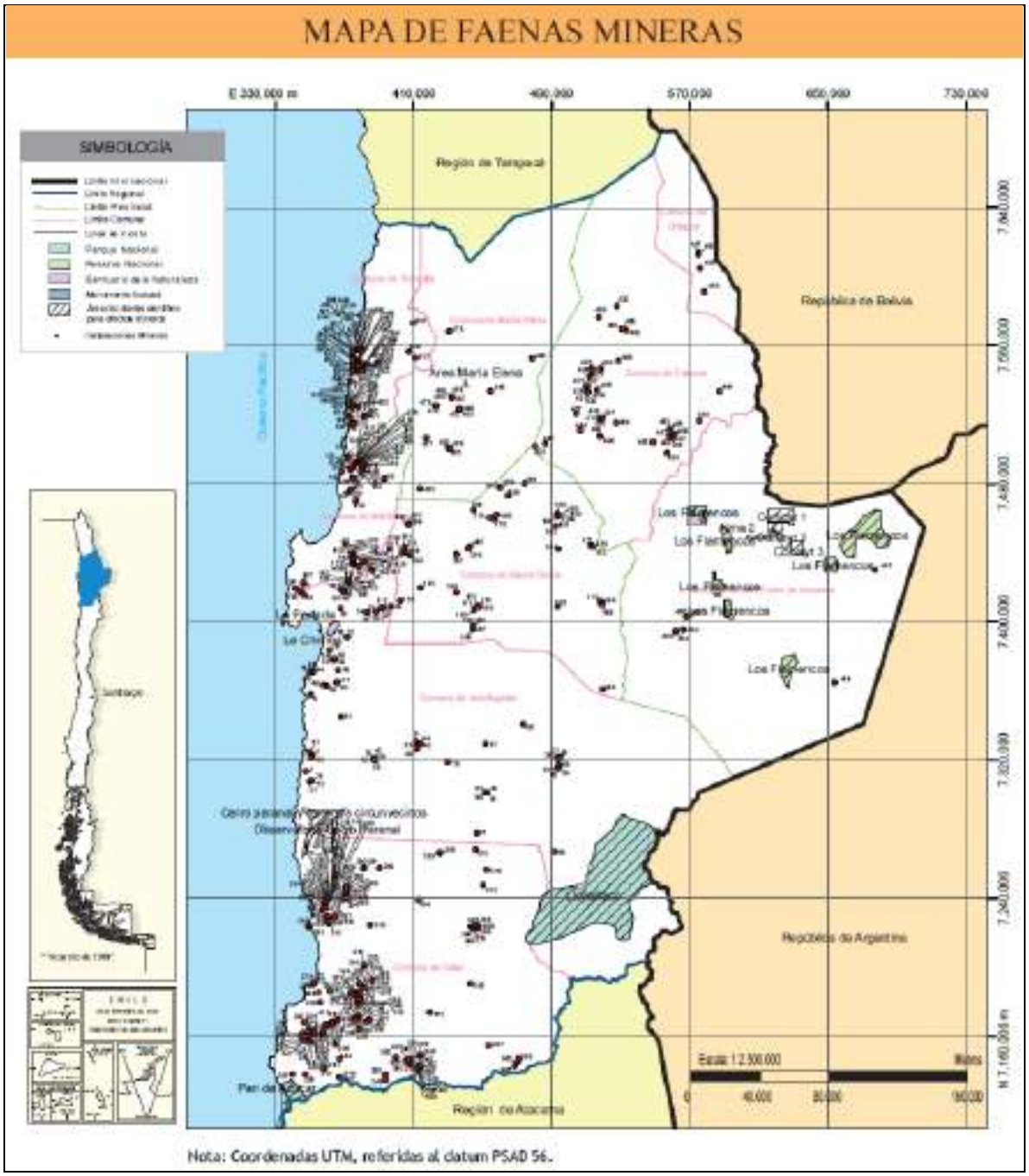


Figura 14. Mapa de faenas mineras hasta octubre 2009 en la Región de Antofagasta, tomado de SERNAGEOMIN (2011).

A partir de la información recopilada de los datos del SEIA, se observa que la mayoría de proyectos se concentran en la zona de Mejillones, lo cual significa una intensa actividad industrial en esta ciudad. A pesar de la baja diversidad de especies en este sitio, las presentes se ven fuertemente amenazadas por toda esta actividad. También se observa una gran actividad en las cercanías de Tocopilla, principalmente en líneas de transmisión y abastecimiento para el puerto. De igual manera, ha habido múltiples proyectos en los alrededores de Paposo, principalmente ligados a la central termoeléctrica de ese lugar. Los informes de línea base de estos proyectos son los que reportan la mayor diversidad de plantas en el área de influencia de las faenas.

Folio004527

I.7.3 Actividades extractivas e industriales

Una importante amenaza para las especies vegetales detectada en la zona costera de la Región de Antofagasta corresponde a la ocasional aparición de aluviones durante años lluviosos (BIOTA, 2010; UNARTE, 2005, 2006a, 2007), los cuales remueven las capas superficiales de terreno y las mueven por las quebradas, perturbando la vegetación. Este fenómeno se ve aumentado por la presencia del ganado caprino, debido a que las cabras remueven la capa vegetal que protege el suelo, haciéndolo más susceptible a los movimientos del terreno por acción del agua (UNARTE, 2005, 2007).

En el estudio de los sitios prioritarios, realizado por UNARTE (2005), se detectó que los sitios más afectados por aluviones correspondieron a la Quebrada La Plata, Quebrada El Médano, Quebrada Bandurrias y Miguel Díaz. Es muy probable que esta amenaza siga siendo recurrente hacia el norte del sitio prioritario Paposo debido a la presencia de los escarpes de la Cordillera de la Costa, aunque no se han encontrado datos de relación de estos con la flora. Sin embargo, en el "Plan Específico de Emergencia por Remoción en Masa" (ONEMI, 2017), se indican los lugares más susceptibles a ser perturbados por aluviones o movimientos coluviales de diversas fuentes, como precipitaciones o sismos. Entre estos cabe destacar alrededor de Taltal la Quebrada de los Changos, la Quebrada Taltal y el Paso Malo. A los alrededores de Paposo se incluye Agua Dulce y la Quebrada Paposo. Para los alrededores de la ciudad de Antofagasta se indican diversos puntos donde las quebradas que rematan en la zona urbana, presentando un alto factor de riesgo. Estos se encuentran desde Coloso por el sur hasta la Quebrada La Chimba por el norte. Más hacia el norte se indica a Mejillones y Caleta Alala. Por último, a los alrededores de Tocopilla se incluye a la Quebrada Tres Cruces, la Cuesta Barriles, Punta Paraguas y Punta Aña.

I.7.4 Colecta de especies

Uno de los factores que degradan la vegetación de la costa de la Región de Antofagasta es la extracción de la flora nativa, en especial de cactáceas (Belmonte et al., 1998; CONAMA, 2002; Finger & Teillier, 2010; UNARTE, 2006a). Esta familia de plantas muestra la mayor vulnerabilidad, debido a que presentan un alto nivel de endemismo, algunas veces restringidos a determinadas localidades. Otras familias que se ven amenazadas por su extracción corresponden a las bromeliáceas, como *Deuterocohnia chrysantha*, las cuales son usadas como combustible en panaderías (Finger & Teillier, 2010).

Por otro lado, en el estudio realizado por BIOTA (2010) se indica que la extracción selectiva de plantas también es realizada por científicos y coleccionistas que colectan plantas de interés en exceso. El mismo estudio recomienda establecer protocolos de colecta para evitar que aquellas especies con problemas de conservación con mala regeneración puedan verse afectadas.

Según la propuesta del MMA (2017), esta tiene una clasificación de amenaza media.

Folio004528

I.7.5 Cambio climático

El cambio climático podría incidir de distintas maneras en la diversidad de la flora en la costa del Desierto de Atacama. Es posible que los gases de invernadero causen un aumento de intensidad del fenómenos de "El Niño" (Cai et al., 2014; Schulz et al., 2012), lo que llevaría a anomalías más extremas. Por un lado, este fenómeno probablemente causaría un mejor establecimiento de plantas (Squeo et al., 2007), aunque aumentaría los fenómenos de remoción de tierra, un importante factor de degradación en la vegetación de la costa del Desierto de Atacama (UNARTE, 2005, 2006a, 2007).

En las últimas décadas se ha reportado una importante degradación de la vegetación costera, reflejado por poblaciones completas de plantas muertas hacia el norte de la ciudad de Antofagasta, principalmente de *Eulychnia iquiquensis* (Dillon & Hoffmann, 1997; Muñoz-Schick et al., 2001; Pinto & Kirberg, 2005; Rundel et al., 1997). Esto parece ser resultado de una fase seca de la Oscilación Interdecadal del Pacifico (IPO), ya que esta ha hecho coincidir el cambio de temperatura en la superficie oceánica con menores precipitaciones y menor cobertura de estratocúmulos (Schulz et al., 2011, 2012), causando una menor cantidad de lluvias y de humedad costera incidiendo en las laderas de la Cordillera de la Costa. Sin embargo, a pesar de que se ha registrado un aumento de temperaturas en el aire y el océano desde los años 70's, el patrón de aumento no se parece a los cambios de fase fría a fase caliente de la IPO anteriores, debido a que sigue existiendo un enfriamiento en las capas más bajas de la troposfera (Falvey & Garreaud, 2009). Esto coincide con lo sucedido en otras partes del mundo, lo que indicaría que se debe a un calentamiento general (Hartmann & Wendler, 2005). En el aspecto local, este fenómeno parece ser muy complejo, porque a pesar de existir oscilaciones térmicas de largo plazo durante la segunda mitad del siglo XX, la tendencia general de la neblina costera ha ido en disminución durante este periodo, sobre todo en lugares como Arica. Esto propone un escenario muy negativo para la vegetación de las lomas (Schulz et al., 2012).

Según la propuesta del MMA (2017), esta tiene una clasificación de amenaza alta.

I.8 Revisión estudio de INIA (2014)

El proyecto titulado "Implementación de un plan de conservación ex situ, propagación y reintroducción de especies seleccionadas de la flora endémica del sitio prioritario sector costero de Paposo y su entorno" (INIA, 2014) tiene como objetivo la conservación *ex situ* de las especies presentes que se encuentran en la zona de Paposo. Para esto, se establecieron 8 objetivos, los cuales enumeran en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Objetivos establecidos en el estudio realizado por INIA (2014).

N°	Objetivo
a)	Definir un listado de especies de flora amenazada del Sitio Prioritario y su entorno, que requieran un manejo urgente en el ámbito de la conservación ex situ, propagación y reintroducción.
b)	Recolectar material vegetal de la flora del Sitio Prioritario y su entorno, con énfasis en la flora seleccionada en el punto anterior.

Folio004529

N°	Objetivo
c)	Almacenar material proveniente de las muestras vegetales recolectadas para su conservación a largo plazo y para los ensayos de propagación.
d)	Desarrollar ensayos de propagación de las especies de flora seleccionada, elaborando protocolos para el muestreo de ejemplares, la propagación y reintroducción por especie.
e)	Priorizar las especies e identificar las áreas de intervención donde se desarrollarán los ensayos de reintroducción.
f)	Realizar ensayos de reintroducción de las especies seleccionadas de la flora amenazada y el monitoreo del establecimiento de los ejemplares introducidos, por el periodo de duración del proyecto. Elaborar protocolos de mantención de las especies reintroducidas.
g)	Diseñar de un vivero para la mantención de plantas obtenidas de los ensayos de propagación
h)	Fomentar la cooperación técnica entre las instituciones que realizan actividades de conservación ex situ, propagación y reintroducción, con el propósito de fortalecer redes y promover la investigación en conservación de ambientes áridos.

Fuente: INIA (2014)

A continuación, se presenta una revisión de cada punto, indicando para cada cual propuestas de mejoramiento para el caso de este proyecto.

a) Definir un listado de especies de flora amenazada del Sitio Prioritario y su entorno, que requieran un manejo urgente en el ámbito de la conservación *ex situ*, propagación y reintroducción

En el proyecto llevado a cabo por INIA (2014), se definió un listado de especies priorizadas para la conservación ex situ. Este listado se basó en uno previamente realizado por INIA (2008) en el cual se usó como metodología el uso del Índice de Priorización diseñado por Guerrero et al. (2008), en el cual se basa en la distribución de la especie y la riqueza de su género y familia dentro del territorio chileno. En el proyecto a realizar también se usó el índice mencionado (*op. cit.*), aunque esta vez se implementó para todas las especies nativas que fueron incluidos en el catastro florístico de la costa de la Región de Antofagasta. De igual manera, se implementó el índice de priorización modificado, en el cual a la distribución de la especie se le agrega un valor que indica el grado de aislamiento de las poblaciones presentes en la Región de Antofagasta. De manera adicional, a la riqueza del grupo taxonómico de la especie analizada, se le modificó para evitar ambigüedades implícitas en la arbitrariedad de la clasificación taxonómica. Para esto, se reemplazó por una tasa de diversificación de la familia y el género. Para otorgarle un denominador respecto al grado de unicidad genética a la especie, se considera el uso de un indicador de este obtenido a partir de la distancia geográfica con el taxón de divergencia más reciente.

La base de datos sobre la presencia de las especies utilizada para este proyecto fue ampliada con la información recopilada en los antecedentes y el listado de la flora costera a realizar. De manera adicional, se utilizó información disponible en el sitio de GBIF (https://www.gbif.org/) y datos obtenidos en terreno a partir de las campañas de diagnóstico.

Las especies a propagar y reintroducir también se guiaron a partir de lo que señalan los índices, y por criterios mencionados en el estudio INIA (2014). De igual manera, la propagación de especies se vió determinada por la cantidad de semillas disponibles y aspectos ligados a su dormancia, germinación y establecimiento.

Folio004530

b) Recolectar material vegetal de la flora del Sitio Prioritario y su entorno, con énfasis en la flora seleccionada en el punto anterior

Para las campañas de colecta se siguió la estrategia usada en el proyecto realizado por INIA (2014), en el cual a partir de campañas de terreno, se localizaron poblaciones de especies objetivo. En estas visitas, se estimó la fecha de producción de semillas, entre otras características. A esto, también se agregó un monitoreo de prospección a partir de las visitas en terreno para el diagnóstico de la flora. El muestreo de la estructura de las comunidades en sitios donde se encuentren especies priorizadas fué importante para la estimación de la fecha de dispersión de semillas.
A los métodos de colecta mencionados en el estudio INIA (2014), se sumó un protocolo para evitar la sobrecolecta de especies. Debido a que un gran problema para la conservación de la flora es la extracción selectiva de material vegetal, se siguió como protocolo no colectar más de un 20% de las semillas producidas por la población, lo cual corresponde al umbral de cosecha que permite una normal regeneración de la especie (Menges et al., 2004). De igual manera, la propagación vegetativa se limitó estrictamente a aquellas especies de las cuales no sea posible la colecta de sus semillas.

c) Almacenar material proveniente de las muestras vegetales recolectadas para su conservación a largo plazo y para los ensayos de propagación

La metodología usada por el estudio de INIA (2014) se usó de la misma manera, ya que el estudio se refiere al mismo protocolo usado por el Banco Base de Semillas. Sin embargo, se mejoraron los detalles que han sido actualizados por el BBS, tales como el cambio de uso de silica gel a una cámara de secado especialmente diseñada para bajar la humedad de las semillas, o la separación de las accesiones en colecciones de conservación y activas. Respecto a esto, las colecciones de semillas destinadas a conservación se dejaron exclusivamente para el resguardo a largo plazo, mientras que la parte activa de las accesiones será destinada para otros propósitos, tales como monitorear la viabilidad de las semillas a través de los años, o su uso para la propagación de las especies.

d) Desarrollar ensayos de propagación de las especies de flora seleccionada, elaborando protocolos para el muestreo de ejemplares, la propagación y reintroducción por especie

La metodología de este punto fué similar al del estudio de INIA (2014).

e) Priorizar las especies e identificar las áreas de intervención donde se desarrollarán los ensayos de reintroducción

La priorización de especies usada se explicó anteriormente. La selección del sitio para reintroducir fue hecha a partir de los criterios de accesibilidad indicados en el proyecto anterior. También se consideraron los sitios

Folio004531

prioritarios determinados por este trabajo. Por último, para las especies usadas para reintroducción se realizó una modelación de nicho mediante el algoritmo de máxima entropía para determinar en qué lugares se optimizaría su establecimiento debido a las condiciones climáticas del sitio.

f) Realizar ensayos de reintroducción de las especies seleccionadas de la flora amenazada y el monitoreo del establecimiento de los ejemplares introducidos, por el periodo de duración del proyecto. Elaborar protocolos de mantención de las especies reintroducidas.

El estudio INIA (2014) proporcionó, en particular, un cuerpo relevante de información y también de las dificultades para avanzar en una acción de reintroducción de tres de sus especies perennes. Al respecto, dichas acciones realizadas en este estudio en quebrada Los Yales (Paposo), profundizó en la importancia de la disponibilidad de agua en el suelo y en el efecto de la herbivoría como factores relevantes en el establecimiento de plantas juveniles de 20-30 cm de altura de *Dalea azurea*, *Senna brongniartii* y *Dicliptera paposana*. Para esto se midió su supervivencia, su desempeño fisiológico y reproductivo y se caracterizó su estado fitosanitario. Las plantaciones de estas especies, realizadas en dos momentos temporales (noviembre 2014 y marzo 2015, respectivamente) y en dos puntos geográficos de la quebrada (denominados “sitio A” y “sitio B”, respectivamente), reintrodujeron en total 1.000 plantas (400 individuos de *S. brongniartii* y *D. paposana* y 200 para *D. azurea*). La evaluación después de ocho meses de su plantación, detectó una supervivencia sobre 60% y un mayor desempeño fisiológico en *S. brongniartii* y *D. paposana* en 2014 bajo condiciones de riego y con un escaso efecto de la herbivoría. Sin embargo, SR (2018) aportó más información al mostrar que sólo el 0,75% de las plantas reintroducidas de dos especies (*S. brongniartii* y *D. paposana*) se mantenían activas en el “sitio A” y un 9% en el “sitio B”, que incluía además de estas especies, a *D. azurea*. Un aspecto relevante en esta evaluación fue la capacidad de *D. paposana* para reclutar en el “sitio B” contabilizando unas 152 plantas nuevas. Tal condición, en el mismo sitio, no fue detectada en las otras dos especies y fue nulo con las tres especies en el “sitio A”. los autores concluyeron que estos resultados fueron influenciados por la baja disponibilidad de agua en la temporada 2018.

g) Diseñar de un vivero para la mantención de plantas obtenidas de los ensayos de propagación

Respecto al diseño del vivero, se entregan mayores detalles en la sección de metodología (II.2.5.f).

h) Fomentar la cooperación técnica entre las instituciones que realizan actividades de conservación *ex situ*, propagación y reintroducción, con el propósito de fortalecer redes y promover la investigación en conservación de ambientes áridos.

Para el proyecto realizado por INIA (2014), se realizó un sitio web para difundir las iniciativas del proyecto. En el caso de este proyecto, se realizará la difusión del proyecto por internet, aunque será principalmente por aplicaciones de redes sociales. De igual manera, se realizarán videos divulgativos con imágenes de las salidas a terreno, trabajo en

Folio004532

laboratorio, reuniones de trabajo, talleres y entrevistas. También se realizarán boletines informativos mostrando los avances del proyecto, se diseñarán letreros educativos con información del proyecto con información relacionada al sitio en que se instalen, se realizarán insertos en medios locales escritos, se entregará un banco fotográfico de las especies del área de estudio para su difusión y se realizarán talleres de difusión de resultados.
También, en caso de tener información relevante adicional, se estudiará la posibilidad de generar fichas de especies en categoría de conservación para el MMA usando la metodología IUCN, se realizarán publicaciones científicas y de difusión. De manera adicional, se difundirá el proyecto a partir de charlas realizadas en el mismo Banco Base de Semillas en el contexto de las visitas realizadas al lugar.

I.9 Germinación y propagación

I.9.1 Publicaciones

Cabe señalar que, a pesar de que, la información sobre propagación no es muy abundantes, se lograron recopilar publicaciones tanto de fuentes divulgativas, científicas, tesis de grado y trabajos en congresos que incluían experiencias de propagación o germinación con especies de las consideradas en el área de estudio. Destacan las publicaciones sobre grupos de especies que abordan entre otras preguntas, temas de germinación. Se encontraron publicaciones sobre cactáceas que incluyen a especies de los géneros *Eriosyce*, *Eulychnia*, *Copiapoa* y otros, con información relevante que ha estudiado la germinación y su relación con la luz y/o la temperatura y la necesidad de protección temprana (Cares et al., 2013; Flores et al., 2011; Guerrero et al., 2011, 2016; Sandoval et al., 2010, 2012; Seal et al., 2017). Información sobre Bromeliáceas que describen sus requerimientos de germinación, desarrollo de plántulas y cultivo de plantas (Cabello & Suazo, 2007; Cabello et al., 2007; Montes-Recinas et al., 2012; Sandoval et al. 2009; Hernandez et al. 2017). Estos dos grupos son bastante fáciles de propagar, sin embargo, también se encontró información aún más interesante para géneros tan difíciles de propagar como es *Nolana* o *Heliotropium* (Cabrera et al., 2015; Douglas & Freyre, 2006; Hepp, 2019; Hepp et al., en prensa; Pardo, 2018).

Otras publicaciones encontradas pero que incluyen especies de los géneros presentes en el área que incluyen a géneros tales como *Cistanthe*, *Leucocoryne*, *Alstroemeria*, *Calceolaria*, *Schizanthus*, *Heliotropium*, entre otros (Jara et al., 2006; Jensen, 2012; Lu & Bridgen, 1996; Murúa et al., 2014, 2020; Pardo, 2018).

I.9.2 Bases de datos internacionales

El Banco de Semillas para el Milenio, en Reino Unido, cuenta con una vasta colección de semillas de la flora chilena en conservación. Su base de datos arrojó información para 5.569 registros de ensayos de germinación de especies de la flora chilena, de ellos 543 corresponden a ensayos en flora de la región de Antofagasta. Si bien sólo cerca de un 30% de los ensayos publicados presenta resultados sobre el 75 % de germinación, es una valiosa información sobre los métodos utilizados para poder ser evaluados en las semillas del proyecto.

Folio004533

I.9.3 Bases de datos del Banco Base de Semillas (BBS) – INIA Intihuasi

El equipo del Banco Base de Semillas ha estado trabajando en germinación y propagación de la flora chilena desde 2005. Esta experiencia incluye especies propias del área de Paposo, y del desierto costero de Antofagasta. Se han realizado ensayos de germinación y propagación por semillas de algunas especies entre las que se encuentran *Dalea azurea*, *Dicliptera paposana*, *Senna brongniartii*, *Berberis litoralis*, *Croton chilensis*, *Tigridia philipiana*, *Deuterocohnia crhysantha*, *Puya boliviensis*, *Alstroemeria violacea*, *A. graminea*, *Salvia tubiflora*, *Calceolaria paposana* y *C. rinconada*, entre otras especies. También algunas especies pertenecientes a los géneros *Rhodophiala*, *Heliotropium*, *Nolana*, además de cactáceas de los géneros *Copiapoa* y *Eriosyce*, como *C. cinerea*, *C. haseltoniana*, *E. taltalensis*, entre otras.

También se ha evaluado exitosamente la propagación por vía vegetativa en especies como *Dalea azurea*, *Dicliptera paposana*, *Croton chilensis*, *Berberis litoralis* y *Griselinia carlomunozi*. También se han mantenido en jardines de conservación ejemplares rescatados de terreno de *Copiapoa cinerea*, *Tillandsia tragophoba* y Deu*terocohnia chrysantha*.

Aún algunas plantas de las mencionadas se siguen manteniendo en los jardines del Banco Base de Semillas.

I.10 Acciones de reintroducción

El estudio de INIA (2014) y SR (2018) plantearon como eje relevante en el establecimiento de las tres especies la importancia de una adecuada disponibilidad de agua en el suelo para éstas. La relevancia de este factor en desiertos es alta (Noy-Meir, 1973) y su control en actividades de reintroducción de especies nativas perennes en zonas áridas y semiáridas influencia notablemente el resultado final en el establecimiento de plantas. Para la Región de Antofagasta esto es relevante debido a que los niveles de precipitaciones son bajos (Dirección General de Aguas, 2018) y la importancia de la condensación de neblina crece notablemente como una fuente de agua principal de la que disponen numerosas especies adultas que crecen en sectores costeros (Kummerow, 1966). También Olivares (2003) demostró el uso de la neblina para la mantención y sobrevivencia de las especies al investigar la relación de isótopos estables y la arquitectura radicular de especies perennes adultas que crecen en Paposo, pero al tener ésta una dinámica variable que implica una alta presencia en una estación y un bajo nivel en otra determina que su uso debe estar complementado con otras técnicas de riego que aseguren una disponibilidad continúa para asegurar el éxito en el establecimiento tal cual describió SR (2018). Este aspecto ha sido evidenciado en otras experiencias de reintroducción de plantas perennes en regiones vecinas, por ejemplo, en la Región de Tarapacá, (León et al., 2011) describió en un ensayo de reintroducción de plantas juveniles de 30 cm de altura de la especie endémica *Prosopis tamarugo* en hoyaduras presentes en la Pampa del Tamarugal que la supervivencia de las plantas resultaba en un nivel de 55% después de 15 meses de haber realizado la plantación. Esto ocurrió después que las plantas experimentales habían recibido un riego moderado de 0,5 L cada 15 días en un período de 150 días. Este positivo

Folio004534

resultado se logró realizando una variación al trabajo análogo con *P. tamarugo* de Carvallo (1970) que significó aumentar la cantidad de agua asignada a las plantas y proveer este recurso a la zona de crecimiento de las raíces. En la Región de Coquimbo, a diferencia de la neblina, la investigación con isótopos estables indica que las precipitaciones constituyen la fuente de agua para las plántulas e individuos adultos (Squeo et al., 2000; Torres et al., 2002) y su alta disponibilidad temporal en el suelo, tal cual como sucede en eventos ENOS (El Niño Oscilación del Sur), son relevante para la regeneración de especies nativas leñosas. Esto ha sido corroborado en experimentos in situ con manipulación de riegos artificiales. Squeo et al. (2007) determinaron umbrales de 450 mm de agua para lograr un 10% de establecimiento en plantas juveniles de *Prosopis chilensis* después de casi un año de su reintroducción, mientras que León et al. (2011) encontraron que 206 mm producían una supervivencia de 2% en plántulas de seis especies nativas leñosas. Por otra parte, bajo condiciones de precipitaciones naturales, un experimento con semillas de *Balsamocarpon brevifolium* promovió su germinación, pero sólo un 1,6% de las semillas que llegaron a plántulas lograron establecerse después de un año de iniciar este experimento (León et al., 2017). Estos experimentos a nivel de estados iniciales de plantas perennes confirman que el agua debe garantizarse en todo el proceso de reintroducción de especies en los diferentes sectores costeros de la Región de Antofagasta del presente estudio.

El estudio de INIA (2014) planteó también como eje relevante en la reintroducción de las tres especies excluir la presencia de herbívoros. Sin embargo, entre los tratamientos con adición de agua con y sin herbivoría no presentaron diferencias en el nivel de supervivencia de las plantas evidenciando que la presión de herbivoría no constituía un factor negativo en el desempeño fisiológico de *S. brongniartii* y *D. paposana*. Posteriormente, El monitoreo de SR (2018) continuó describiendo el daño por herbivoría causados por agentes invertebrados y vertebrados confirmando que este factor no influenció los resultados de supervivencia de plantas de las tres especies incluida *D. azurea*, después de más de tres temporadas de haber realizado la reintroducción. No obstante, UNARTE (2007) encontraron que la presencia de ganado caprino (*Capra hircus*) ejercen una presión de herbivoría sobre la vegetación de las quebradas Rincón y Matancilla (Paposo). La influencia negativa del mismo factor también se ha evidenciado en otras experiencias de reintroducción de plantas perennes en regiones vecinas, por ejemplo, en la Región de Coquimbo, donde la presencia de mamíferos nativos coexiste con lagomorfos por ejemplo, *Oryctolagus cuniculus* (conejo silvestre), *Lepus europaeus* (liebre europea) y *C. hircus*. Mientras que (Jorquera-Jaramillo, 2001, 2008) analizó la influencia negativa de *C. hircus* para la estabilidad de la biodiversidad de esta región, también (J. R. Gutiérrez et al., 2007) encontraron que, en ausencia de lagomorfos, la sobrevivencia de plantas juveniles de *Prosopis chilensis* incrementaba en un 25% en comparación cuando estaban presentes y Fuentes et al. (1983) demostraron experimentalmente que la herbivoría de conejo silvestre, incluso comparado con el roedor nativo *Octodon degu*, producía un mayor daño en plántulas de *Quillaja saponaria* y *Schinus molle*. En el presente estudio, la protección de herbívoros mayores (Cabras) y menores (lagomorfos, roedores nativos) será de todos modos enfatizado a través del uso de cerco perimetral y malla Raschel, respectivamente.

Folio004535

I.11 Conclusiones

Así como una gran cantidad de factores permiten la aridificación del desierto de Atacama, condiciones locales permiten la presencia de ecosistemas llamados “lomas” u “oasis de niebla”. En la Región de Antofagasta, debido a afinidades florísticas y fisionomía vegetacional, se pueden encontrar dos formaciones denominadas “Desierto costero de Tocopilla” y “Desierto costero de Taltal”. La investigación de la flora en el lugar de estudio se remonta a 1725, con las primeras exploraciones científicas en el puerto de Cobija, con el consecuente estudio de las especies de esa zona. En 1860, el estudio se abre a la rica flora de los alrededores de Paposo, con el trabajo seminal de R. A. Philippi publicado ese año, seguido por la actualización de ese trabajo por I. M. Johnston en 1929. En los años siguientes, varios trabajos científicos han intentado mejorar el conocimiento florístico de la zona, mientras que otros resaltan de manera comparativa la rica biodiversidad de la costa, específicamente a los alrededores de Paposo. Por otra parte, se han realizado distintos informes de investigación en la zona con el fin de mejorar la toma de decisiones respecto a políticas enfocadas en la conservación. Estos se inician con la estrategia regional para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad de la Región, en el cual se determinan áreas de interés ecológico, los que han terminado en el establecimiento de zonas protegidas por el estado y de interés para estos fines. Paralelamente, los organismos públicos han determinado especies de plantas con problemas de conservación, inicialmente con algunas menciones en el Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile en 1989, lo que permitió el posterior desarrollo del Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) del Ministerio de Medio Ambiente. Respecto a esto, también es importante mencionar la publicación del plan RECOGE, el cual busca gestionar la conservación del gran numero de especies amenazadas presentes en la costa del norte de Chile. Además de esto, multiples botánicos han propuesto categorías de conservación a especies aún no presentes en el RCE, lo que resalta la necesidad de continuar con este proceso de clasificación. En estos trabajos también se han determinado como áreas prioritarias para conservación diversas zonas presentes en la costa de la Región de Antofagasta, a las cuales diversos trabajos científicos han determinado algunas más que resaltan la importancia. En este informe se presentan 13 zonas señaladas de gran importancia. También se identificaron las amenazas más importantes para la flora nativa, las que provienen a partir de una clasificación realizada por el Ministerio del Medio Ambiente e incluidas en el plan RECOGE. Por último, a modo de revisión bibliográfica, en este informe se revisa y discute el trabajo realizado por INIA (2014) en la reintroducción de plantas en la zona de Paposo, así como otras experiencias de propagación y reintroducción.

Folio004536

II OBJETIVO 2: "Realizar un catastro e inventario de las especies más amenazadas de flora costera de la Región de Antofagasta."

Para la realización de este catastro, se buscó obtener un listado de las 100 especies más amenazadas a partir de criterios relevantes. La metodología estándar para realizar una correcta evaluación del grado de amenaza de especies corresponde a la de clasificación de especies de la IUCN (2001), en la cual se mide la disminución de poblaciones y distribución geográfica, considerando amenazas y distintas escalas de las poblaciones. Debido a que esta metodología requiere mucha información y datos, es muy difícil para un análisis regional florístico de naturaleza preliminar recopilar y analizar estos antecedentes para todas las especies. Por lo tanto, se buscó una metodología que usa información basada en antecedentes sobre evaluaciones previas usando la metodología IUCN, complementadas con información de distribución de cada especie de la zona de estudio. Debido a que esto podría omitir otros aspectos relevantes que determinen el grado de amenaza de las especies, se considera necesario comentar este listado con personas relevantes en cuanto a la conservación de la biodiversidad a nivel local, para poder mejorar y validar el listado.

II.1 Listado de especies

Como se mencionó previamente, se buscó una metodología que pudiera revisar de manera sistemática a las especies indicadas para la zona de estudio. Para esto se consideraron, en primer lugar, las especies que hayan sido clasificadas en alguna categoría de amenaza (Vulnerable, En Peligro, Peligro Crítico) según el RCE y siguiendo la metodología de la *International Union for Conservation of Nature* (IUCN). Luego, se consideraron aquellas especies con distribución restringida. Para esto último, se consideraron varios criterios de clasificación para el endemismo de las especies, desde uno más reducido a uno más amplio. A partir de esto, se les asignó mayor prioridad a las especies con endemismo a criterios geográficos más acotados. Por último, también se consideraron especies de distribución disyunta (especie que tiene dos o más poblaciones ampliamente separadas geográficamente una de otra), debido al valor de conservación que tienen las poblaciones presentes en el área de estudio.

A partir de este analisis, se obtuvo un listado que incluye las especies más amenazadas usando una serie de categorías jerarquizadas desde la más importante, correspondientes a las especies que cuenten con categoría de amenaza según los procesos clasificatorios del Reglamento de Clasificación de Especies (RCE del MMA), a las de menor importancia (especies con distribución disyunta), pasando por especies con distribución restringida a unidades geográficas (de más pequeña a más amplia). A pesar de que las especies consideradas en estos criterios superaron las 100, de igual manera se incluyeron todas las que se entraron en alguna clasificación como información complementaria que podría ser útil.

Folio004537

II.1.1 Metodología

Para la realización del catastro, se buscó seleccionar de manera cualitativa al menos 100 especies que pudieran verse más amenazadas para evaluarlas de manera más detallada posteriormente. Para esto, se consideró clasificar de acuerdo con parámetros aplicados a nivel de especie, incluyendo taxones intraespecíficos, esto último con intención de evitar confusiones taxonómicas entre permanentes cambios entre el nivel de especie o subespecie (*e.g.* *Copiapoa cinerea* var. *krainziana* o *Dioscorea biloba* subsp. *biloba*). En esta selección, se buscaron criterios ordinales que propongan alguna prioridad de una categoría por sobre otra. Para esto, se buscaron criterios para encontrar aquellas especies, las cuales se dividieron a modo general en categorías de amenaza y distribución restringida.

a) Especies amenazadas

Para determinar aquellas especies amenazadas, se recopilaron antecedentes a partir de la categorización de especies según la clasificación del Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) del Ministerio del Medio Ambiente (MMA). En estos, se utiliza la metodología de clasificación de la Lista Roja de la *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) para determinar el estado de conservación de una especie a partir, básicamente, de su distribución y tendencia de las poblaciones. En esta clasificación, aquellas especies que se encuentran con categorías de “Vulnerable” (VU), “En Peligro” (EN) y “Peligro Crítico” (CR), son consideradas como amenazadas. Las especies que se encuentran en la costa de la Región de Antofagasta que poseen algún tipo de categoría de amenaza, también son incluidas en el plan RECOGE (D.S. N°44/2018 MMA). Este corresponde a una estrategia para conservar y mejorar la categoría de conservación de las especies incluidas en la clasificación del RCE. En este plan, convenientemente para el catastro, un grupo de expertos priorizan un grupo limitado de especies correspondientes a las que necesitan mayores esfuerzos para mejorar su estado de conservación. Estas especies en particular serán las de mayor importancia para el catastro.

a) Distribución restringida

Para complementar el listado de especies amenazadas, se estudió la distribución de las especies en la zona de estudio, para lo cual se seleccionó unidades de distribución que fueran aumentando progresivamente. Para esto, se definieron 4 niveles de endemismo para las especies con menor distribución en la zona. Estos niveles corresponden a:

- Endemismo local

En esta categoría se consideran las especies de las cuales solo se conoce una población restringida a una localidad especifica.

Folio004538

- Endemismo a segmentos tectónicos

La cordillera de la costa en el norte de Chile se levantó por una actividad controlada principalmente por la Falla de Atacama. Sin embargo, existen numerosas fallas asociadas, que dividen esta cordillera en numerosos segmentos (Allmendinger & González, 2010; Riquelme et al., 2003). En la Región de Antofagasta se encuentran tres de estos segmentos, los cuales corresponden al Segmento del Salar El Carmen (de la desembocadura del Río Loa al sur de Antofagasta), el Segmento de Paposo (del sur de Antofagasta a Taltal) y el Segmento El Salado (de Taltal al norte de Caldera en la Región de Atacama). Para el estudio de la distribución de la flora en la cordillera de la costa de la Región de Antofagasta, se consideraron las especies endémicas a alguno de estos tres segmentos.

- Endemismo a formaciones vegetacionales

Siguiendo la clasificación de Gajardo (1994), la franja costera del norte de Chile está constituida por la Región del Desierto Costero, la cual en la Región de Antofagasta se divide en dos formaciones. Estas formaciones corresponden al Desierto Costero de Tocopilla y el Desierto Costero de Taltal. El primero se extiende desde el Río Loa hasta el sur de Antofagasta, mientras que la segunda formación va desde donde termina la primera hasta Caldera. Debido a que estas unidades tienen una mayor superficie, las especies endémicas a estas formaciones se consideran de mayor distribución que en el criterio anterior.

- Endémicas regionales

Se consideran endémicas regionales, no solo las especies restringidas a la Región de Antofagasta, sino que además a aquellas especies restringidas a la zona costera de la región.

- Distribuciones disyuntas

Diversas especies presentan amplias distribuciones que incluyen a la costa de la Región de Antofagasta, pero las poblaciones de esta zona se encuentran aisladas del resto de las poblaciones. Debido a ésto, a pesar de tratarse de las mismas especies, se espera que presenten una composición genética diferente a las otras, producto de su aislamiento. Con el fin de conservar esta potencial diversidad genética, se propone la conservación de estas poblaciones. Para detectar estos casos, se seleccionaron las especies de amplia distribución que se encuentran en la costa de la Región de Antofagasta, pero se encuentran ausente en las regiones administrativas de Tarapacá, Atacama y la zona interior de la Región de Antofagasta, con la excepción de las provincias biogeográficas de la Puna y la Prepuna de Morrone (2015).

Folio004539

II.1.2 Resultados

Finalmente, 214 taxones se incluyeron en alguna de las 7 categorías mencionadas del catastro. Sin embargo, solo alcanzaron a dividirse en 4 criterios los 100 taxones con rango jerárquico más importante. En la Cuadro 136 del Anexo II se incluye el listado de taxones incluidas en cada categoría. En la Cuadro 17 se muestra el número de taxones incluidos en cada categoría.

Cuadro 17. Categorías de importancia para las especies del catastro.

Priorización Catastro	**Número de taxones**	**Numero de taxones acumulados**
1.- Priorizada en plan RECOGE	17	17
2.- Incluida en plan RECOGE	39	55
3.- Endémica local	22	78
4.- Endémica de segmentos tectónicos	38	116
5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	16	132
6.- Endémica regional	19	151
7.- Distribución disyunta*	63	214

Fuente: Elaboración propia. * = No considerada para la posterior priorización de especies (objetivo 3).

II.2 Taller de validación

Para poder someter a validación el catastro, se realizó un taller con actores relevantes (investigadores, académicos, representantes de entidades públicas y ONG) a nivel local. En este taller, se mostró a los asistentes la metodología utilizada para la realización del listado de especies, y luego se presentó el listado final de especies más amenazadas. Ésto con el objetivo de que los asistentes del taller pudieran validar la metodología o proponer otras especies o parámetros relevantes no incluidos.
La metodología y resultados obtenidos en el taller se explican a continuación.

II.2.1 Metodología

a) Metodología

Para la validación de los resultados obtenidos a través de la metodología anteriormente descrita (III.2.2), se realizó una reunión tipo taller (6 de noviembre de 2020) para discutir y analizar con actores claves la metodología y resultados con el fin de determinar las especies a incluir en el catastro florístico. Este taller se realizó de manera remota utilizando la plataforma Teams con asistentes correspondientes a miembros de organizaciones y servicios públicos incluidos en las bases de este estudio, los cuales tienen como misión proteger, conservar y defender el patrimonio natural.
Teniendo esto presente, el taller estuvo compuesto de las etapas a continuación.

Folio004540

a) Presentaciones

En la instancia se realizaron dos presentaciones, una primera sobre el contexto del estudio en donde se dio a conocer el presupuesto, tiempo de duración, objetivos, hitos y etapas. La segunda presentación fue acerca de la importancia de la realización del catastro, la metodología de prospección aplicada en terreno y la metodología de priorización de las 100 especies de las cuales se conservará germoplasma a largo plazo en el BBS. El contenido técnico de esta última presentación fue explicado en la instancia y a través de una minuta técnica enviada a los participantes en forma previa a la reunión.

b) Retroalimentación de los asistentes

Luego de las presentaciones, se aplicó un formulario tipo encuesta a los asistentes del taller que tuvo como objetivo recoger información respecto a la percepción y grado de acuerdo, respecto al criterio de selección y listado de especies a catastrar (Cuadro 18). Los resultados de esta encuesta fueron analizados y presentados en la misma instancia. En este caso, 20 de las 31 personas asistentes contestaron el formulario, es decir, el 60% del total convocado. A aquellos participantes que no respondieron el cuestionario se les dio la opción de responder en forma voluntaria con más tiempo, en forma posterior a la reunión, a quienes se les envió el formulario vía correo electrónico, sin embargo, no se obtuvo respuesta.

Cuadro 18. Listado de preguntas realizadas en el taller del catastro de especies más amenazadas.

Número	Pregunta
1	Indique su nombre
2	Indique su correo electrónico
3	Indique su género
4	Indique su ciudad y país de procedencia
5	¿Dónde se desempeña actualmente?
6	Respecto a su apreciación; ¿Qué porcentaje de la flora amenazada del litoral de la Región de Antofagasta es incluida a partir de la clasificación expuesta en este catastro?
7	¿Está usted de acuerdo con los criterios de jerarquización propuestos para el catastro florístico?
8	Si su respuesta anterior fue "Muy en desacuerdo" o "Desacuerdo", por favor especificar por qué
9	¿Propone algún otro criterio especifico para detectar de manera preliminar especies amenazadas?
10	¿Está de acuerdo con el listado de especies propuesto en el catastro florístico?
11	Si su respuesta anterior fue "Muy en desacuerdo" o "Desacuerdo", por favor especificar por qué
12	Si considera que falta alguna especie, no considerada en el catastro, por favor indicar cuál y por qué
13	Respecto a "cactáceas" ¿Conoce algún sitio en particular donde sea evidente la degradación de poblaciones de alguna especie en particular? Por favor, comente que especie y explique brevemente por qué.

Folio004541

Número	Pregunta
14	Respecto a otras especies ("no cactáceas") ¿Conoce algún sitio en particular donde sea evidente la degradación de poblaciones de alguna especie en particular? Por favor, comente que especie y explique brevemente por qué.
15	Por favor si tiene cualquier otra observación que permita mejorar el catastro propuesto, indicar

Fuente: Elaboración propia.

II.2.2 Resultados

Una vez realizada la presentación y aclaradas las dudas de los asistentes, la metodología y los resultados del catastro de las especies más amenazadas fueron validadas por los participantes. Como ya se mencionó, la validación fue mediante un cuestionario realizado a los asistentes, el cual fue respondido por un 60% del total convocado.
De las organizaciones convocadas (Cuadro 19), la mayoría de los asistentes corresponden a instituciones publicas (55%), y en menor medida a universidades e instituciones de investigación (ambas 20%). Los únicos que no asistieron fueron la Superintendencia del Medio Ambiente, Concejo Regional, Municipalidades de Tocopilla y Mejillones y la organización Caminantes del Desierto. Es decir, de las 18 organizaciones, solo 5 estuvieron ausentes, obteniendo un 72% de asistencia en cuanto a organizaciones. Respecto al número de personas, se obtuvo el 100% de lo contemplado, ya que en promedio asistieron 2 personas por organización, sumando un total de 31 asistentes. El listado de los asistentes junto con sus datos, se encuentran en acta del taller (Cuadro 137 del Anexo II).

Cuadro 19. Porcentaje de asistentes por tipo de institución.

Tipo de institución	Porcentaje
Universidades	20%
Servicio público	55%
Institutos de investigación	20%
ONG	5%

Fuente: Elaboración propia.

De manera general, en el taller fue validado el criterio de jerarquización y el listado de especies a catastrar propuesto. En cuanto a los resultados de las preguntas categorizadas obtenidas en las encuestas (Figura 15), la mayoría de los asistentes (80%) opina que las especies amenazadas incluidas en el catastro son suficientes. Además, todos validan los criterios de jerarquización propuestos, estando de acuerdo (60%) o muy de acuerdo (40%) con ellos. En este mismo sentido, los asistentes validan el listado de especies propuesto en el catastro, indicando estar de acuerdo (60%) o muy de acuerdo (40%) con éste. Las respuestas a estas preguntas se encuentran en el acta del taller Cuadro 138 del Anexo II.

Folio004542

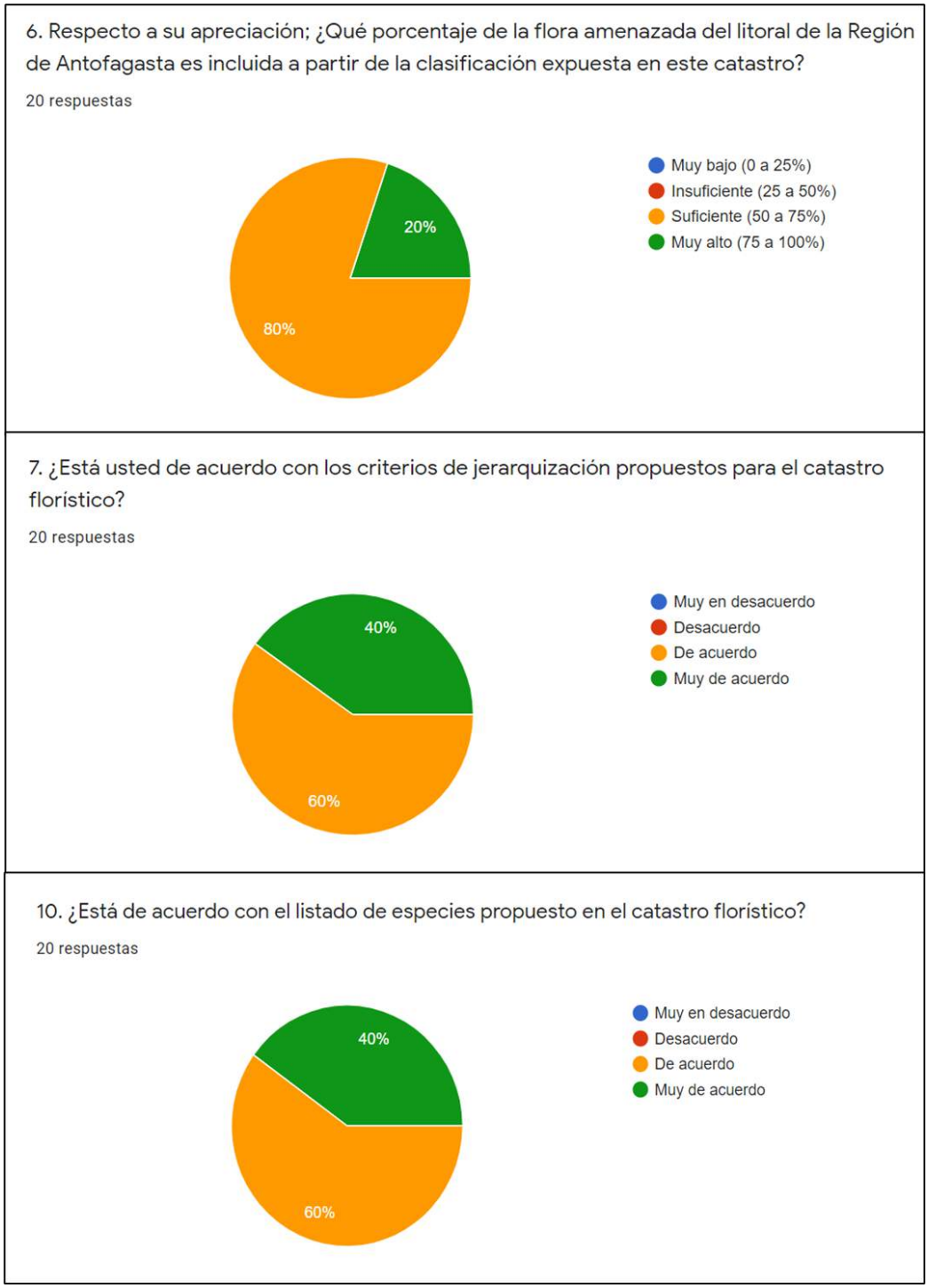


Figura 15. Respuestas de los asistentes relacionadas con los niveles de aprobación de la presentación.

a) Sugerencias

En cuanto a los comentarios dejados por los asistentes, se reciben generalmente recomendaciones de naturaleza complementaria sobre localidades y especies. De manera más general, se hacen observaciones sobre amenazas que

Folio004543

serían de importancia considerar. Estas respuestas se encuentran en el Acta del Taller (Cuadro 139, Cuadro ***140***,Cuadro ***141***,Cuadro ***142***Cuadro 143 del Anexo II).

III OBJETIVO 3: "Definir áreas y especies prioritarias para la aplicación de medidas de conservación."

Para priorizar áreas y especies de la costa de la Región de Antofagasta, se decidió determinarlas a partir de datos cuantitativos que pudiesen establecer un ranking de mayor a menor importancia. En el caso de las áreas prioritarias, se buscó determinar lugares con importancia respecto a su biodiversidad, amenazas, relevancia de conservación y accesibilidad. Sin embargo, estos aspectos determinaron distintos tipos de áreas prioritarias, dependiendo de la finalidad que tengan. Para las especies, se buscó un listado que las ordenara en los mismos criterios usados por Guerrero et al. (2008) para el índice de priorización, los cuales corresponden a distribución y singularidad evolutiva, aunque esta vez modificándolo para especificar aún más los datos de cada taxón.

Teniendo como objetivo estas variables, se realizó un listado de áreas y especies prioritarias. En el primero, se obtuvieron dos listados, indicando Áreas con relevancia para conservación *in situ* (APSI) y Áreas con importancia a partir de Parámetros de Biodiversidad y Amenazas (APBA). Usando este último listado, también se identificaron las áreas con aptitud para reintroducción de especies. Los resultados en detalle de cada caso, incluyendo los parámetros medidos para obtener las APBA, son comentados a continuación. En el segundo caso, se obtuvo un listado de las especies de mayor relevancia a partir de los criterios seleccionados.

III.1 Priorización de áreas

Como ya se mencionó, con la priorización de áreas se pretende obtener un listado de mayor a menor importancia de áreas prioritarias en la costa de la Región de Antofagasta. Sin embargo, se buscan tener dos criterios respecto a distintos objetivos (relevancia para conservación *in situ* e importancia a partir de parámetros de biodiversidad y amenazas).

En primer lugar, se buscó tener un listado de lugares que reúnan la mayor biodiversidad de plantas vasculares a nivel regional, incluyendo en esto la particularidad de la flora, con el objetivo de tener identificados los lugares que, al ser sometidos a planes de conservación *in situ*, puedan conservar la mayor cantidad de especies distintas en la menor superficie posible. Para ésto, se utiliza el algoritmo creado por Rebelo (1994) para selección de áreas con la mayor cantidad de especies y singularidad de estas a nivel regional.

En segundo lugar, se buscó determinar los sitios de mayor importancia a partir de otros factores de alta relevancia, tales como la presencia de especies amenazadas o amenazas a la biodiversidad. Para determinar esto, se creó una fórmula (Ecuación 1) que permitiera utilizar estos factores, determinando áreas relevantes para la conservación. Usando este mismo criterio, se determinan de manera cualitativa aquellos sitios considerados como ideales para la reintroducción de especies.

Folio004544

Folio004545

a) Metodología

Para la priorización de los tres tipos de áreas comentadas previamente, específicamente se realizaron análisis que permite identificar tres tipos de lugares para fines de este proyecto. Estos corresponden a 1) áreas prioritarias para conservación *in situ* seleccionadas por iteración (APSI), 2) áreas prioritarias por biodiversidad y amenazas (APBA) y 3) áreas prioritarias para la restauración. El primero corresponde a sitios clave para fines de conservación *in situ*, en los cuales la menor superficie posible incluye la mayor diversidad de especies, conteniendo así la mayor riqueza y singularidad floristica. El segundo son las áreas definidas por parámetros de biodiversidad, especies amenazadas y amenazas ambientales. El tercer tipo se desprende del segundo, y corresponde a las áreas que presentan accesos para trabajos de reintroducción de plantas.

- Base de datos

A partir de la recopilación bibliográfica, se consideraron los registros de los antecedentes. A pesar de que se mantuvieron registros con coordenadas añadidas posteriormente en bases de datos, se eliminaron aquellos sin coordenadas, o información georreferenciada muy ambigua.

- Escala de estudio

Como se mencionó, el análisis de las áreas prioritarias se realizó a partir de grillas. De acuerdo a Morrone (1994), para estudios biogeográficos es recomendable trabajar con grillas con resolución de 30’ x 30’ arcmin (aproximadamente 55 x 55 km). Sin embargo, por la buena calidad de la información debido a la omisión de datos muy ambiguos y las sugerencias dadas por los actores relevantes en los talleres de trabajo, se aumentará la resolución de las grillas diez veces más a 3’ x 3’ arcmin. Esta resolución se trabajará en sistema de coordenadas UTM, lo cual será aproximado a grillas de 5,5 x 5,5 km. En la Figura 16, se observa la división del mapa en esta resolución, mostrando que en general una quebrada promedio del sitio de estudio se incluye en una o dos grillas. De ser mayor resolución, la división de una localidad en muchas partes podría sesgar los calculos, mientras que en menor resolución no se tendría claro los sitios que poseen los resultados obtenidos.

Folio004546

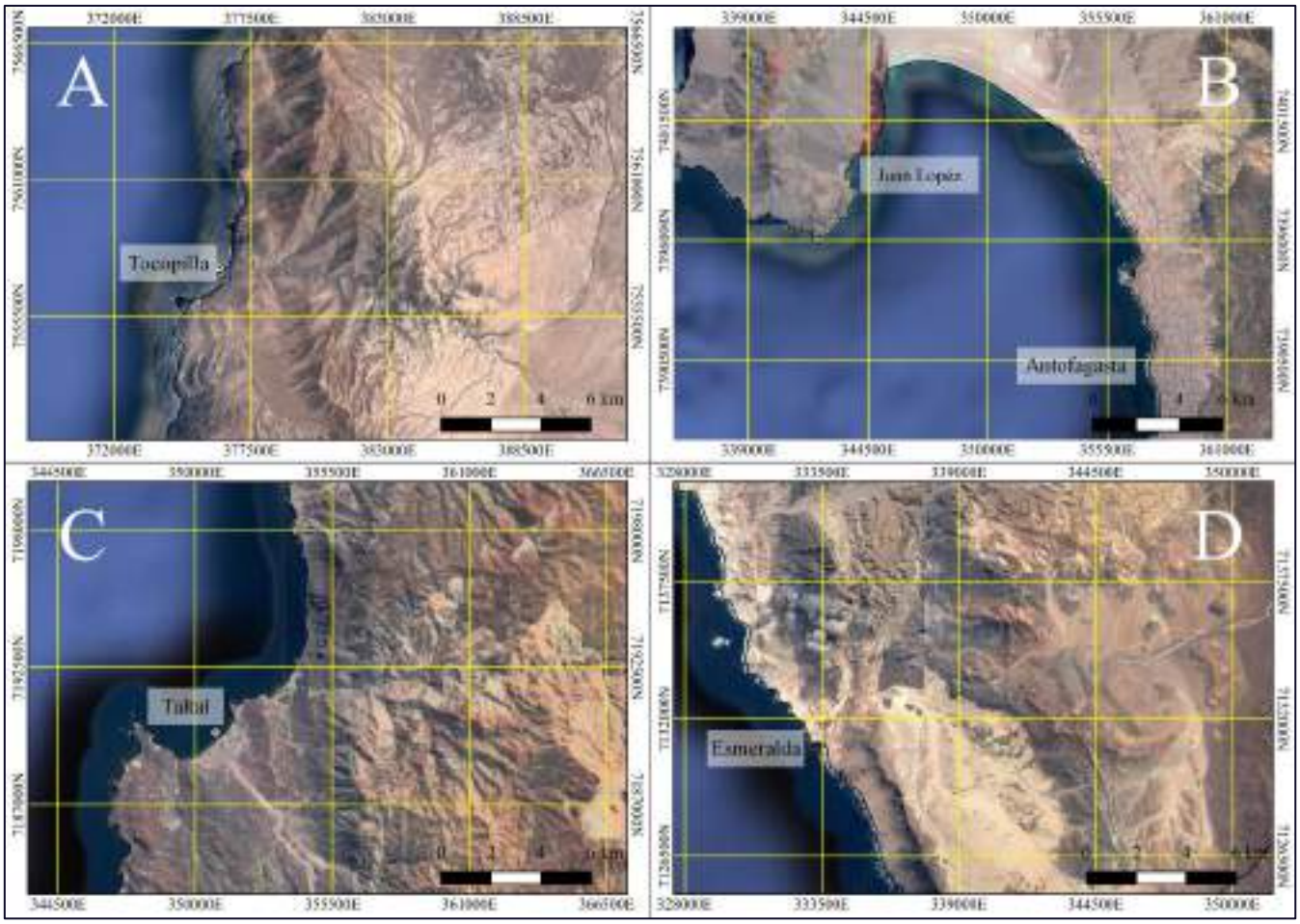


Figura 16. División del área de estudio en las grillas de análisis de 5,5 x 5,5 km. A = Zona de Tocopilla, B = Ciudad de Antofagasta y Península de Moreno, C = Zona de Taltal, D = Esmeralda.

- Áreas prioritarias para conservación *in situ* seleccionadas por iteración (APSI)

El primer método para seleccionar áreas prioritarias se basa en detectar aquellos sitios que representan mejor la flora de la costa de la Región. A partir de ésto, se buscó seleccionar aquellos lugares que bajo una protección eficaz podrían conservar la mayor cantidad de especies usando la menor superficie posible, detectando así áreas con particularidades florísticas.

Para lograr ésto, se usó el algoritmo de selección iterativa propuesto por Rebelo (1994), usando el programa DIVA – GIS 3 Versión 5.2. Este algoritmo selecciona como el sitio más importante la grilla con mayor riqueza de especies (en el caso de un empate, se selecciona una de ellas al azar). La segunda en ser seleccionada no es necesariamente la segunda en número de especies, sino que la que tiene la mayor cantidad de especies que no se encuentren en la grilla seleccionada anteriormente. De esta manera, la serie de grillas seleccionadas son las que representan de mejor manera la flora del área analizada. Por defecto, el programa selecciona las 10 áreas de mayor importancia.

Folio004547

- Áreas prioritarias por biodiversidad y amenazas

Para determinar las APBA, se usaron diferentes criterios a partir de los antecedentes recopilados. Básicamente, los componentes para definir estas áreas son a partir de biodiversidad de especies y de perturbaciones que puedan significar amenazas para la flora vascular. Para esto, no sólo se considera riqueza de especies, sino que también presencia de especies amenazadas e influencia de perturbaciones antrópicas. Específicamente, las variables a medir son las siguientes:

- Riqueza de especies: Entendiéndose como número de especies registradas para cada grilla.

- Riqueza de especies amenazadas: Corresponde al número de especies en cada grilla que estén categorizadas en alguna de las tres categorías de amenaza de acuerdo a la clasificación del RCE, las cuales son “Vulnerable” (VU), “En Peligro” (EN) y “Peligro Crítico” (CR).

- Proyectos sometidos al SEIA: Corresponde a los proyectos incluidos en el portal del SEA (https://sig.sea.gob.cl/mapaLineasBaseEIA/), los cuales se encuentren situados en la zona costera de la Región de Antofagasta. Las coordenadas de cada uno de ellos corresponden a las indicadas para la ubicación del proyecto en el portal del SEA, específicamente en los datos de resumen del proyecto. Se usó esta última y no la ubicación de la línea base, debido a que la ubicación del proyecto es donde se asume que se centra la perturbación.

- Proyectos mineros: Se incluyen los proyectos mineros registrados en el sitio web del Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (SERNAGEOMIN; http://portalgeominbeta.sernageomin.cl/). Se seleccionaron todos los proyectos mineros de la zona costera y el desierto interior adyacente, que estuvieran registrados en el mapa del sitio.

- Especies introducidas: Se incluyó la presencia de especies introducidas como indicador de perturbación para cada sitio. Es decir, se asume que aquellas grillas con mayor riqueza de especies introducidas corresponden a sitios más perturbados. Se usó la información de los antecedentes para obtener la presencia de estas especies. En la Cuadro 20 se incluyen las fuentes de información usadas para obtener los sitios de presencia de las especies introducidas, indicando para cada una el número de estas especies que menciona dicha fuente.

Folio004548

Cuadro 20. Fuentes de información indicando especies introducidas para alguna localidad de la zona de estudio.

Fuente	Número de especies introducidas mencionadas
CREA (2003)	1
Herbario BBS	3
Inf. N° ID DIA-3*	9
Inf. N° ID SA-1*	6
Inf. SEIA N° ID 22*	5
Inf. SEIA N° ID 37*	2
Inf. SEIA N° ID 40*	1
Jaffuel (1936)	5
Johnston (1929)	15
Larraín (2007)	4
Rosas (1989)	1
Rundel et al. (1996)	1
Sacha.org	6
UNARTE (2005)	39
UNARTE (2006)	1
UNARTE (2007)	7

Fuente: Elaboración propia. * = El número ID de estos estudios corresponde al indicado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de este informe.

El análisis espacial se realizó a partir de cuadriculas de las dimensiones señaladas anteriormente (5,5 x 5,5 km). El cálculo para determinar estas áreas se define de la siguiente manera:

$$\textbf{Biodiversidad} + \textbf{Perturbación (Ecuación 1)}$$

Los cuales se obtendrán con la siguiente fórmula:

$$\textbf{Biodiversidad} = (10 \times \log SP) + (VU \times \log 3) + (EN \times \log 6) + (CR \times \log 9)$$

$$\textbf{Perturbación} = (PA \times \log 1,815) + (PM \times \log 1,125) + (IN \times \log 3)$$

Donde:

SP = Riqueza de especies

VU = Número de especies en categoría “Vulnerable”.

Folio004549

EN = Número de especies en categoría "En Peligro".

CR = Número de especies en categoría "Peligro Crítico".

PA = Proyectos ambientales sometidos al SEIA.

PM = Proyectos mineros registrados por en el portal del SERNAGEOMIN.

IN = Número de especies introducidas.

Los coeficientes que acompañan cada variable se determinaron en la medida de ajustar las medias de los distintos parámetros, mientras que la riqueza especifica se convirtió a escala logarítmica para corregir errores debido al sesgo muestral que se presenta en los distintos trabajos de la región estudiada.

Tanto para la riqueza, como para las especies en categoría de amenaza y las especies introducidas, se calcularon a partir de cada valor presente en cada grilla estudiada. Como indicador de perturbación se escogió la cantidad de especies introducidas debido a que esto corresponde a un buen indicador de perturbación humana en los ecosistemas. De igual manera, se consideró la influencia que pueda existir de proyectos sometidos al SEIA a la flora nativa. Para esto, se realizarán archivos de grillas usando el método de "mapas de calor" usando para esto el programa QGIS Versión 3.16, en el cual se pondera el radio e intensidad de influencia de acuerdo con la fuente de perturbación. Como fuente de información, se usarán los datos disponibles en la página web del SEIA (https://sig.sea.gob.cl/mapaLineasBaseEIA/). Por último, también se evaluó la influencia minera a partir de los proyectos mineros obteniendo los datos del portal de SERNAGEOMIN (http://portalgeominbeta.sernageomin.cl/). No se incluye una planilla de cálculo para mostrar la formula para determinar las APBA. Esto se debe a que, para obtener el valor de cada grilla, se usó la herramienta "calculadora raster" del programa QGIS Versión 3.16, para hacer más rápido el proceso. Sin embargo, en los anexos se incluyen las capas raster que permitirían replicar el cálculo.

- Presencia de áreas protegidas y sitios prioritarios

*Se consideraron áreas protegidas aquellas representadas dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) y los sitios prioritarios. En la zona de estudio, se encontraron 4 sitios SNASPE, los cuales corresponden al P.N. Morro Moreno, R.N. La Chimba, M.N. Paposo Norte y el P.N. Pan de Azúcar. La ubicación de éstas se observa en la Figura 17.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.***Figura 17.** L os archivos vectoriales de los sitios pertenecientes al SNASPE se encuentran en el archivo "snaspe.gpkg" del Anexo digital III.2.

En cuanto a los sitios prioritarios, se consideraron aquellos que a pesar de que no tienen carácter de categoría de protección, son relevantes desde el punto de vista de biodiversidad (Figura 18). Estos son determinados a partir de la ERCB, coordinada por CONAMA (2002). Los polígonos de los Sitios Prioritarios se encuentran en el archivo "sitios_prioritarios.gpkg" del Anexo III.2, mientras que los Sitios Prioritarios Costa de Paposo 1 y Costa de Paposo 2 se encuentran en los archivos "sp_paposo1.gpkg" y "sp_paposo2.gpkg" respectivamente del Anexo III.2.

Folio004550

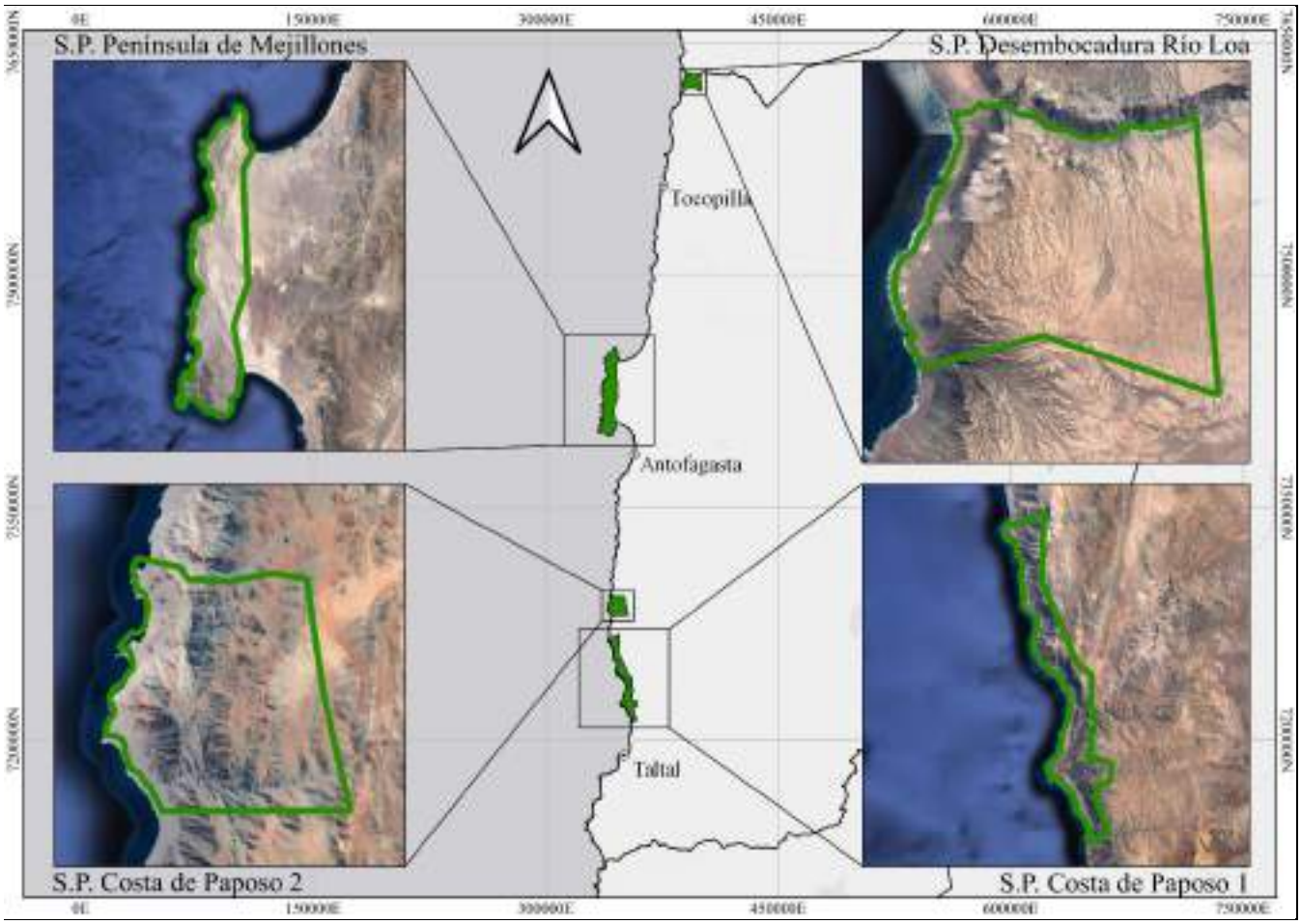


Figura 18. Ubicación de los sitios prioritarios en el área de estudio.

Tanto las áreas protegidas como los sitios prioritarios no participaron en la ecuación, pero su inclusión se hará para la discusión de cada área.

- Áreas para reintroducción de especies

A partir de la metodología explicada anteriormente, se seleccionaron aquellos sitios con buena accesibilidad que permita realizar trabajos de reintroducción de manera sencilla desde el punto de vista logístico (acercamiento a los sitios). El criterio a usar será la accesibilidad vehicular mediante caminos.

b) Resultados

Se evaluó toda la zona de estudio a partir de grillas, donde se determinaron las áreas de mayor importancia desde el punto de vista de los parámetros medidos en el APSI y en el APBA. En el primero, se seleccionaron hasta los 10 sitios de mayor importancia, mientras que en el segundo se muestran las 60 grillas con mayores valores, número determinado arbitrariamente considerando los sitios de mayor relevancia.

Folio004551

- Base de datos

Para el estudio de parámetros de biodiversidad, se consideraron 12.200 registros de presencias, los cuales consisten en 467 especies, más 21 taxones infraespecíficos. Este valor no corresponde al total de la flora vascular de la zona de estudio, ya que la literatura cita especies de las cuales no se cuenta con coordenadas de presencia. Los puntos de presencia se encuentran en el archivo "registros.gpkg", del Anexo III.2.

- Áreas prioritarias para la conservación *in situ* seleccionadas por iteración (APSI)

Luego del análisis para la designación de las APSI, se obtuvieron 10 áreas tentativas para optimizar la representación de la conservación *in situ* de la flora costera de la Región de Antofagasta. Los sitios se muestran en la Figura 19. Por orden de importancia, las APSI corresponden a (1) El Rincón, (2) Taltal, (3) Esmeralda, (4) Tocopilla, (5) La Chimba (oeste), (6) Miguel Díaz, (7) El Panul, (8) Morro Moreno, (9) Paposo y (10) La Chimba (este). Para el caso de La Chimba, sale incluída dos veces debido a que la distribución de las grillas representa más de una vez la superficie de la Reserva Nacional. Sin embargo, es interesante notar que efectivamente existe un recambio florístico que ocurre desde el oeste hacia el este, posiblemente debido a las diferencias ambientales. Además, la grilla del oeste incluye los campos de dunas al norte de la ciudad de Antofagasta. Este efecto debería esperarse en otras localidades de alta riqueza florística (e.g. El Rincón, Paposo), pero probablemente el muestreo en términos espaciales ha sido mucho más completo en sitios como La Chimba.

Folio004552

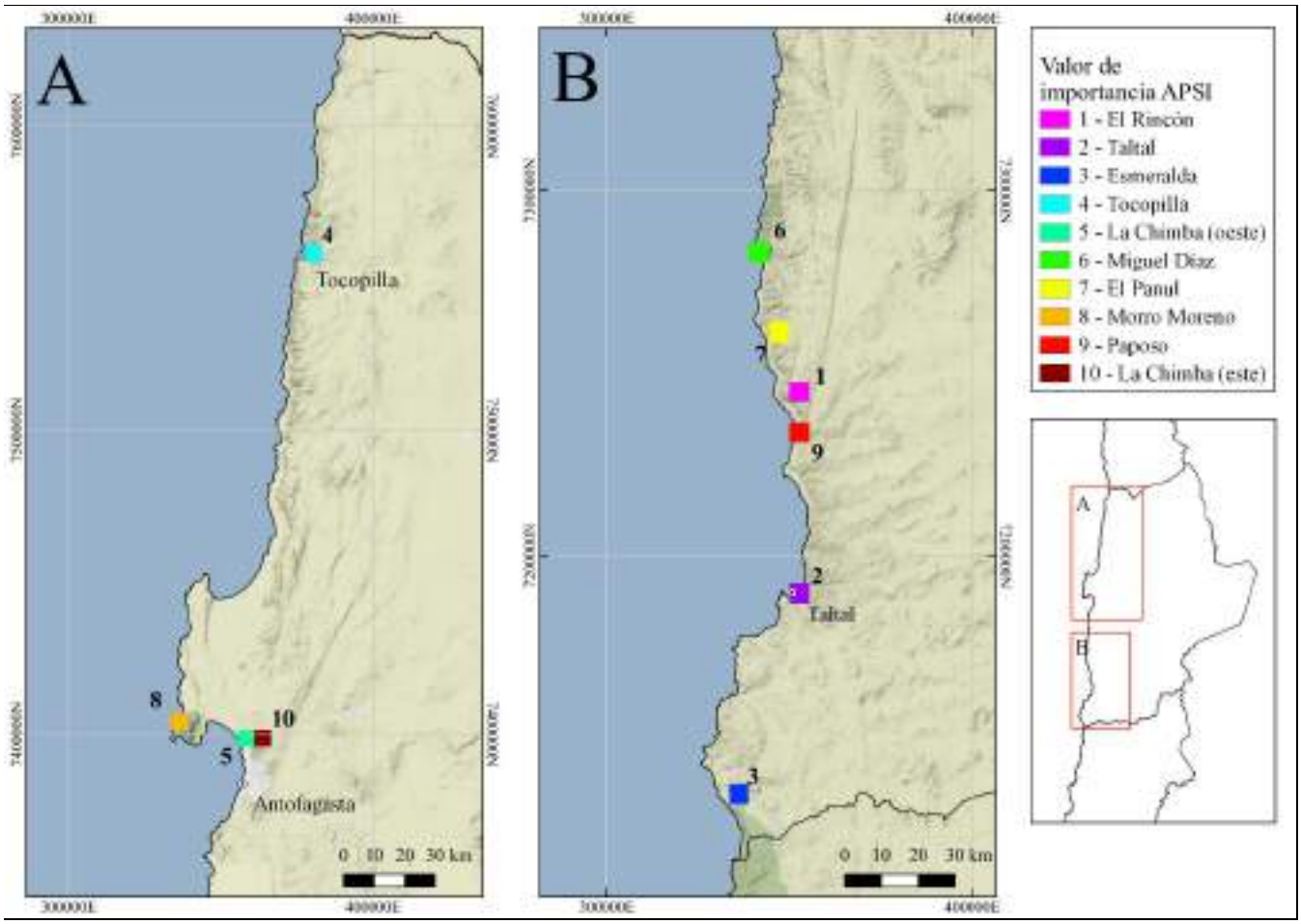


Figura 19. Áreas obtenidas mediante la selección iterativa para optimizar la conservación *in situ*.

El archivo raster de la ubicación de las APSI se encuentra en el archivo "APSI.gpkg" del Anexo III.2.

- Áreas prioritarias por biodiversidad y amenazas (APBA)

Respecto del análisis de las APBA, se usaron parámetros de biodiversidad, tales como la riqueza y especies amenazadas. De igual manera se consideraron parámetros de perturbación antrópica, para los que se usaron los proyectos del SEIA, del SERNAGEOMIN y las especies introducidas. A continuación, se explican cada una de estas variables.

- Riqueza

En la Figura 20 se observa un mapa de grillas en que se indica la riqueza para cada una de ellas. Se observa la mayor riqueza en la zona de Paposo, junto con algunas localidades puntuales al norte de este punto. En el norte de la región, se observan localidades de interés, tales como Tocopilla, Antofagasta y P.N. Morro Moreno. Al sur de Paposo, se observan otras localidades de interés, tales como el Taltal (atribuido a presencias del Cerro Perales) y Caleta Esmeralda. El mapa de grillas se encuentra en el archivo "riqueza.gpkg" del Anexo III.2.

Folio004553

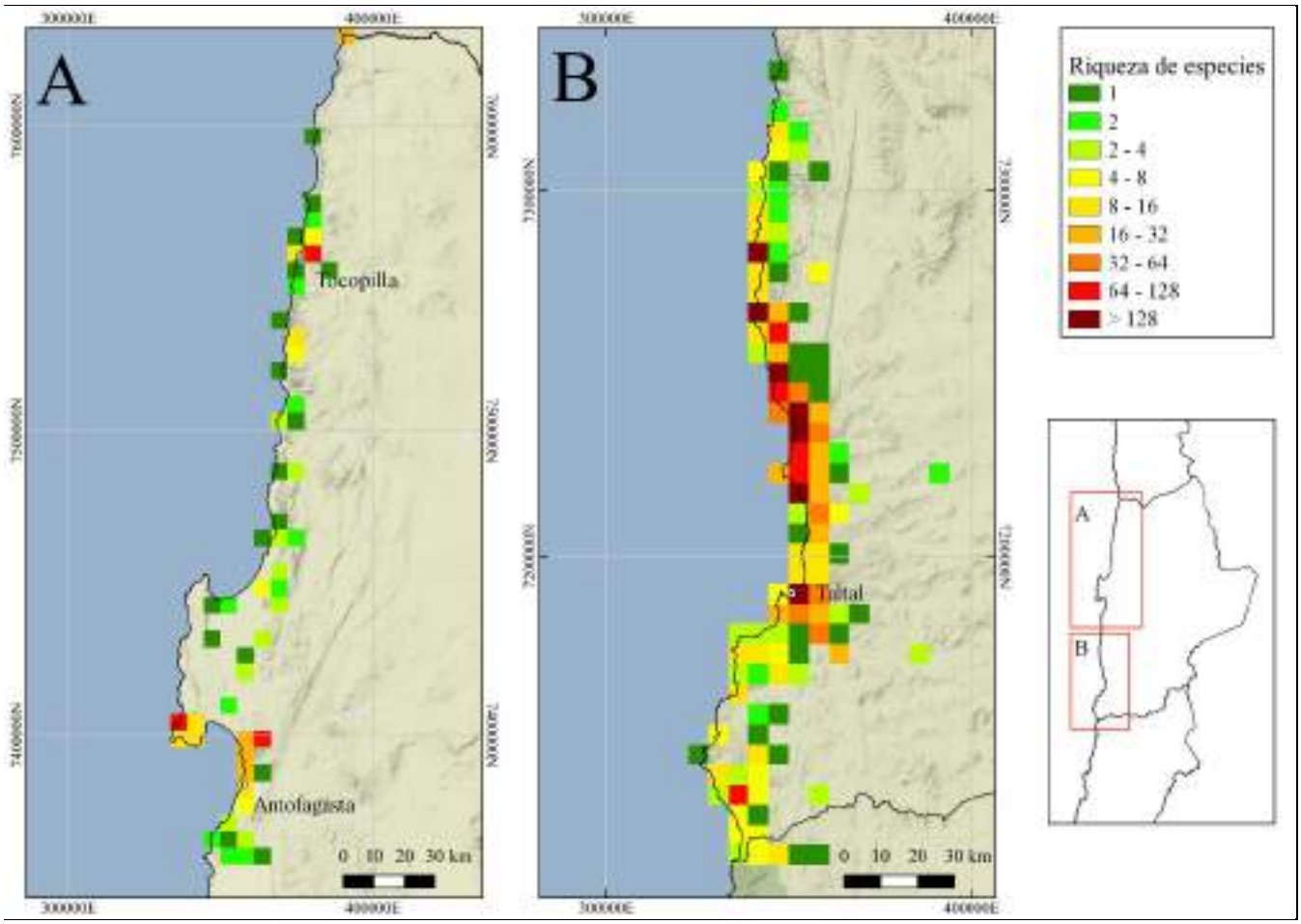


Figura 20. Riqueza de especies mostrada mediante grillas de presencia.

- Especies amenazadas

En la Figura 21 se observan 3 mapas en los cuales se indica la riqueza de especies a partir de sus categorías de amenaza (i.e. Peligro Crítico, En Peligro y Vulnerable) a partir de la clasificación del RCE. Los archivos raster de las especies amenazadas se encuentran en los archivos "VU.gpkg", "EN.gpkg" y "CR.gpkg" del Anexo III.2. En cuanto a especies en categoría "Peligro Crítico", en el área de estudio solo existen dos, correspondientes a *Asplenium peruvianum* y *Copiapoa krainziana*. En la Figura 21.A, se observa la localización de estas especies, para la cual *A. peruvianum* se encuentra en el Morro Moreno, Quebrada El Panul y Quebrada El Rincón. En el caso de *C. krainziana*, esta se encuentra restringida a la Quebrada San Ramón. En la Figura 21.B, se encuentran las especies en categoría "En Peligro". En este, se observa que la zona con mayor densidad de especies "En Peligro" corresponde a la de Paposo, con localidades específicas con alto número de especies, tales como Miguel Díaz, Quebrada El Panul, El Rincón, Paposo y Taltal. Por último, en la Figura 21.C, se observa una gran cantidad de especies en categoría Vulnerable también concentradas en la zona de Paposo, y específicamente en Miguel Díaz, El Rincón, Paposo y la Quebrada Matancillas, Taltal y Esmeralda.

Folio004554

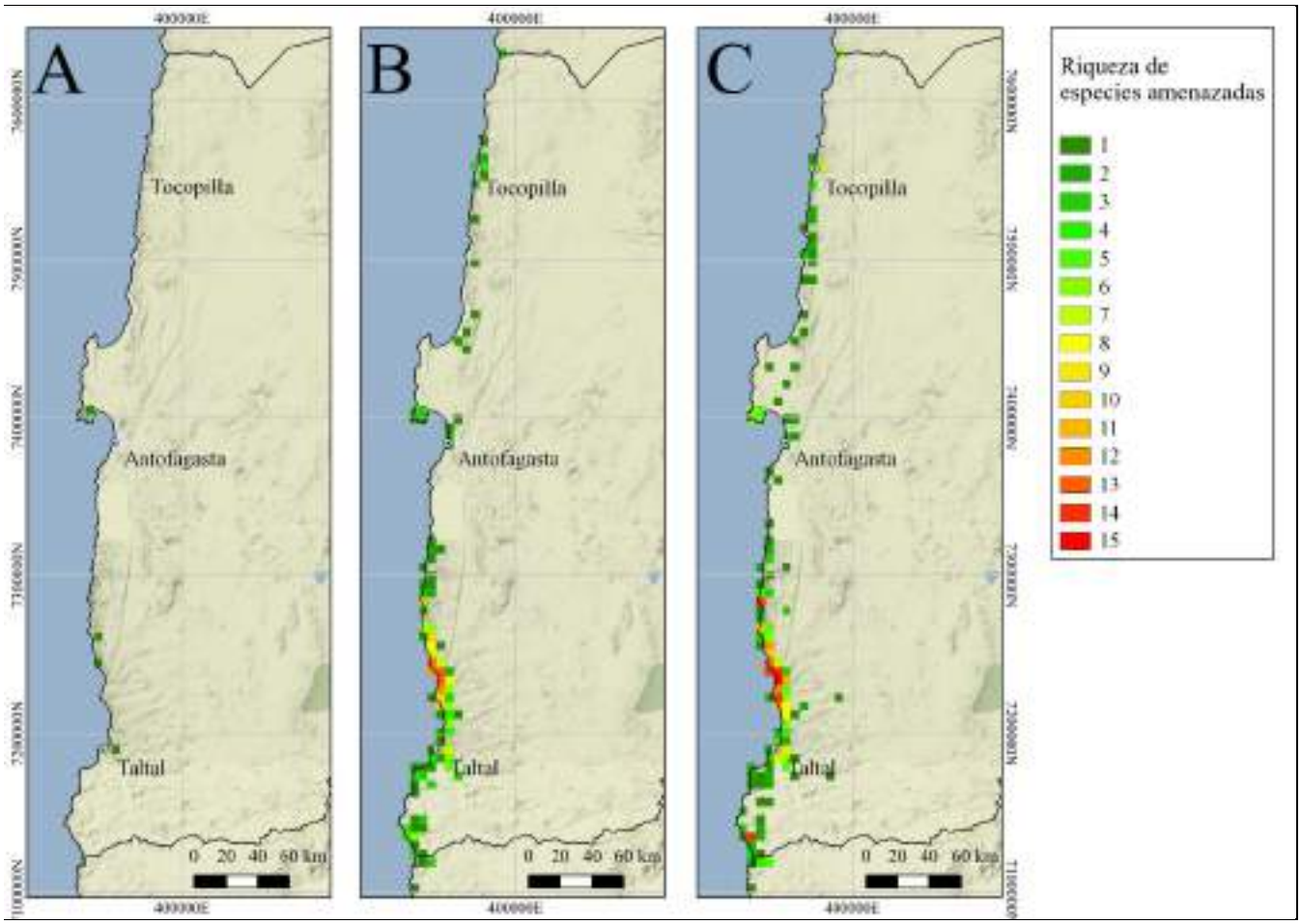


Figura 21. Presencia de especies en categoría de amenaza de la costa de la Región de Antofagasta. A = Especies en categoría "Peligro Crítico", B = especies en categoría "En Peligro", C = especies en categoría "Vulnerable".

- Proyectos sometidos al SEIA

A partir de la información solicitada, se encontraron 56 proyectos ingresados y aceptados por el SEIA. La ubicación de estos y su área de influencia se observa en la Figura 22. La mayor concentración de éstos se encuentra en la zona de Mejillones, seguido por la zona de Tocopilla. Tanto el archivo vectorial con los puntos de presencia de proyectos SEIA llamado "SEIA_puntos.gpkg", como el archivo raster llamado "SEIA_raster.gpkg" se encuentran en el Anexo III.2.

Folio004555

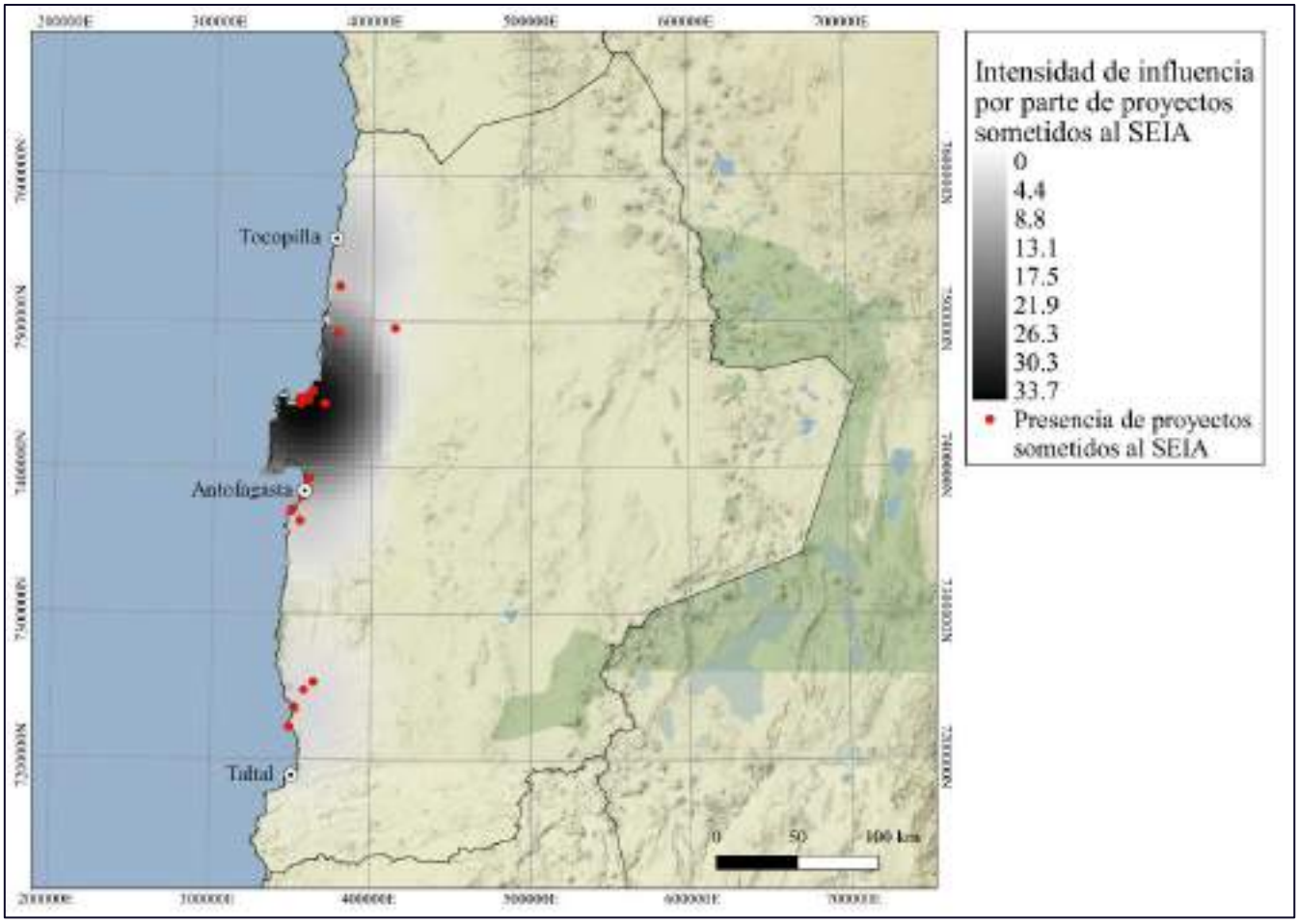


Figura 22. Ubicación de los proyectos ingresados y aprobados por el SEIA.

- Proyectos mineros

A partir de la información solicitada en el portal del SERNAGEOMIN, se encontraron 1.105 proyectos mineros en la región. Estos se pueden observar en la Figura 23 donde se observa que la mayor actividad minera se presenta en la zona de la cordillera costera del norte de Mejillones y a los alrededores de Antofagasta. Tanto el archivo vectorial con los puntos de presencia de proyectos mineros llamado "SERNAGEOMIN_puntos.gpkg", como el archivo raster llamado "SERNAGEOMIN_raster.gpkg" se encuentran en el Anexo III.2.

Folio004556

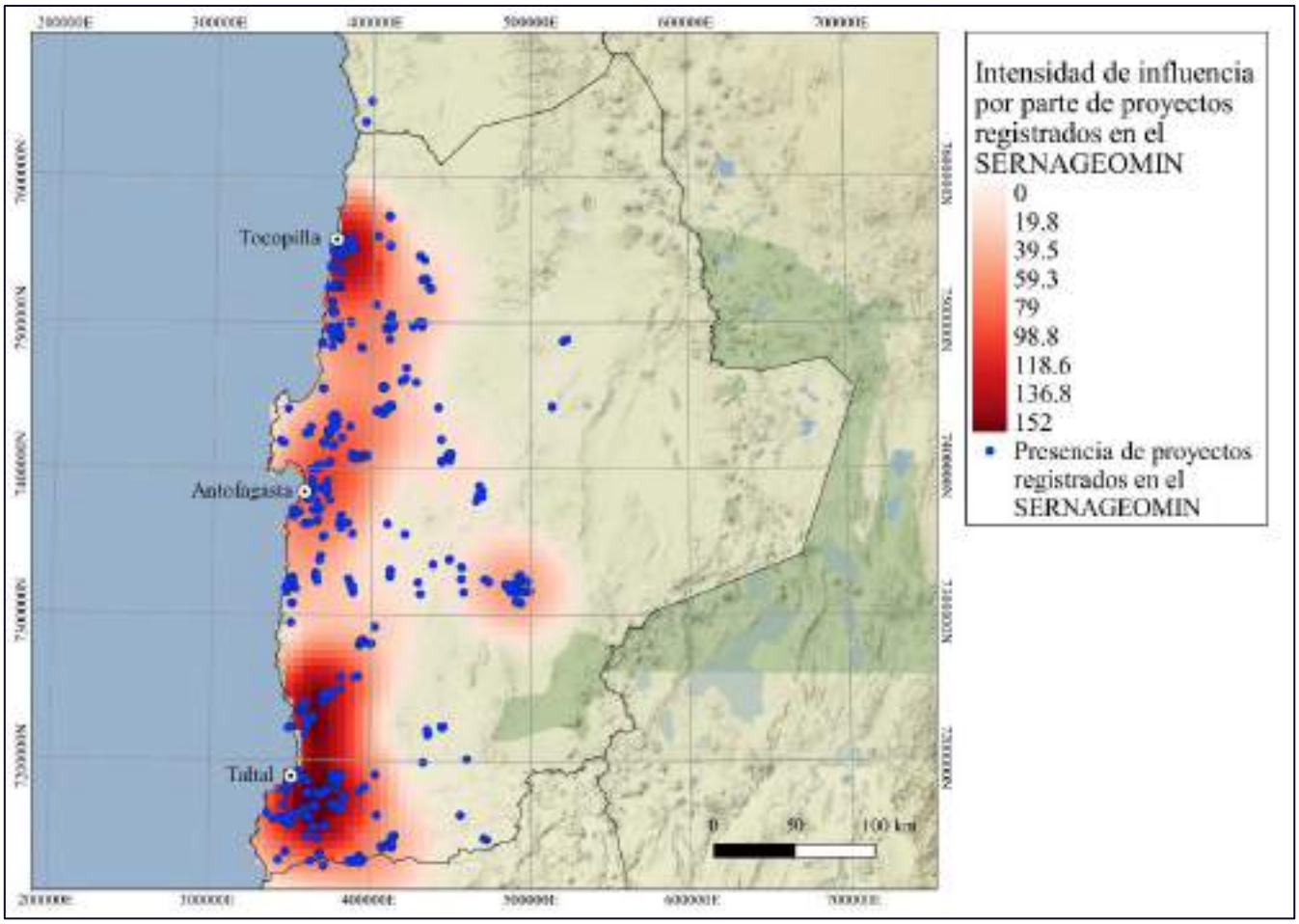


Figura 23. Ubicación de proyectos de minería en la Región de Antofagasta, a partir de la base de datos del SERNAGEOMIN.

- Especies introducidas

Se registraron 79 especies introducidas en la Región de Antofagasta, de las cuales se tienen 446 puntos de presencia. En la Figura 24 se observan los sitios de mayor concentración de estas especies. Los lugares más afectados por estas especies corresponden a los más cercanos a sitios urbanos, es decir Antofagasta y Paposo. Este último probablemente se ve afectado debido a la fuerte perturbación originada en la importante actividad ganadera. Los registros se encuentran en el archivo vectorial llamado “introducidas_puntos.gpkg”, y el archivo raster llamado “introducidas_raster.gpkg”, ambos en el Anexo III.2.

Folio004557

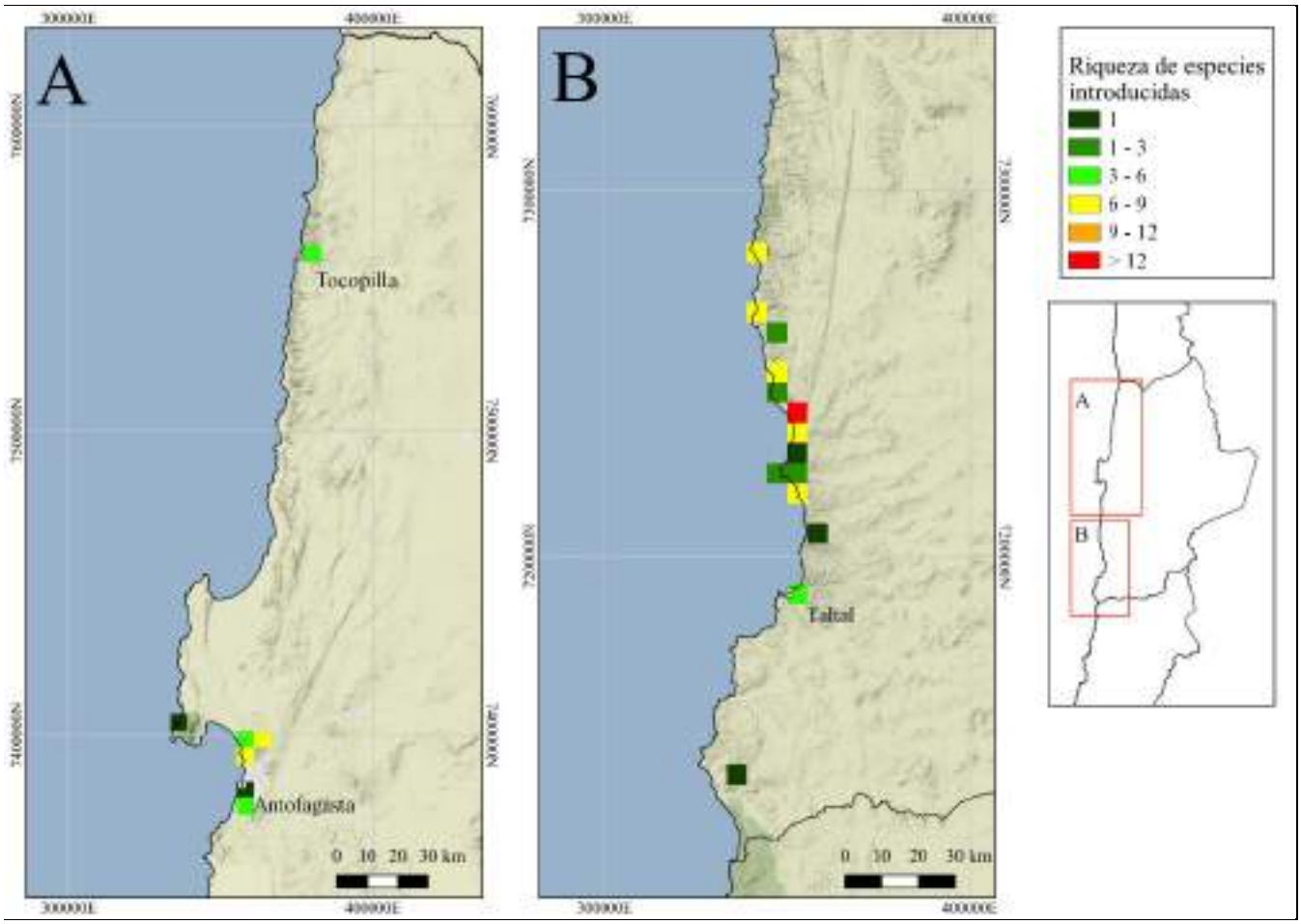


Figura 24. Ubicación de las zonas con mayor número de especies introducidas.

- Priorización de las APBA

A partir de los parámetros medidos, se obtuvo un mapa raster indicando los valores para cada grilla, siendo los valores más altos de priorización aquellos lugares con mayor riqueza de especies y especies en categoría de amenaza, y/o las áreas con mayores perturbaciones humanas (Figura 25).

Folio004558

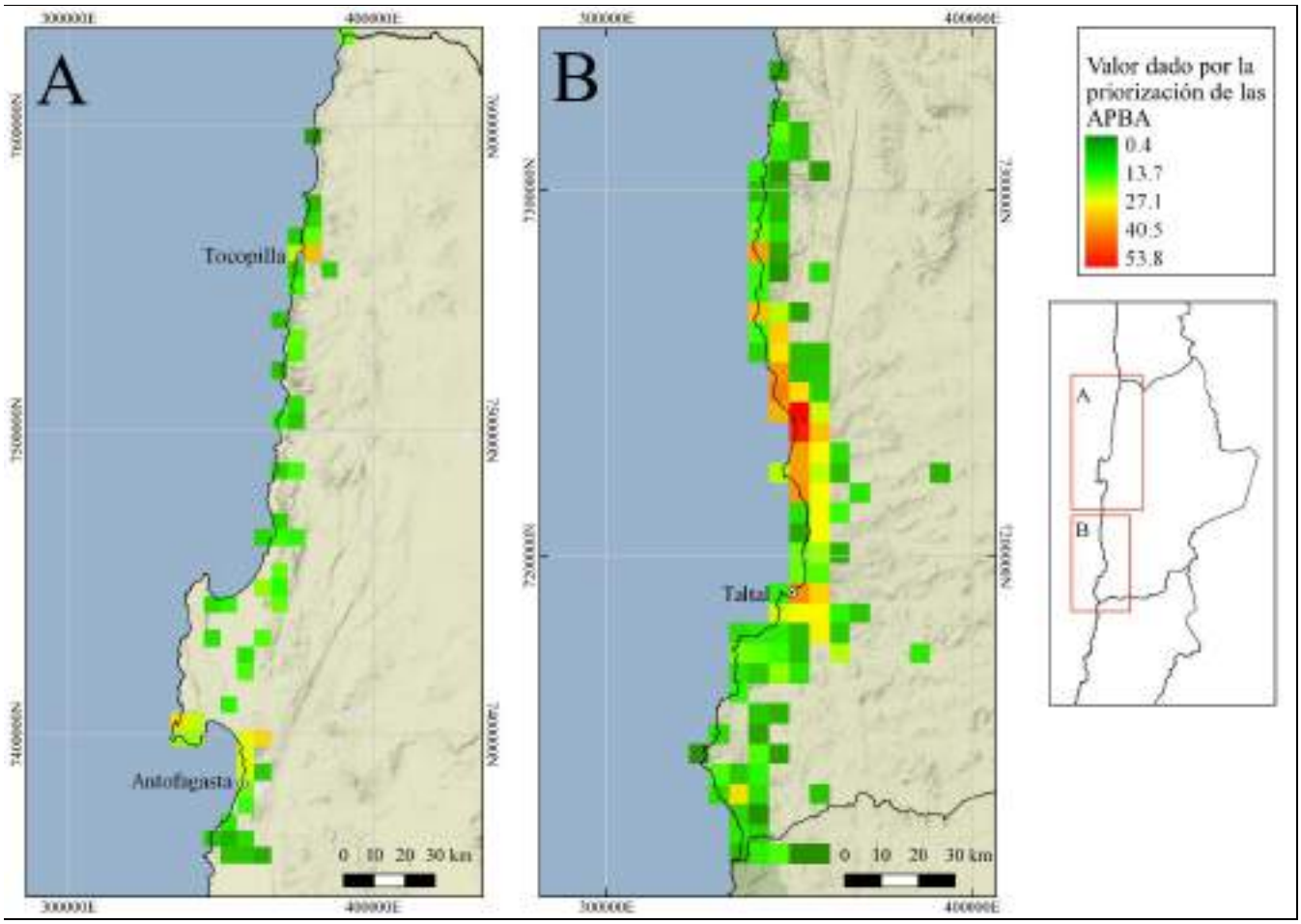


Figura 25. Priorización de las APBA. Las grillas de colores más cálidos poseen valores más altos en la priorización de áreas debido a mayor valor por parámetros de biodiversidad y/o amenazas a la biodiversidad.

A partir de los resultados obtenidos se obtuvo que la zona de mayor importancia fue entre El Rincón y Paposo. Especificamente, las grillas con mayor valor fueron la zona sureste de El Rincón y el Área de Paposo, la Quebrada Los Yales y el Cerro Mirador. En la Cuadro 21 se muestran las grillas que tuvieron mayor valor en toda la zona de estudio, identificando cada una con la localidad principal que representa cada una junto al valor del área respectiva.

Cuadro 21. Listado de los 60 mayores valores obtenidos para las grillas del análisis de las APBA.

N°	Área prioritaria	Valor
1	El Rincón	53.81353
2	Cerro Mirador y Los Yales	51.184135
3	Quebrada La Sepultura (El Rincón)	43.90857
4	Cerro Perales (exposición oeste)	42.471462
5	Quebrada El Médano	41.96283
6	Quebrada La Oveja	41.899883
7	Quebrada Matancillas – El Cura	41.335938
8	Quebrada Peralito (sur)	41.198364
9	Miguel Díaz	41.003582

Folio004559

N°	Área prioritaria	Valor
10	El Rincón (terraza costera)	39.43509
11	Este de Tocopilla	37.56584
12	La Plata (este) y El Cardón	37.005894
13	Cerro Yumbes	36.80805
14	Quebrada El Panul	34.866967
15	Cerro Perales (oeste)	33.574547
16	Quebrada La Chimba (oeste)	33.461716
17	Quebrada La Cachina - Esmeralda	32.552124
18	Morro Moreno (oeste)	32.100155
19	El Rincón (este)	31.964958
20	Punta Panul	31.692064
21	Las Breas	29.025728
22	Mina Abundancia	28.335522
23	Cerro Perales (sur)	27.986906
24	Cachinalito	27.355625
25	Quebrada Taltal	26.972424
26	Agua Dulce (norte de Cascabeles)	26.501373
27	Quebrada Bandurrias y Anchuña	26.32797
28	Quebrada La Chimba (oeste)	25.881079
29	Antofagasta	25.094017
30	Quebrada Caracoles	24.675325
31	Mina Montecristo	24.054064
32	Caleta Buena	24.003792
33	Quebrada Matancillas (este)	23.554237
34	Morro Moreno (este)	23.338673
35	Las Breas (este)	22.60058
36	Tocopilla	22.595428
37	Quebrada La Plata (este)	22.252329
38	Punta Grande	21.985731
39	Cascabeles	21.272112
40	Morro Moreno (suroeste)	20.812025
41	Morro Moreno (sureste)	20.71074
42	Quebrada Los Zanjones	20.243153
43	Mejillones (este)	20.057781
44	Quebrada El Toro - Antofagasta	18.413513
45	Quebrada Las Tórtolas	18.321404
46	Desembocadura Río Loa	18.124096
47	Cascabeles (entrada)	17.72523
48	Quebrada Botija	17.664644
49	Paso Malo	17.57507
50	Cerro Mamilla	17.436506
51	Quebrada Mititus	17.376108

Folio004560

N°	Área prioritaria	Valor
52	Chacaya	17.003819
53	Caleta Conchola	16.868649
54	Caleta El Cobre	16.785364
55	El Gritón	16.702785
56	Sierra Coronel Vergara	16.253262
57	Norte del Cerro Fortuna (Mejillones)	16.177975
58	Aguada Jacinto Díaz	15.709423
59	Punta Moscardón	15.564852
60	Cerro Gordo (Mejillones)	15.474314

Fuente: Elaboración propia.

- Presencia de caminos

A partir de la georreferenciación de caminos, se observan aquellas áreas a las cuales es accesible mediante vehículos. Estos accesos se observan en la Figura 26, donde además se indican los valores del índice de priorización de las APBA, observándose aquellos sitios con mayor valor a los cuales se puede llegar en vehículo.

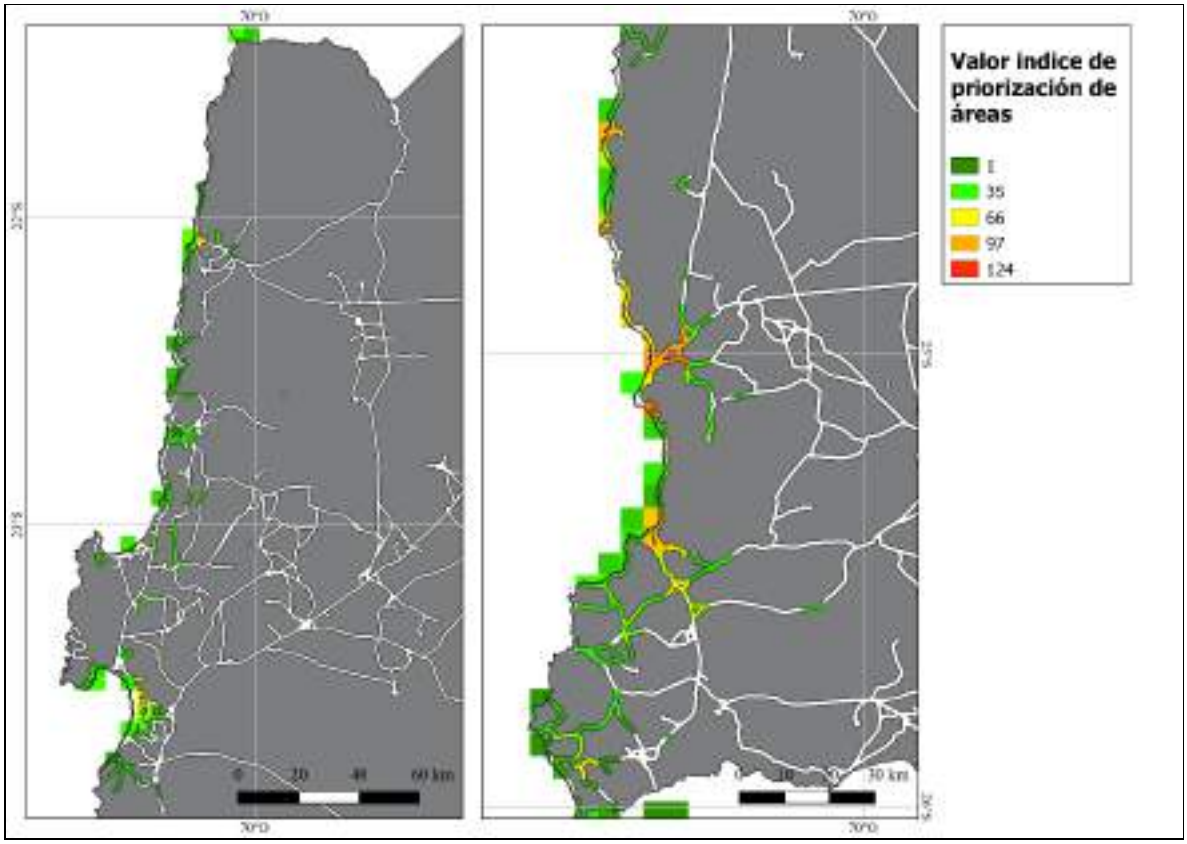


Figura 26. Accesos vehiculares en la costa de la Región de Antofagasta, indicando valor de priorización de áreas.

Finalmente, se puede observar en la Cuadro 22 las áreas priorizadas (en orden de norte a sur), indicando para cada uno la posición jerárquica respecto a todas las áreas delimitadas por grillas a partir de los criterios APSI y APBA,

Folio004561

y de manera adicional, señalando su accesibilidad y presencia de protección institucional.

Cuadro 22. Resumen de las áreas prioritarias más importantes definidas por los distintos criterios, ordenadas de norte a sur.

Área prioritaria	Valor jerarquico APBI	Valor jerarquico APSI	Accesibilidad vehicular	Presencia sitio protegido o prioritario
Desembocadura Río Loa	46	-	Si	S.P. Desembocadura Río Loa
Cerro Mamilla	50	-	Si	-
Tocopilla	36	-	Si	-
Este de Tocopilla	11	4	Si	-
Caleta Conchola	53	-	No	-
Chacaya	52	-	Si	-
Este de Mejillones	43	-	Si	-
Quebrada Mititus	51	-	Si	-
Norte del Cerro Fortuna (Mejillones)	57	-	Si	-
Cerro Gordo	60	-	No	-
Morro Moreno (noreste)	34	-	No	-
Morro Moreno (noroeste)	18	8	No	-
Morro Moreno (suroeste)	40	-	No	P.N. Morro Moreno - S.P. Península de Mejillones
Morro Moreno (sureste)	41	-	No	P.N. Morro Moreno - S.P. Península de Mejillones
Quebrada La Chimba (este)	16	5	Si	R.N. La Chimba
Quebrada La Chimba (oeste)	28	10	Si	R.N. La Chimba
Antofagasta (norte)	29	-	Si	R.N. La Chimba
Quebrada Caracoles (Antofagasta)	30	-	Si	-
Quebrada El Toro (Antofagasta sur)	44	-	Si	-
Caleta El Cobre	54	-	Si	-
Quebrada Botija	48	-	Si	M.N. Paposo Norte - S.P. Costa de Paposo 2
Miguel Díaz	9	6	Si	M.N. Paposo Norte - S.P. Costa de Paposo 2

Folio004562

Área prioritaria	Valor jerarquico APBI	Valor jerarquico APSI	Accesibilidad vehicular	Presencia sitio protegido o prioritario
La Plata y El Cardón	12	-	No	S.P. Costa de Paposo 1
Quebrada La Plata (este)	37	-	No	S.P. Costa de Paposo 1
Punta Moscardón	59	-	No	S.P. Costa de Paposo 1
El Panul	14	7	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Punta Panul	20	-	No	-
Quebrada El Médano	5	-	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Quebrada La Sepultura (El Rincón)	3	-	No	S.P. Costa de Paposo 1
El Rincón (este)	19	-	No	S.P. Costa de Paposo 1
El Rincón (terraza costera)	10	-	Si	S.P. Costa de Paposo 1
El Rincón	1	1	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Mina Montecristo	31	-	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Cerro Mirador y Los Yales	2	9	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Cerro Yumbes	13	-	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Quebrada Peralito (sur)	8	-	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Mina Abundancia	22	-	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Punta Grande	38	-	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Quebrada Matancillas – El Cura	7	-	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Quebrada Matancillas (este)	33	-	No	S.P. Costa de Paposo 1
Quebrada La Oveja	6	-	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Cachinalito	24	-	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Quebrada Bandurrias y Anchuña	27	-	Si	S.P. Costa de Paposo 1
Agua Dulce	26	-	Si	-
Cascabeles (entrada)	47	-	Si	-
Cascabeles	39	-	No	-
Paso Malo	49	-	No	-

Folio004563

Área prioritaria	Valor jerarquico APBI	Valor jerarquico APSI	Accesibilidad vehicular	Presencia sitio protegido o prioritario
Sierra Coronel Vergara	56	-	No	-
Cerro Perales (exposición oeste)	4	2	Si	-
Cerro Perales (exposición este)	15	-	Si	-
Caleta Buena	32	-	Si	-
Quebrada Taltal	25	-	Si	-
Cerro Perales (sur)	23	-	Si	-
Las Breas	21	-	Si	-
Quebrada Las Tórtolas	45	-	Si	-
El Gritón	55	-	Si	-
Las Breas (este)	35	-	Si	-
Quebrada Los Zanjones	42	-	Si	-
Aguada Jacinto Díaz	58	-	Si	-
Quebrada La Cachina - Esmeralda	17	3	Si	P.N. Pan de Azúcar

Fuente: Elaboración propia.

A partir del listado previamente incluido, se comentan a continuación las 18 áreas con mayor valor de APBI, que corresponden al grupo que contiene 9 de las 10 áreas prioritarias seleccionadas a partir del criterio de APSI. La decima área prioritaria corresponde a la parte oeste de la Quebrada La Chimba, esta última localidad ya incluída en su parte este por el criterio APSI.

1- El Rincón

La localidad de El Rincón fue representada en cuatro grillas por este estudio. Las cuatro recibieron un valor alto por el análisis APBA, aunque al parecer la composición florística no varía tanto en este lugar. La grilla del sureste obtuvo el mayor valor de las APBI, debido a que además de tener la mayor riqueza de especies en la zona de estudio registrada en los antecedentes (lo cual también causó que fuera la primera grilla seleccionada en el análisis de APSI), posee gran cantidad de especies amenazadas. De las que se encuentran clasificadas “En Peligro”, cabe mencionar especies de restringida distribución como lo son *Croton chilensis* Müll. Arg. y *Griselinia carlomunozii* M.O. Dillon & Muñoz-Schick. De igual manera, en este sitio se encuentra *Tillandsia tragophoba* M.O. Dillon, esta última endémica restringida a una quebrada especifica de esta área.
Entre las amenazas, esta área prioritaria recibe una gran influencia antrópica debido a su cercanía a la Termoelectrica Taltal y varías actividades mineras que se desarrollan al noroeste de Paposo. Además, este es un sitio que recibe gran intensidad de impacto ganadero, lo cual se ve reflejado en la gran cantidad de especies introducidas registradas.

Folio004564

A pesar de la importancia del área, no se encuentra bajo ningún tipo de protección, pero, se encuentra incluida en el Sitio Prioritario Costa de Paposo 1.

En cuanto al acceso, a pesar de que existen caminos vehiculares usados por las comunidades ganaderas en el lugar, estos no alcanzan más allá de los 300 msnm, por lo que acciones de reintroducción en este sitio, en caso de realizarse, debería ser de especies de comunidades ecológicas de baja altitud.

2- Cerro Mirador y Los Yales

Esta área también tiene una gran riqueza de especies, probablemente debido a la gran variedad de ambientes que se incluyen en esta grilla, de los cuales esta la terraza costera de Paposo, la Quebrada Los Yales, el Cerro Mirador y la parte norte de la Quebrada Peralito, las cuales además incluyen una gran diversidad de pisos altitudinales. En esta área se encuentran especies clasificadas “En Peligro”, de las cuales cabe destacar a *Bipinnula taltalensis* I.M. Johnst., una orquidácea sólo colectada en esta área y en Miguel Díaz. De igual manera, en la misma categoría se encuentra *Dalea azurea* (Phil.) Reiche, una leguminosa sólo encontrada en la Quebrada Peralito y en la Quebrada La Plata.

En esta área se encuentra situada la Central Termoelectrica Taltal, lo que significa una fuente de perturbación antrópica intensa. Además, en los alrededores hay un gran número de faenas mineras que contribuyen a esta perturbación. Por último, la presencia del poblado de Paposo también es una fuente de perturbación, lo cual se ve reflejado con la presencia de especies introducidas.

Al igual que en el área anterior, a pesar de no tener protección especial, esta área se encuentra situado en el Sitio Prioritario Costa de Paposo 1. En esta área existe una buena accesibilidad. Además de sitios como Caleta Paposo y la cuesta Paposo, lugares de esta área importantes para la conservación también tienen buen acceso, tales como la Quebrada Los Yales y el Cerro Mirador, los cuales son completamente alcanzable en vehiculo. Otros, como la Quebrada Peralito, sólo se puede acceder hasta la entrada, aunque esta alcanza los 500 msnm.

3- Quebrada La Sepultura (El Rincón)

También adyacente al área numero uno, esta abarca la parte noroeste de la localidad de El Rincón, incluyendo también la Quebrada Las Cañas. Ademas de la alta riqueza de especie, es importante destacar que en esta área se registra una especie clasificada en “Peligro Crítico”, la cual corresponde a *Asplenium peruvianum* Desv. Esta especie se encuentra restringida a grandes altitudes donde recibe el efecto de la niebla. De igual manera, entre las especies “En Peligro” se encuentra *Berberis litoralis* Phil., la cual también se encuentra restringida a las altas cumbres.

Al igual que en El Rincón, esta área se encuentra cercana a la Central Termoelectrica Paposo y las faenas mineras cercanas a Paposo. En esta área también existen comunidades ganaderas, por lo que la presencia de especies

Folio004565

introducidas es común en este sitio. De igual manera que en las áreas mencionadas previamente, ésta se encuentra en el Sitio Prioritario Costa de Paposo 1.
A pesar de la presencia de un camino usado por ganaderos para acceder a esta área, este sólo llega hasta los 150 msnm que no alcanza a llegar a la parte alta del cerro. Así mismo, la carretera pasa por la Quebrada Las Cañas, aunque sólo hasta los 80 msnm.

4- Cerro Perales (exposición oeste)

Aunque esta área registra una alta riqueza de especies, es probable que se deba a impresiciones en las coordenadas, ya que la grilla cubre la ciudad de Taltal, y sólo parcialmente el Cerro Perales, que es donde se atribuye que se encuentra la mayor biodiversidad de esta área. Es común que a las especies colectadas en este cerro se hayan etiquetado con localidad de "Taltal" o "alrededores de Taltal", por lo que en las bases de datos se asignan las coordenadas de la ciudad. De esta manera, algunos trabajos usados en los antecedentes, como es el de BIOTA (2018) en el cual se citan alrededor de 200 registros de casi 70 especies en esta área, aunque probablemente muchos registros vengan de partes más altas del cerro. A pesar de esto, la gran biodiversidad de esta área es atribuible a las grillas que abarcan el Cerro Perales. En este caso, no sólo se incluye una alta riqueza de especies amenazadas, si no que se registra la presencia de *Copiapoa krainziana* F. Ritter, categorizada en "Peligro Crítico" y endémica a la Quebrada San Ramón. Esta singularidad florística es importante, ya que el análisis de APSI designa a esta área como la segunda más importante, representando una gran cantidad de flora no presente en la zona de Paposo.
A pesar de estar adyacente a un centro urbano, no recibe mayor influencia de perturbaciones por proyectos del SEIA, aunque recibe una gran perturbación por parte de faenas mineras que se encuentran en los alrededores. Como es esperable, la urbanización registra especies introducidas, aunque no es tanto como se podría esperar. A pesar de la gran biodiversidad, esta área no se encuentra bajo ningún tipo de protección, ni incluida para ningún sitio prioritario. Finalmente, la accesibilidad del área es buena, debido a la existencia de caminos, en la Quebrada El Hueso y el de servicio de las antenas, que llevan hasta prácticamente la cima del cerro. Sin embargo, la Quebrada San Ramón no posee accesibilidad para vehículos.

5- Quebrada El Médano

Esta área presenta una de las mayores riquezas florísticas de la costa de Paposo después de las áreas prioritarias del El Rincón y Paposo, en donde se encuentran especies En Peligro y Vulnerable como las ya mencionadas para El Rincón y Paposo. Además de El Rincón, es la única localidad en presentar *Griselinia carlomunozii* (EN).
Si bien esta área recibe influencia de proyectos ambientales y mineros, éstos no son tan intensos como en los lugares más cercanos a Paposo. Por otra parte, aunque no se observa mayor intensidad ganadera, si se registran especies introducidas. Al igual que en casos anteriores, a pesar de no tener protección, esta área se incluye en el Sitio Prioritario Costa de Paposo 1. Por último, a pesar de que esta área tiene un camino de acceso, éste se encuentra en muy malas condiciones y sólo llega a los 200 msnm.

Folio004566

6- Quebrada La Oveja

Esta área, algunos kilómetros más al sur de Paposo, es otra representante de la riqueza florística característica del lugar. Al igual que El Médano, representa una de las áreas con mayor riqueza de especies. También incluye especies amenazadas similares a las mencionadas para Paposo y El Rincón.
Debido a su cercanía con Paposo, también recibe perturbación de actividades industriales. Pese a no ser tan intensas como en Paposo y El Rincón, la cercanía con Punta Grande aumenta la perturbación. En el lugar también existe actividad ganadera, aunque esto no se refleja mucho debido a los pocos registros de especies introducidas. Esta área sólo se encuentra incluida en el Sitio Prioritario Costa de Paposo 1. Por último, a pesar de que existe un camino de acceso a las majadas, este llega sólo hasta los 160 msnm.

7- Quebrada Matancillas – El Cura

Aunque esta área es florísticamente similar a la Quebrada El Cura, presenta una menor riqueza florística. Sin embargo, la mayor cercanía a Paposo le confiere mayor influencia de perturbaciones por parte de proyectos industriales. No obstante, a pesar de que también hay presencia de comunidades ganaderas, se registran menos especies introducidas.
El área se inserta en el Sitio Prioritario Costa de Paposo 1.
Al igual que en el caso anterior, el camino de acceso usado por las comunidades ganaderas locales sólo llega hasta los 160 msnm.

8- Quebrada Peralito (sur)

Esta grilla, al igual que el área explicada en el punto 2, también incluye parte de la Quebrada Peralito. Sin embargo, esta se extiende hacia la parte más alta de esta quebrada. De esta manera, alcanza a incluir la presencia de *Dalea azurea* (Phil.) Reiche, especie categorizada “En Peligro”. En la parte más alta y arida de la quebrada se pueden encontrar especies raras ligadas a estos ambientes, como lo es *Oxalis caesia* Phil. (“Vulnerable”).
Como sucede en las áreas cercanas a Paposo, se observa acá una gran perturbación debido a la actividad industrial y la intensa actividad minera en la Quebrada Paposo. Sin embargo, a pesar de su cercanía con Caleta Paposo, solo se registra una especie introducida, la cual corresponde a *Linaria canadensis* (L.) Dum. Cours.
El área se inserta en el Sitio Prioritario Costa de Paposo 1.
A pesar de que la Ruta 1 pasa por la parte costera (o baja) de esta área, en la parte sur (o alta) de la Quebrada Peralito no hay acceso vehicular.

Folio004567

9- Miguel Díaz

Esta área cubre completamente la zona fértil de la Quebrada de Miguel Díaz. El área, tal como se observa en el análisis realizado de las APSI, parece tener una composición florística diferente a la que se encuentra más al sur. Debido a esto, corresponde al sexto sitio más importante desde el punto de vista de su singularidad florística.

A pesar de que no hay especies amenazadas restringidas a esta localidad, si se reúnen una gran cantidad de especies raras de la zona de Paposo. De estas, se puede mencionar *Berberis litoralis* Phil., *Bipinnula taltalensis* I.M. Johnst., *Dicliptera paposana* Phil. y *Tropaeolum beuthii* Klotzsch, todas "En Peligro". Es especialmente abundante en este lugar *Atriplex taltalensis* I.M. Johnst., también "En Peligro".

Esta área se encuentra convenientemente aislada de las perturbaciones de origen antropico, tanto de proyectos sometidos al SEIA como otras faenas mineras. Esto se debe a su posición intermedia entre la gran densidad de actividad industrial de Antofagasta y de Paposo, por lo que la influencia es casi nula. A pesar de esto, si es posible encontrar un número relativamente alto de especies introducidas, indicando un grado de influencia humana en este lugar, posiblemente debido a actividades ganaderas en este lugar. Sin embargo, actualmente esto no ha sido observado.

Esta área se encuentra protegida gracias a la creación del Monumento Natural Paposo Norte, creado especialmente para proteger este oasis de niebla. De manera adicional, previamente se habría designado acá el Sitio Prioritario Costa de Paposo 2.

En esta área existe acceso vehicular en mal estado, pero este llega hasta los 150 msnm, por lo que queda bastante lejano al oasis de niebla.

10- El Rincón (terraza costera)

Esta corresponde a la parte baja que se encuentra más al norte de la localidad de El Rincón. A pesar de no tener mayor altitud, el área contiene algunas especies amenazadas, de las cuales es particularmente abundante en este sitio *Croton chilensis* Müll. Arg. ("En Peligro"), la cual domina la vegetación asociada con *Heliotropium taltalense* (Phil.) I.M. Johnst., aunque esta última no se encuentra amenazada, sino que en "Preocupación Menor". Por otra parte, en el fondo de las quebradas de esta localidad, es especialmente abundante *Calceolaria paposana* Phil. y *Salvia tubiflora* Sm., ambas clasificadas "Vulnerable".

Al igual que las otras grillas de El Rincón, debido a la cercanía de la Central Termoelectrica Taltal y varias faenas mineras, el área recibe gran influencia de parte de la actividad industrial. Esta área también sirve de asentamiento para varias majadas, por lo que la ausencia de registros de especies introducidas debe ser por falta de muestreo de este tipo de plantas, ya que de esta actividad se asume una alta presencia de exóticas.

El área se inserta en el Sitio Prioritario Costa de Paposo 1.

Debido a la presencia de majadas y la baja altitud de esta área, se presenta una buena accesibilidad vehicular al lugar.

Folio004568

11- Este de Tocopilla

Esta área se encuentra en los cerros al este de Tocopilla, correspondiente al maciso adyacente al Cerro Mamilla. Esta grilla incluye el Cerro Buena Vista, la parte baja de la Quebrada Barriles, la Quebrada Quillagua y las tres quebradas al norte de Tocopilla que se encuentran al frente de Caleta Duendes, siendo la tercera quebrada de estas la más importante desde el punto de vista de la biodiversidad. De las áreas prioritarias obtenidas a partir del análisis APBA, esta fue la de mayor importancia del Desierto Costero de Tocopilla, y la que muestra mayor anomalía florística, por lo que fue seleccionada en cuarto lugar por el análisis APSI. Esta área muestra una gran biodiversidad, probablemente gracias a las colectas realizadas por F. Jaffuel e I. Johnston, ya que ellos colectaron en años de excepcional pluviosidad, por lo que se pudieron encontrar diversas especies no posibles de ver en años comunes. Esto no solo ocurre con especies efímeras, sino que también se registran perennes que no han sido colectadas nuevamente en el sector, lo que podría sugerir una sequia progresiva. Debido a esto, es posible que un muestreo de riqueza en años comunes no registre tanta riqueza como indican los antecedentes usados.

Esta área no incluye tantas especies amenazadas, aunque es importante mencionar *Malesherbia tocopillana* Ricardi y *Rimacactus laui* (Luthy) Mottram, ambas “En Peligro” y endémicas de los alrededores de Tocopilla.

Especies como *Tropaeolum beuthii* Klotzsch (“En Peligro”) o *Tigridia philippiana* I.M. Johnst. (“Vulnerable”) no han sido colectadas en varios años. En el caso de *Eulychnia iquiquensis* (K. Schum.) Britton & Rose (“Vulnerable”), se observa formando extensos bosques de individuos ya muertos, encontrándose algunos vivos en la Quebrada Quillagua.

Esta zona recibe un alto índice del análisis de APBA principalmente debido a la cercanía con el puerto de Tocopilla, donde hay una gran cantidad de proyectos industriales, pero, sobre todo, esta área tiene una gran concentración de faenas mineras. Probablemente debido a su cercanía a Tocopilla, se registra un gran número de introducidas, aunque estas son hierbas anuales que al igual que otras especies ya comentadas, no se han vuelto a colectar hace varios años.

Esta área no tiene ningún tipo de protección, ni ha sido incluída en ningún sitio prioritario.

Dada su cercanía con Tocopilla, hay caminos que hacen accesibles distintos puntos de esta área. De estos, un camino minero lleva hasta los 500 msnm de la Quebrada Quillagua, donde ya se observa un efecto de la niebla sobre la vegetación. La Ruta 1 pasa por la tercera quebrada al norte de Tocopilla, aunque esto es por los 120 msnm, donde no se observa ningún efecto de la niebla.

12- La Plata y El Cardón

Estas dos quebradas son adyacentes, y antes de llegar al mar se juntan para fusionarse en sólo una. En estas se ha registrado una de las mayores riquezas en la zona de Paposo. Entre las especies amenazadas, es importante señalar una de las dos poblaciones de *Dalea azurea* (Phil.) Reiche que se conocen.

La influencia de perturbaciones por actividades industriales no es muy alta, debido a su relativa lejania con Paposo, donde se concentran estas faenas. Sin embargo, hay varios registros de especies introducidas.

Esta área se encuentra incluida en el límite norte del Sitio Prioritario Costa de Paposo 1.

Folio004569

A pesar de que hay caminos para acceder a estas quebradas, estos apenas llegan hasta los 100 msnm. De igual manera, debido a la baja pendiente en esta área, las altitudes mayores quedan muy alejadas de la Ruta 1 y los caminos de acceso.

13- Cerro Yumbes

Esta área se encuentra en la parte alta de la Quebrada Paposo, por sobre los 700 msnm. Aunque esta área tiene una gran riqueza, es relativamente más baja que en altitudes menores.
Sin embargo, el mayor porcentaje del puntaje obtenido en el análisis de APBA se debe a que esta área se encuentra en un sitio con una muy alta concentración de faenas mineras, lo cual causa un gran impacto en la flora nativa. A pesar de esto, no se registran especies introducidas en esta área.
Una parte marginal de esta área se encuentra incluida en el Sitio Prioritario Costa de Paposo 1.
Esta área es accesible por la Ruta B-710, y también caminos mineros que alcanzan sobre los 1.000 msnm.

14- El Panul

Esta área abarca desde la parte alta de la Quebrada El Cardón a la Quebrada El Panul. En esta se registran una alta riqueza de especies, aunque no tanta como en otras áreas. Sin embargo, es interesante que en esta área se incluye en la priorización de APSI debido a su particularidad florística. Existen muchas especies que a pesar de que no se encuentran en categoría de amenaza, son endémicas de El Panul, tales como *Lathyrus lomanus* I.M. Johnst. y *Plantago johnstonii* Pilg. También se pueden mencionar algunas especies que no son endémicas de Chile, pero en territorio nacional solo se han colectado en esta quebrada, tales como *Myriopteris aurea* (Poir.) Grusz & Windham y *Calceolaria pinnata* L., así mismo como otras que en la Región de Antofagasta sólo se encuentran acá, como es el caso de *Thelypteris argentina* (Hieron.) Abbiatti. A pesar de no haber tantos registros de especies amenazadas como los hay en otras áreas de Paposo, en El Panul se encuentra *Asplenium peruvianum* Desv., helecho categorizado como especie en “Peligro Crítico”.
A pesar de recibir influencia de las actividades industriales que se concentran en Paposo, esta es marginal. Sin embargo, en esta se han registrado bastantes especies introducidas.
El área se inserta en el Sitio Prioritario Costa de Paposo 1.
Existe acceso vehicular a la Quebrada El Panul, pero este llega sólo hasta los 170 msnm.

15- Cerro Perales (oeste)

Esta área abarca desde la cumbre del Cerro Perales hasta la Quebrada San Ramón. En el punto 4, se comenta en más detalle sobre el área del cerro que abarca la exposición oeste, incluyendo la Quebrada El Hueso. Probablemente se necesita un muestreo más preciso para conocer con mejor precisión la distribución de las especies registradas en

Folio004570

este cerro.

16- Quebrada La Chimba

El análisis por grillas divide al área delimitada por la Quebrada La Chimba en cuatro zonas. Tres de estas tuvieron un valor relevante según el análisis APBA, y la cuarta no tuvo registro de especies. El análisis APSI arrojó dos de estas grillas (las dos del norte), dentro de las 10 más relevantes para la conservación APSI. Esto significaría que el cambio vegetacional que hay entre el oeste y el este de la quebrada es suficiente para considerarlo como un ensamble florístico totalmente diferente. A pesar de que la grilla del oeste sólo incluye la entrada de La Chimba, también abarca las dunas del norte de Antofagasta, un lugar en que durante años lluviosos se han registrado numerosas especies efímeras poco muestreadas en otros lugares.

El lugar con mayor valor a partir del análisis APBA corresponde al noreste de la quebrada, principalmente debido al gran número de especies indicadas para este lugar. La gran cantidad de registros se deben principalmente al estudio realizado por BIOTA (2019) en el cual se reporta de manera intensiva la flora de esta área. La cantidad de especies amenazadas no es muy alta, aunque se puede encontrar algunas de distribución muy restringida como lo es *Eriosyce recondita* (F. Ritter) Katt., la cual se encuentra solo en sitios cercanos a la ciudad de Antofagasta.

Aunque las áreas cercanas a Antofagasta no reciben una perturbación de parte de las faenas mineras tan intensa como en las cercanas a Paposo, de igual manera existe perturbación por parte de estas. Por otro lado, la influencia de los proyectos asociados al SEIA es considerablemente mayor a cualquiera de los sitios anteriormente revisados más cercanos a Paposo, principalmente por la gran actividad industrial en la zona de Mejillones. Como se podría esperar, se registra una gran cantidad de especies introducidas, probablemente debido a la cercanía con la ciudad de Antofagasta

La zona delimitada por la Quebrada La Chimba se encuentra bajo protección debido a que esta área corresponde a la Reserva Nacional La Chimba.

Existe accesibilidad vehicular que lleva hasta la entrada de la Quebrada La Chimba, lo cual alcanza los 350 msnm. Además, hay caminos que atraviesan las dunas del norte de Antofagasta y que a su vez llegan desde el norte a los 700 msnm de la Quebrada La Chimba. Sin embargo, al parecer corresponden a caminos mineros privados, por lo que su accesibilidad se debe corroborar.

17- Quebrada La Cachina – Esmeralda

Esta área tiene una gran riqueza de especies, acentuado por la baja riqueza encontrada en las áreas aledañas. Además, el análisis de APSI indica una gran particularidad florística que sitúa esta área en el tercer puesto del ranking. En este lugar se registran muchas colectas de plantas raras realizadas por Ivan Johnston, en las cuales indica como localidad “Aguada La Cachina 6 km al este de Caleta Esmeralda”, y aunque eso coincide con el área comentada, no se sabe con certeza los sitios de colecta de esos registros. También, algunas bases de datos atribuyen las colectas realizadas por R. Philippi etiquetadas como “Cachinal de la Costa” a coordenadas presentes en esta área. Según el mismo Johnston (1929), Cachinal de la Costa correspondería a la Aguada Grande, la cual al parecer es la

Folio004571

entrada al sector "Las Lomitas" del P.N. Pan de Azúcar, algunos kilómetros más al sur. De igual manera, en algunas de las colectas realizadas por Johnston, además de indicar "Aguada La Cachina (…)" escribe en las etiquetas "cima de acantilados marinos bañados por la niebla", lo cual pareciera la descripción del sector "Las Lomitas". Esto no coincidiría con lo señalado en las mismas etiquetas, ya que la Aguada La Cachina está más al norte. Por lo tanto, al igual que en otras áreas, será necesario un estudio más acabado de la distribución y presencia de las especies en este lugar. La particularidad florística que distingue a este sitio en el análisis de APSI, la alta riqueza de especies y la gran cantidad de especies amenazadas en parte se debe a que en este sitio hay una particular abundancia de cactáceas, muchas de ellas en alguna categoría de conservación debido, entre otros factores, a la restringida distribución de estas. Entre ellas se puede mencionar a *Copiapoa laui* L. Diers, *Copiapoa taltalensis* (Werderm.) Looser, *Eriosyce esmeraldana* (F. Ritter) Katt., todas ellas "En Peligro" y a *Copiapoa serpentisulcata* F. Ritter, *Eriosyce rodentophila* F. Ritter y *Eriosyce taltalensis* (Hutchinson) Katt., todas ellas "Vulnerable".

La perturbación industrial parece ser muy débil en esta área, y aunque existe presencia de algunas faenas mineras, la influencia parece ser marginal. De igual manera, hay muy pocos registros de especies introducidas, hallándose sólo *Lythrum hyssopifolium* L.

Esta área se encuentra protegida en parte por el Parque Nacional Pan de Azúcar, el cual limita con la Quebrada La Cachina por el norte. A pesar de esto, muchas especies endémicas de Esmeralda tienen una representación marginal en el Parque.

El acceso vehicular es bueno, ya que el camino que une a la carretera con Esmeralda, La Madera y otras localidades del sector atraviesan el área priorizada y recorren las diferentes quebradas del sector. A pesar de que se mantienen a baja altitud, las cumbres del lugar excepcionalmente alcanzan grandes altitudes.

18- Morro Moreno (oeste)

Al igual que en otras áreas comentadas, el Morro Moreno abarca más de una grilla de estudio. Debido a esto, el área se describirá en su totalidad.

En esta área prioritaria hay una gran riqueza de especies, algunas de ellas amenazadas. Sin embargo, muchas de estas también se encuentran representadas en La Chimba, con excepción de *Asplenium peruvianum* Desv., especie categorizada en "Peligro Crítico". Ademas, esta área fue seleccionada por el análisis de APSI, por lo que se espera encontrar especies no representada en otras áreas.

A pesar de que la minería no causa mucha influencia en este lugar, la cercanía con Mejillones, sitio de alta concentración de actividad industrial, aporta alta influencia de esta en el Morro Moreno. La presencia de especies introducidas es muy baja, registrándose en este lugar sólo *Atriplex nummularia* Lindl., la cual incluso podría tratarse de un error de identificación o un individuo cultivado.

El área se encuentra inserta en el Parque Nacional Morro Moreno, lo que otorga una protección del lugar. De igual manera, se incluye en el Sitio Prioritario Península de Mejillones.

Folio004572

A pesar de que hay caminos de aproximación, se considera como si no los tuviera, ya que estos sólo se mantienen a baja altitud, siendo el área de mayor valor de biodiversidad restringida a las mayores altitudes del Morro Moreno.

III.2 Priorización de especies

Para el caso de las especies, se buscó determinar la importancia para la priorización respecto a unicidad evolutiva y distribución. A diferencia del catastro, esta priorización busca realizar un listado a partir de información cuantitativa evaluada mediante una ecuación. Sin embargo, las especies seleccionadas para analizar serán las mismas que incluye el catastro de especies más amenazadas ya mencionado. Como parte de este proceso de priorización, se consideró la realización de un taller con actores relevantes, en la cual la experiencia y conocimiento de los asistentes será usada para la toma de decisiones definitiva en cuanto a metodología y resultados, así mismo como la opinión de los expertos en el tema.

a) Metodología

A partir de la información recopilada, se procedió a priorizar las especies incluidas en el catálogo de la flora costera de la Región de Antofagasta. Para ésto, se calculó para cada una de ellas un índice de priorización para su conservación. Este índice se realizó según la fórmula de Guerrero et al. (2008) debido a que resulta sencillo y rápido. De manera adicional, se calculó una versión adaptada de este índice, principalmente para representar aspectos de valor filogenético y relictual en las especies estudiadas.

- Índice de priorización (*IP*)

El BBS creó un índice de priorización para cuantificar el grado de amenaza de determinadas especies (P. C. Guerrero et al., 2008), basándose en la distinción taxonómica y rango de distribución. Para todas las especies nativas incluidas en el catastro, se obtuvo el IP. El índice de una especie *i* se define como;

$$\boldsymbol{IP = 0,7 / \log_{10}[(D_i + 1)^2 + T_i]}$$

Del cual se utilizan dos variables explicadas a continuación:

- Amplitud de la distribución geográfica (D): Corresponde al número de regiones administrativas u otras unidades de distribución en que una especie se distribuye. La unidad depende de la información disponible, ya que pueden ser cuadrantes geográficos o grillas. En este caso, se seleccionó la opción de grillas de 30 x 30 arcmin de acuerdo a lo recomendado por Morrone (1994).

Folio004573

- Índice de distinción taxonómica (T): Es una medida explicita de valorización de la historia evolutiva de las especies, asociado a la diversidad genética inter-específica. Este se define de la siguiente manera;

$$T_i = NSP \times NG$$

Dónde:

NSP = Corresponde al número de especies en el género.

NG = Número de géneros en la familia.

- Índice de priorización modificado (*IPM*)

Debido al avance del conocimiento cuantitativo de las relaciones evolutivas de las especies, fue pertinente agregar al índice previamente mencionado un componente evolutivo y biogeográfico de medición para determinar el valor genético de las especies en el momento de priorizarlas para su conservación. Por esta razón, se modificó el índice de priorización para considerar estos aspectos. El IPM se definió por la sumatoria de dos componentes, correspondientes a la distribución geográfica y el valor taxonómico modificado del índice original.

$$IPM = {}^{1}/_{Dm_i + Tm_i}$$

Los componentes del índice modificado se definirán mediante los siguientes conceptos;

- Distribución geográfica (Dm_i)

El índice original mide el cuadrado de la distribución a partir del número de unidades (regiones o grillas) en las cuales se encuentra presente. En la presente modificación, no va a ser posible usar regiones administrativas a pesar de lo sencillo que resulta en la práctica, debido a que se considera necesario incluir la presencia de la especie en otros países para especies no endémicas, además de que las regiones no muestran uniformidad de tamaño. Por lo tanto, se recomienda el uso de grillas de igual tamaño para determinar este factor.

La modificación más importante en este componente será considerar las poblaciones disyuntas de la especie en caso de que hubiese. Debido a que el desierto costero de la Región de Antofagasta posee múltiples especies con gran rango de presencia, pero distribuidas en poblaciones fragmentadas, es necesario considerar su distribución total como metapoblación (Levins, 1969; van Nouhuys, 2016). Es posible que la población en el sitio de estudio no esté en constante intercambio genético con el resto de la metapoblación debido a su aislamiento en el Desierto de Atacama, lo que indica que la población local podría desarrollar un germoplasma considerablemente distinto a las otras poblaciones locales. Por lo tanto, se considera relevante medir este factor en el momento de priorizar la conservación de una población de la Región de Antofagasta. Para esto, en lugar de ocupar la fórmula $[(D_i + 1) \times (D_i + 1)]$ para determinar la distribución, en el cual D_i se considera como la extensión de la metapoblación, esta se modificará a Dm_i, definido como;

Folio004574

$$Dm_i = \sqrt{D_i^2 + \frac{P_{ij}}{A_{ij}+1}}$$

Donde;

D_i : Número de grillas de presencia de la especie *i*.

P_{ij} : Número de grillas de presencia de la población *j* de la especie *i*.

A_{ij} : Cantidad de grillas de separación entre la población *j* de la especie *i* con la población de la especie i más cercana.

Por ejemplo, *Gaultheria insana* es una especie que se distribuye desde la Región de Antofagasta hasta la Región de Magallanes. En un mapa de distribución con grillas (Figura 27), la metapoblación es de 12 cuadrículas. Sin embargo, para evaluar la única población conocida en la Región de Antofagasta, se considera sólo la población local presente en esta área, la cual sólo tiene 1 cuadrícula. Esta población local está distanciada por 4 cuadrículas a la población local más cercana (*i.e.* cordillera de Talca). Por lo tanto, la distribución geográfica se calculará de la siguiente manera;

$$Dm_i = \sqrt{D_i^2 + \frac{P_{ij}}{A_{ij}+1}}$$

$$Dm_i = \sqrt{12^2 + \frac{1}{4+1}}$$

$$Dm_i = 12{,}008$$

Folio004575

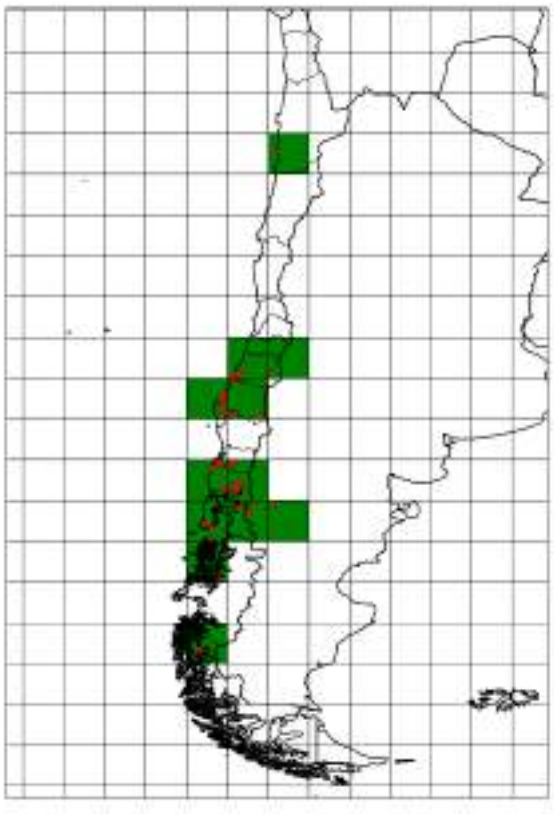


Figura 27. Distribución de *Gaultheria insana* en un mapa con grillas de gran tamaño solo a modo de ejemplo. Los datos de presencia son obtenidos de la base de datos de GBIF (https://www.gbif.org/).

El resultado de Dm_i resulta ser 12,008 debido al aislamiento geográfico de *G. insana* en la Quebrada El Rincón, cuyo valor de $\boldsymbol{D_i}$ en la formula hubiese sido ligeramente más bajo en caso de presentar una distribución continua.

- Valor taxonómico modificado (Tm_i) o unicidad genética

Debido a que los procesos evolutivos de los organismos no son homogéneos, determinadas grupos evolutivos han podido desarrollar una mayor o menor diversificación. Esto puede deberse a diversos factores intrínsecos, ambientales o estocásticos. En el caso de grupos con alta diversificación, es posible encontrar niveles taxonómicos con alto número de taxones, mientras que lo contrario ocurre cuando el número de taxones es muy bajo. Para estos últimos, la extinción de alguna de sus partes significa una perdida mucho mayor de germoplasma que en el de grupos altamente diversificados. De manera adicional, la pérdida de un taxón que es parte de un grupo altamente diversificado es fácilmente rellenado por un nuevo miembro del mismo grupo, debido a la similitud en rasgos funcionales que existe entre ellos. Por otro lado, un taxón raro que se extingue es difícilmente reemplazado si no es por convergencia evolutiva, y la pérdida de su funcionalidad ecosistémica puede desencadenar mayores pérdidas por la ruptura de las relaciones bióticas.

Actualmente, debido a los avances logrados en las últimas décadas alrededor de la genética molecular, el nivel de relación entre los organismos ha sido rápidamente resuelto, aunque aún quedan diversos grupos sin ser estudiados filogenéticamente. Esta nueva disciplina ha permitido cuantificar la relación entre las especies mediante filogenias y la

Folio004576

organización de los clados evolutivos en comunidades a través de modelos neutrales. De esta manera, la arbitrariedad de los grupos taxonómicos ha podido ser corregida.

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible cambiar la variable T_i del índice de priorización original a un método más cuantitativo. Actualmente se han desarrollado múltiples índices de aislamiento filogenético (Redding et al., 2014; Tucker et al., 2017), apuntando a detectar clados con la mayor longitud de ramas y menor cantidad de ramificaciones. Un índice enfocado en las especies y bastante utilizado corresponde al índice EDGE (ZSL, 2008), utilizado por la ONG del mismo nombre para enfocar la conservación de especies genéticamente únicas en el mundo. Basándose en este índice, es posible cambiar la multiplicación $\boldsymbol{T_i = NSP \times NG}$ por la siguiente sumatoria;

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{\boldsymbol{LR_i}}{\boldsymbol{NT_i}}$$

$\boldsymbol{LR_i}$ = Largo de la rama *i* que incluye a la terminal analizada

$\boldsymbol{NT_i}$ = Número de terminales que sostiene la rama *i*

n = Número total de ramas entre la raíz del cladograma y la terminal analizada

Los beneficios de este indicador es que es de fácil implementación. Sin embargo, es necesario utilizarlo en grupos con filogenias totalmente definidas. La ONG EDGE la utiliza en grupos de animales emblemáticos, donde los árboles filogenéticos están resueltos (Isaac et al., 2007; Safi et al., 2013). En el caso de este proyecto, requeriría la resolución filogenética de todas las plantas vasculares de la Región de Antofagasta, incluyendo las especies emparentadas a estas. A pesar de que la información molecular de diversos genes de especies de plantas se encuentra actualmente disponibles en el sitio web de GenBank (Clark et al., 2016), muchas especies de la costa de Antofagasta (sobre todo las con mayor endemismo) no han sido aún secuenciadas. Debido a que una secuenciación de las especies del Desierto de Atacama y sus parientes sería costosa en términos de recursos y tiempo, se planea determinar el nivel de aislamiento genético a partir de parámetros más fáciles de obtener.

El primer concepto para definir es que el largo de rama considerado acá más relevante para determinar unicidad genética para fines de conservación corresponde al de la rama que se encuentra tras el último nodo en que divergen dos terminales, debido a que es el que incluye información genético propio de la especie y no encontrado en otras. Esta diferenciación resulta al aislamiento genético entre las dos terminales divergentes. Ese largo es calculado como el nivel de reemplazo de bases entre los dos taxones, por lo que mientras mayor sea el aislamiento, se espera mayor longitud de rama. Otra forma de medir las unidades de largo es con tiempo. Cuando existen fósiles ubicables en el árbol filogenético, es posible calibrar el reloj molecular para determinar la edad de cada nodo de divergencia, así como representar en tiempo el largo de cada brazo. Por último, otra manera indicativa del nivel de aislamiento entre dos terminales es la distancia geográfica de presencia actual entre los dos taxones, ya que indica indirectamente el grado de aislamiento entre ellos. A pesar de que este método no ha sido tan utilizado por la posibilidad de verse afectado por otros factores, es fácil de calcular. Además, la relación entre la distancia

Folio004577

geográfica y la diferenciación genética se ha confirmado en diversas especies de plantas (*e.g.* Dias et al., 2016; Ge et al., 2005; Morente-López et al., 2018). Por lo tanto, para el IPM se considerará la distancia geográfica para determinar cuantitativamente el grado de diferenciación entre dos especies hermanas. Cuando el clado hermano del taxón estudiado este muy diversificado, se considerará la terminal más diferenciada del grupo, es decir, la que se infiere que ha divergido antes). En caso del análisis de especies que no han sido estudiadas filogenéticamente, se deberá recurrir a la taxonomía clásica. Para esto, se determinará la clasificación supraespecifica de mayor resolución que se haya propuesto en la literatura, y se considerará como especie hermana la que se encuentre en el mismo rango y se encuentre a la menor distancia geográfica.

El segundo concepto para definir es respecto a los rangos taxonómicos superiores. Efectivamente tienen un valor importante al indicar el grado de unicidad taxonómica, aunque la divergencia entre dos taxones hermanos omite la historia evolutiva previa a su divergencia. Para esto, se considerará la diversidad taxonómica de los grupos en que se posiciona la especie estudiada, como se indica en el índice original. Esto corresponde a $\boldsymbol{NSP \times NG}$. A diferencia del índice original, el modificado contempla el conteo de taxones fuera de Chile, para no sesgar la información. Debido a que *G* (número de géneros en la familia) converge en lo que terminaría siendo el origen de la familia botánica del taxón estudiado, se usará el cálculo de la edad de cada familia de plantas estudiada para éste. A pesar de que para muchas familias no existe consenso sobre su edad, a partir de diversas fuentes puede estimarse un valor, el cual debe ser constante al comparar todos los taxones estudiados. Al usar la edad de las familias (medido en miles o millones de años), los valores pueden verse afectados por números muy altos. De igual manera, la diferencia en la diversidad de taxones puede afectar mucho el índice, por lo que se expresará este valor como una tasa de diversificación por unidad de tiempo (Tasa de Diversificación Genética; *TDG*). Esta tasa se medirá de la siguiente manera;

$$\boldsymbol{TDG = \sqrt{S_i \times G_i}/E_i}$$

Donde;

E_i : Edad de la familia al que pertenece la especie *i*.

S_i: Número de especies pertenecientes al género de la especie *i*.

G_i: Número de géneros pertenecientes a la familia de la especie *i*.

Para las variables E_i, S_i y G_i, se usará como fuente la información incluida en Stevens (2001). En el caso de la edad de la familia, se promediarán los datos indicados en la fuente anteriormente mencionada.

Por lo tanto, el valor de unicidad taxonómica modificada se determinará de la siguiente manera;

$$\boldsymbol{Tm_i = \frac{TDG}{DG + 1}}$$

Folio004578

$$Tm_i = \frac{\sqrt{S_i \times G_i}/E_i}{H_i + T_i}$$

Donde;

H_i : Cantidad de grillas de separación entre la especie *i* con su especie hermana.

T_i : Número de taxones terminales que divergen de la especie *i*.

A modo de ejemplo, *Copiapoa solaris* es una especie de la familia Cactaceae, para la cual se estiman 139 géneros, y según múltiples autores (Arakaki et al., 2011; Hernández-Hernández et al., 2014; Hershkovitz & Zimmer, 1997; Tank et al., 2015), su edad se estima alrededor de 30 Ma. En promedio del valor dado por los trabajos mencionados, se considerará una edad de 28,7 Ma, el cual es un valor acompañado por una baja desviación. En cuanto al género, para *Copiapoa* se estiman 32 especies. A partir de una inferencia realizada a partir de tres marcadores de ADN, Larridon et al. (2015) determinaron que la especie hermana de *C. solaris* corresponde a una variedad de *C. humilis*, la cual posteriormente debe ser ascendida a nivel de especie por esta razón, actualmente determinada como "*C. australis"*. Esta última se encuentra a los alrededores del puerto de Huasco, mientras que C. solaris se encuentra en la zona de Blanco Encalada y el norte de Antofagasta (Figura 28).

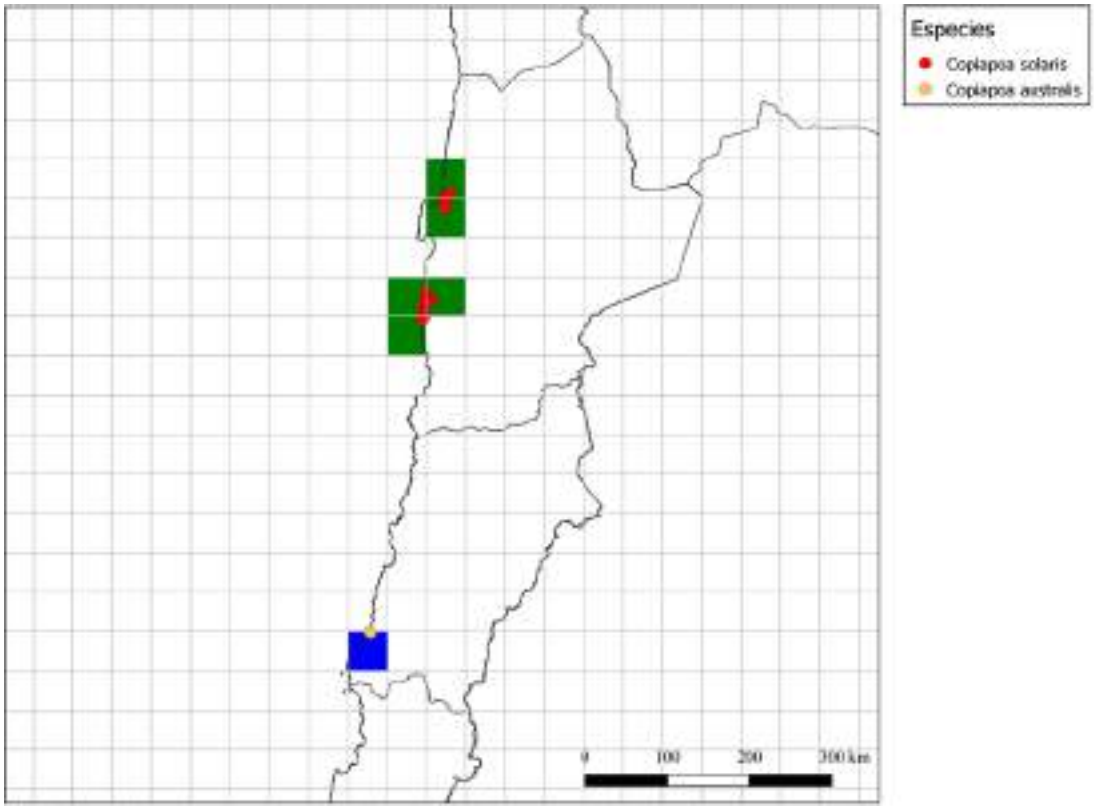


Figura 28. Distribución de *C. solaris* respecto de la distribución de *C. australis* en cuanto a su presencia sobre grillas. Los datos de presencia son obtenidos de la base de datos de GBIF (https://www.gbif.org/).

Folio004579

Debido a los valores obtenidos, se resuelve el factor de unicidad filogenética de la siguiente manera;

$$Tm_i = \frac{\sqrt{S_i \times G_i}/E_i}{H_i + T_i}$$

$$Tm_i = \frac{\sqrt{32 \times 139}/28,7}{7 + 1}$$

$$Tm_i = \frac{0.4556}{8}$$

$$Tm_i = 0.05695$$

Aquellos casos en que la especie analizada no tenga solo una especie hermana, sino que diverja con un clado de varias especies, el valor de T corresponderá al número de terminales en este clado. En estos casos, para determinar la distancia geográfica, esta será con la población de la especie más cercana del grupo que conforma el clado hermano. Por ejemplo, según Larridon et al. (2015), *Copiapoa longistaminea* diverge de una clado monofilético compuesto por *C. rupestris*, *C. aphanes* y *C. desertorum*, siendo *C. rupestris* la especie más cercana geográficamente. En este caso, el valor de T será 3, y el valor de H será 0 debido a la cercanía de las poblaciones. En caso de especies en que la fuente de información de esta haya sido a partir de criterios morfológicos en lugar de moleculares, el valor de T será 1.

Finalmente, la notación del índice de priorización modificado será la siguiente;

$$\frac{1}{\sqrt{D_i^2 + \frac{P_{ij}}{A_{ij} + 1}} + \frac{\sqrt{S_i \times G_i}/E_i}{H_i + T_i}}$$

b) Resultados

A partir de las especies de mayor importancia jerárquica en las 6 primeras categorías del catastro, se calculó tanto el Índice de Priorización (IP) como el Índice de Priorización Modificado (IPM). Los resultados de 146 taxones correspondientes a 138 especies se muestran en la Cuadro 23 y con sus respectivos detalles en el Anexo III.1 y en el archivo del Anexo III.1. Se muestran 181 valores distintos debido a que en el caso de presentarse más de una población en la zona de estudio a una distancia superior a ca. 55 km (30 arcmin) entre ellas, estas se consideraron disyuntas, por lo tanto, se le asignaron valores diferentes a cada una de estas de acuerdo a su tamaño poblacional, tal como se explicó en la metodología.

Es necesario indicar que no fue posible encontrar información para calcular el IPM de 3 especies. La primera, *Dioscorea tenella* (endémica del segmento Paposo), pareciera que también podría estar en la Región de Coquimbo (R.

Folio004580

Rodríguez, Marticorena, Alarcón, Baeza, Cavieres, Finot, Fuentes, Kiessling, Mihoc, Pauchard, Ruiz, Sanchez, et al., 2018), aunque esta información no es clara. *Erigeron paposanus* (endémica regional), podría tratarse de una especie de *Conyza*, por lo que sus relaciones filogenéticas no son claras (Solbrig, 1962). Por último, *Hypochaeris foliosa* (endémica del desierto costero de Taltal), no se pudo encontrar información sobre sus relaciones.

De manera adicional, se muestra en el Anexo III.2 los valores usados para determinar la tasa de diversificación (número de géneros por familia, número de especies por género y edad de la familia), además de cada especie incluida en el Catastro junto a su especie hermana, incluyendo la fuente bibliográfica del dato.

Cuadro 23. Listado de las 138 especies incluidas en el catastro de la flora costera de la Región de Antofagasta, evaluadas usando el Índice de Priorización Modificado.

VALOR PRIORIZACIÓN	ESPECIE	POBLACIÓN	IPM
1	Heliotropium jaffuelii I. M. Johnst.		0.688
2	Rimacactus laui (Luthy) Mottram		0.685
3	Malesherbia tocopillana Ricardi		0.680
4	Malesherbia humilis var. taltalina (Ricardi) Gengler		0.679
5	Dioscorea biloba subsp. biloba (Phil.) Caddick & Wilkin		0.676
6	Linum cremnophilum I. M. Johnst.		0.663
7	Copiapoa conglomerata (F. Phil.) Lembcke		0.650
8	Cistanthe chrysantha (I. M. Johnst.) Peralta & D. I. Ford		0.629
9	Tillandsia tragophoba M. O. Dillon		0.615
10	Plantago johnstonii Pilg.		0.615
11	Adesmia gracillima I. M. Johnst.		0.578
12	Plantago nebularis Hassemer		0.559
13	Reyesia cactorum (I. M. Johnst.) D'Arcy		0.534
14	Calandrinia sitiens I. M. Johnst.		0.500
15	Copiapoa decorticans N. P. Taylor & G. J. Charles		0.499
16	Lathyrus lomanus I. M. Johnst.		0.487
17	Oxalis ricardii Lourteig		0.485
18	Nolana onoana M. O. Dillon & M. Nakaz.		0.468
19	Mathewsia collina I. M. Johnst.		0.459
20	Copiapoa montana F. Ritter		0.454
21	Sibara dilloniorum Al-Shehbaz		0.446
22	Spergularia aberrans I. M. Johnst.		0.430
23	Senecio botijae C. Ehrh.		0.422
24	Dioscorea cylindrostachya I. M. Johnst.	Antofagasta	0.420
25	Dioscorea cylindrostachya I. M. Johnst.	Miguel Díaz	0.420
26	Griselinia carlomunozii M. O. Dillon & Muñoz-Schick		0.405
27	Calceolaria rinconada Ehrh.		0.400
28	Bipinnula taltalensis I. M. Johnst.		0.391
29	Copiapoa humilis subsp. tenuissima (F. Ritter) G. Charles		0.385
30	Bowlesia paposana I. M. Johnst.		0.380
31	Nolana lachimbensis M. O. Dillon & Luebert		0.378

Folio004581

VALOR PRIORIZACIÓN	ESPECIE	POBLACIÓN	IPM
32	Eriosyce recondita (F. Ritter) Katt.		0.376
33	Palaua modesta Reiche		0.373
34	Oxalis ericoides R. Knuth		0.369
35	Copiapoa grandiflora F. Ritter		0.359
36	Plectocephalus atacamensis (Reiche) Penneck. & Chaura		0.358
37	Plectocephalus cachinalensis (Phil.) N. García & Susanna		0.352
38	Dalea azurea (Phil.) Reiche		0.351
39	Copiapoa laui L. Diers		0.329
40	Drymaria paposana var. paposana Phil.	Tocopilla	0.323
41	Drymaria paposana var. paposana Phil.	Paposo	0.319
42	Alstroemeria graminea Phil.		0.311
43	Viola taltalensis var. glaberrima W. Becker		0.308
44	Viola taltalensis var. taltalensis W. Becker		0.308
45	Spergularia cremnophila I. M. Johnst.		0.292
46	Monttea chilensis var. taltalensis Reiche		0.286
47	Berberis litoralis Phil.		0.283
48	Nolana dianae M. O. Dillon		0.283
49	Nolana philippiana M. O. Dillon & Luebert		0.283
50	Palaua concinna I. M. Johnst.		0.282
51	Heliotropium inconspicuum Reiche		0.279
52	Proustia cuneifolia subsp. tipia (Phil.) Luebert		0.277
53	Eulychnia saint-pieana F. Ritter		0.277
54	Cryptantha taltalensis I. M. Johnst.		0.276
55	Copiapoa humilis subsp. tocopillana (F. Ritter) G. Charles		0.275
56	Calandrinia taltalensis I.M. Johnst.	Morro Moreno	0.275
57	Dicliptera paposana Phil.		0.273
58	Calandrinia taltalensis I.M. Johnst.	Paposo	0.271
59	Heliotropium philippianum I. M. Johnst.		0.270
60	Oxalis matancillae Lourteig		0.267
61	Copiapoa angustiflora Helmut Walter, G. J. Charles & Mächler		0.265
62	Copiapoa aphanes Mächler & Helmut Walter		0.265
63	Copiapoa cinerea var. krainziana (F. Ritter) Slaba		0.265
64	Copiapoa desertorum F. Ritter		0.265
65	Copiapoa esmeraldana F. Ritter		0.265
66	Copiapoa longistaminea F. Ritter		0.265
67	Copiapoa rarissima F. Ritter		0.265
68	Croton chilensis Müll. Arg.		0.264
69	Nolana tocopillensis (I. M. Johnst.) I. M. Johnst.	Río Loa	0.263
70	Nolana elegans (Phil.) Reiche		0.261
71	Nolana tocopillensis (I. M. Johnst.) I. M. Johnst.	Tocopilla	0.257
72	Cristaria leucantha I. M. Johnst.		0.256
73	Heliotropium taltalense (Phil.) I. M. Johnst.		0.254
74	Tropaeolum beuthii Klotzsch	Tocopilla	0.247
75	Polyachyrus cinereus Ricardi & Weldt	Miguel Díaz	0.247

Folio004582

VALOR PRIORIZACIÓN	ESPECIE	POBLACIÓN	IPM
76	Tropaeolum beuthii Klotzsch	Paposo	0.244
77	Heliotropium eremogenum I. M. Johnst.	Tocopilla	0.242
78	Polyachyrus cinereus Ricardi & Weldt	Esmeralda	0.242
79	Heliotropium eremogenum I. M. Johnst.	Antofagasta	0.239
80	Senna cumingii var. eremobia (Phil.) H.S.Irwin & Barneby		0.234
81	Viola huesoensis Martic.		0.234
82	Oxalis morenoensis Lourteig	Miguel Díaz	0.228
83	Senna paposana (Phil.) Zoellner & San Martin		0.228
84	Spergularia denticulata Phil.		0.225
85	Oxalis morenoensis Lourteig	Morro Moreno	0.224
86	Gutierrezia espinosae Acevedo		0.219
87	Nolana balsamiflua (Gaudich.) Mesa		0.216
88	Eulychnia taltalensis (F. Ritter) Hoxey		0.216
89	Oxalis caesia Phil.		0.210
90	Eriosyce esmeraldana (F. Ritter) Katt.		0.203
91	Eriosyce malleolata (F. Ritter) P. C. Guerrero & Helmut Walter		0.203
92	Eriosyce paucicostata subsp. floccosa (Ritter) R. Ferryman		0.203
93	Eriosyce taltalensis subsp. pygmaea R. Ferryman		0.203
94	Cristaria concinna Phil.		0.203
95	Cristaria fuentesiana I. M. Johnst.		0.203
96	Cistanthe lamprosperma (I. M. Johnst.) Peralta & D. I. Ford	Antofagasta	0.202
97	Cistanthe lamprosperma (I. M. Johnst.) Peralta & D. I. Ford	Paposo	0.198
98	Presliophytum sessiliflorum (Phil.) R.H. Acuña & Weigend	Tocopilla	0.195
99	Presliophytum sessiliflorum (Phil.) R.H. Acuña & Weigend	Antofagasta	0.194
100	Presliophytum sessiliflorum (Phil.) R.H. Acuña & Weigend	Botija	0.194
101	Presliophytum sessiliflorum (Phil.) R.H. Acuña & Weigend	Esmeralda	0.194
102	Nolana diffusa I. M. Johnst.		0.192
103	Nolana inconspicua (I. M. Johnst.) I. M. Johnst.	Tocopilla	0.190
104	Viola johnstonii W. Becker		0.189
105	Nolana inconspicua (I. M. Johnst.) I. M. Johnst.	Antofagasta	0.187
106	Copiapoa solaris (F. Ritter) F. Ritter	Antofagasta	0.185
107	Copiapoa solaris (F. Ritter) F. Ritter	El Cobre	0.184
108	Gymnophyton foliosum Phil.		0.179
109	Nolana clivicola (I. M. Johnst.) I. M. Johnst.		0.177
110	Nolana flaccida (Phil.) I. M. Johnst.		0.177
111	Nolana ramosissima I. M. Johnst.		0.177
112	Copiapoa rupestris F. Ritter		0.177
113	Copiapoa taltalensis (Werderm.) Looser		0.177
114	Copiapoa cinerea var. columna-alba (F. Ritter) Backeb.		0.172
115	Copiapoa humilis subsp. humilis (Phil.) Hutchison		0.172
116	Eriosyce rodentiophila F. Ritter		0.169
117	Eriosyce occulta Katt.		0.168
118	Eriosyce paucicostata subsp. echinus (Ritter) R. Ferryman		0.168
119	Spergularia stenocarpa (Phil.) I. M. Johnst.	Tocopilla	0.166

Folio004583

VALOR PRIORIZACIÓN	ESPECIE	POBLACIÓN	IPM
120	Spergularia stenocarpa (Phil.) I. M. Johnst.	Morro Moreno	0.166
121	Spergularia stenocarpa (Phil.) I. M. Johnst.	Pan de Azúcar	0.166
122	Spergularia stenocarpa (Phil.) I. M. Johnst.	Paposo	0.165
123	Peperomia doellii Phil.	Antofagasta	0.163
124	Sibara anethifolia (Phil.) Al-Shehbaz		0.163
125	Sibara macrostachya (Phil.) Al-Shehbaz		0.163
126	Peperomia doellii Phil.	Paposo	0.161
127	Glandularia atacamensis (Reiche) J. M. Watson & A. Hoffm.	Tocopilla	0.158
128	Glandularia atacamensis (Reiche) J. M. Watson & A. Hoffm.	Esmeralda	0.158
129	Glandularia atacamensis (Reiche) J. M. Watson & A. Hoffm.	Paposo	0.155
130	Paposoa laeta (Phil.) N. García		0.154
131	Cristaria ovata Muñoz-Schick	Paposo	0.153
132	Cristaria ovata Muñoz-Schick	Esmeralda	0.153
133	Euphorbia lactiflua Phil.		0.147
134	Trichocereus deserticola (Werderm.) Looser		0.144
135	Copiapoa boliviana (Pfeiff.) F. Ritter		0.144
136	Synammia espinosae (Weath.) G. Kunkel	Morro Moreno	0.141
137	Calceolaria paposana Phil.	Tocopilla	0.141
138	Synammia espinosae (Weath.) G. Kunkel	Paposo	0.140
139	Calceolaria paposana Phil.	Paposo	0.140
140	Ophryosporus anomalus R. M. King & H. Rob.		0.134
141	Oxyphyllum ulicinum Phil.		0.133
142	Puya boliviensis Baker	Tocopilla	0.133
143	Puya boliviensis Baker	Antofagasta	0.133
144	Puya boliviensis Baker	Las Lomitas	0.133
145	Adesmia melanocaulos Phil.		0.133
146	Heliotropium linariifolium Phil.		0.132
147	Puya boliviensis Baker	Paposo	0.132
148	Schizanthus lacteus Phil.		0.129
149	Copiapoa cinerea var. cinerea (Phil.) Britton & Rose		0.128
150	Eriosyce paucicostata subsp. paucicostata (F. Ritter) Ferryman		0.125
151	Eriosyce taltalensis subsp. taltalensis (Hutchinson) Katt.		0.125
152	Tigridia philippiana I. M. Johnst.	Tocopilla	0.121
153	Tigridia philippiana I. M. Johnst.	Morro Moreno	0.121
154	Tigridia philippiana I. M. Johnst.	Pan de Azúcar	0.121
155	Tigridia philippiana I. M. Johnst.	Paposo	0.120
156	Nolana incana (Phil.) I. M. Johnst.		0.116
157	Deuterocohnia chrysantha (Phil.) Mez		0.115
158	Eriosyce iquiquensis (F. Ritter) Ferryman		0.104
159	Atriplex taltalensis I. M. Johnst.		0.099
160	Senecio antofagastanus Cabrera		0.099
161	Adesmia viscidissima I. M. Johnst.	Antofagasta	0.096
162	Astragalus cachinalensis Phil.	Morro Moreno	0.096
163	Adesmia viscidissima I. M. Johnst.	Paposo	0.095

Folio004584

VALOR PRIORIZACIÓN	ESPECIE	POBLACIÓN	IPM
164	Astragalus cachinalensis Phil.	Paposo	0.094
165	Senecio philippicus Regel & Körn.		0.082
166	Gypothamnium pinifolium Phil.		0.080
167	Gutierrezia taltalensis Phil.		0.075
168	Eulychnia iquiquensis (K. Schum.) Britton & Rose		0.075
169	Prosopis tamarugo Phil.		0.072
170	Cistanthe cachinalensis (Phil.) Peralta & D. I. Ford	Tocopilla	0.056
171	Cistanthe cachinalensis (Phil.) Peralta & D. I. Ford	Antofagasta	0.056
172	Cistanthe cachinalensis (Phil.) Peralta & D. I. Ford	Paposo	0.056
173	Astragalus paposanus I. M. Johnst.		0.041
174	Senecio almeidae Phil.		0.036
175	Senecio pseudalmeidae Cabrera		0.036
176	Polypodium pycnocarpum C. Chr.	Morro Moreno	0.032
177	Polypodium pycnocarpum C. Chr.	Paposo	0.032
178	Salvia tubiflora Sm.		0.032
179	Asplenium peruvianum Desv.	Morro Moreno	0.021
180	Asplenium peruvianum Desv.	El Rincón	0.021
181	Lycium boerhaviaefolium L. f.		0.009

III.3 Talleres de validación

Al igual que en el catastro de especies más amenazadas, se realizó un taller para mostrar los resultados obtenidos hasta ese momento, de manera de recibir contribuciones para la metodología y resultados. En esta ocasión, el taller contó con la presencia de dos expertos para la aprobación del contenido expuesto.

a) Metodología

Para la validación de los resultados obtenidos a través de la metodología anteriormente descrita, se realizó una reunión tipo taller para discutir y analizar con actores clave la metodología y resultados para la obtención de esta priorización.

Para esto, el 19 de enero del 2021 se realizó un taller de determinación de las especies y áreas a incluir en la priorización de estas. Este taller se realizó de manera remota utilizando la plataforma Teams con asistentes correspondientes a miembros de organizaciones y servicios públicos incluidos en las bases de este estudio, los cuales tienen como misión proteger, conservar y defender el patrimonio natural.

Teniendo esto presente, el taller estuvo compuesto de las etapas a continuación.

- Invitación a participantes

En forma previa al encuentro se envió a los participantes (mapa de actores) una minuta de presentación y contexto del

Folio004585

proyecto y una minuta técnica que señala los criterios y variables a utilizar para la selección de especies y áreas prioritarias para la aplicación de medidas de conservación.

- Presentaciones

En la actividad se realizarón dos presentaciones. La primera fue una explicación de la metodología usada para la priorización de especies mediante el cálculo del indicador IPM explicado previamente. La segunda presentación fue para exponer las variables propuestas para la designación de áreas prioritarias mediante la metodología de grillas. Tal como se explicó previamente, estas variables se basaban en criterios de biodiversidad (riqueza y especies amenazadas) y de amenazas (perturbación industrial y especies amenazadas).

- Validación de los resultados

En concordancia al programa de la actividad, se aplicó a los asistentes un formulario tipo encuesta por cada tema (especies y áreas a priorizar), en forma posterior a cada presentación, con el objetivo de validar los criterios propuestos.
Finalmente, se dio a conocer a la audiencia los resultados de los formularios aplicados y las observaciones evidenciadas en ellos. Acordando que se enviará por correo electrónico el formulario a aquellos asistentes que no contestaron en la instancia, otorgándoles más tiempo para responder, ya que su opinión es de relevancia para la selección de especies y áreas. De manera adicional, fueron invitadas dos personas en calidad de experto para dar su validación especializada de la metodología utilizada.

b) Resultados

El taller contó con la presencia de 33 asistentes pertenecientes a las instituciones identificadas en el mapa de actores, vinculadas a la conservación de la flora costera y áreas protegidas de la Región. Los porcentajes de participación por sector se pueden observar en la Cuadro 24. Las instituciones presentes en el taller fueron SEREMI Medio Ambiente de la Región de Atacama, CONAF Antofagasta, CONAF Atacama, CONAF Coquimbo, Universidad Católica del Norte, Universidad de Antofagasta, CREA de la Universidad de Antofagasta, Unidad de Recursos Naturales Renovables, SAG Antofagasta, SEREMI del Medio Ambiente, Región de Antofagasta, Ministerio del Medio Ambiente, Nivel central, SEREMI de Agricultura, Región Antofagasta, SEREMI de Obras Públicas Antofagasta, Gobierno Regional de Antofagasta, Geobiota, Universidad de Playa Ancha y Rafael Castro Meza (SEREMI del Medio Ambiente, Región de Antofagasta), entre otros.

Cuadro 24. Porcentaje de asistentes por tipo de institución.

Tipo de institución	**Porcentaje**
Universidades	17%

Folio004586

Tipo de institución	Porcentaje
Servicio público	73%
Institutos de investigación	1%
No se sabe	9%

Fuente: Elaboración propia.

Los expertos externos que asistieron correspondieron a las investigadoras Josefina Hepp (Dr.) y Pamela Ramírez (MSc.). Ambas estuvieron de acuerdo tanto con los criterios para la priorización de especies como de áreas para la conservación.

En el caso del formulario de consulta acerca de criterios para la definición de especies prioritarias para la conservación respondieron 18 personas. A los demás asistentes se les envió el formulario por correo electrónico con el fin de acoger todas las observaciones y aportes acerca del trabajo.

- Validación de áreas prioritarias

Para la metodología de las áreas prioritarias, la mayoría de los asistentes (92%) concuerda con los criterios y variables propuestos para la definición de áreas prioritarias, estando de acuerdo (62%) y muy de acuerdo (31%) con ellos. De igual manera, la mayoría de los asistentes (86%) están de acuerdo con el uso de grillas para el estudio de las áreas prioritarias (Figura 29).

Folio004587

Figura 29. Niveles de validación de la metodología propuesta para la priorización de areas.

- Validación de especies prioritarias

La validación de la metodología para priorizar especies fue en general positiva, siendo aceptada por los asistentes (Figura 30). La mayoría de los asistentes (~90%) concuerda con el método de priorización de especies, el criterio de distribución y el criterio para medir unicidad genética propuestos en el presente estudio, estando muy de acuerdo o de acuerdo con ellos.

Folio004588

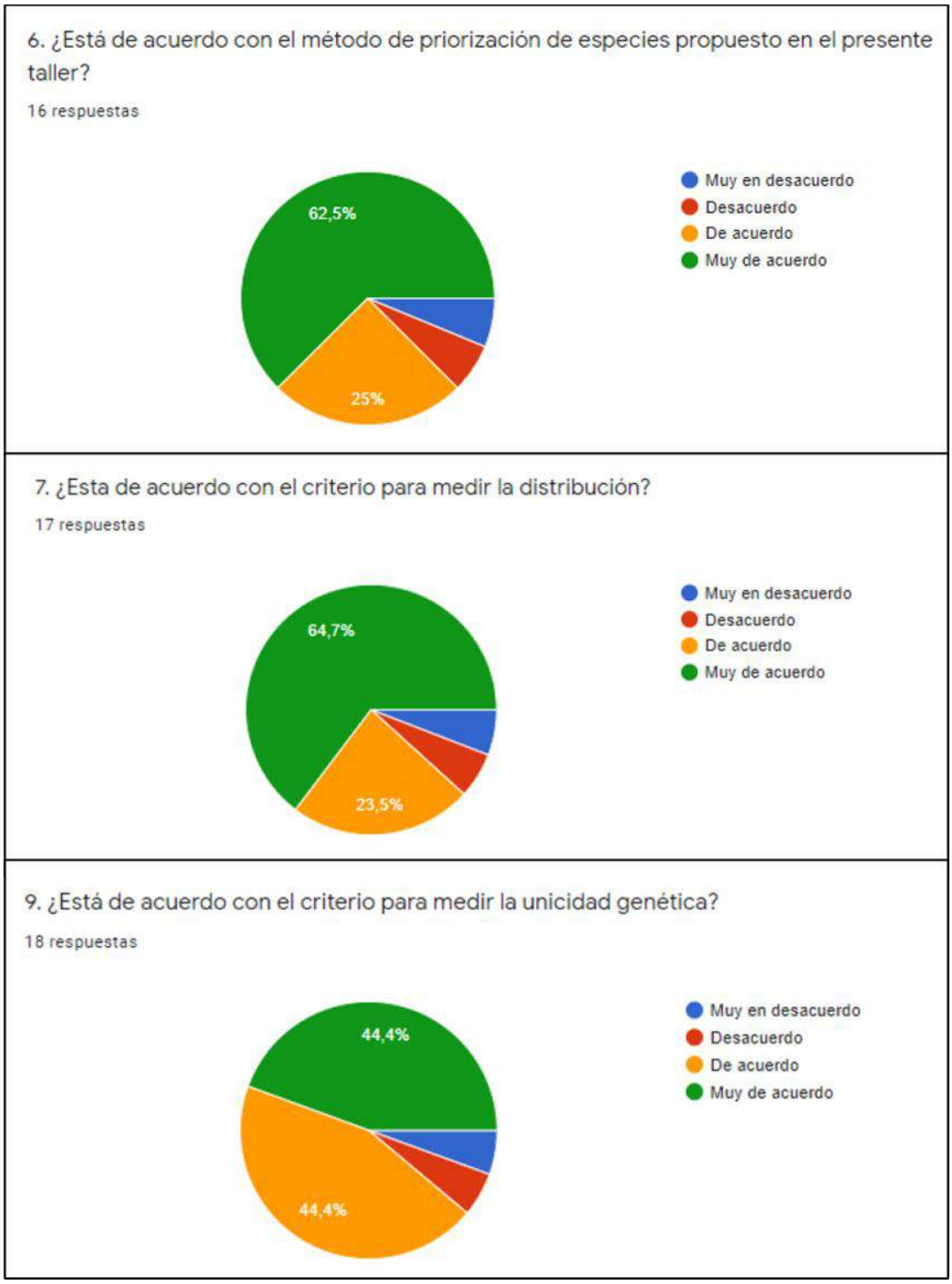


Figura 30. Niveles de validación de la metodología propuesta para la priorización de especies.

Folio004589

IV OBJETIVO 4: "Generar un diagnóstico del estado de condición de la flora costera de la región de Antofagasta"

Para la realización del diagnóstico de la flora, se consideró lo siguiente: copia digital de todas las publicaciones, informes técnicos y capítulos de libros utilizados en la sistematización, catastro florístico (especies y comunidades vegetales), cartografía digital georreferenciada de distribución y abundancia por especie o grupos de especies, análisis comparativo histórico sobre la data compilada además de un análisis de las amenazas y efecto sobre la flora costera regional.

IV.1 Comunidades vegetales

Debido a la extensión de la zona de estudio, y la dificultad de determinar las unidades vegetacionales del lugar tal como se hace tradicionalmente mediante la metodología de Cartas de Ocupación de Tierra (Etienne y Prado, 1982), la rodalización de la vegetación de la costa se realizó con ayuda de las parcelas de muestreo.
Para esto, se clasificó cada sitio de muestreo en unidades de vegetación. A partir de esto, se delimitaron estas unidades a partir de lo observado en terreno, usando como guía las curvas de nivel de la cordillera de la costa.

a) Determinación de unidades

Para determinar las unidades vegetacionales, se realizó una matriz de sitios/especies, para la cual se calculó el índice de disimilitud de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957). Los resultados de este se pueden observar en la Figura 31.

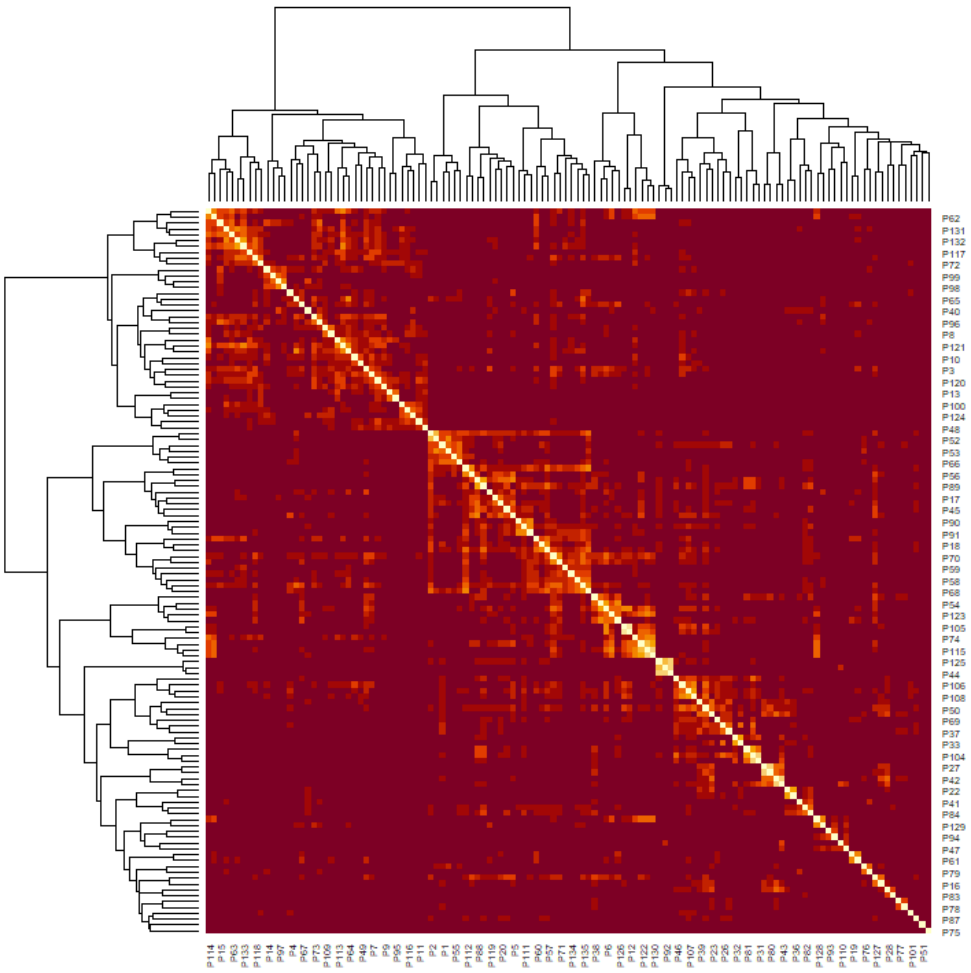


Figura 31. Gráfico de calor del índice de Bray-Curtis. Los colores más luminosos corresponden a valores más alto de similitud.

Teniendo estos valores, se realizó un Análisis de Similitud (ANOSIM) para determinar el valor del estadístico R. A partir de este, se puede observar bajo qué valor del índice Bray-Curtis se observa una mayor diferencia florística (con mayores valores del estadístico R). El estadístico R y los valores del índice Bray-Curtis se observan en la Figura 32. A partir de esto, se observan tres valores en que el estadístico R alcanza “peaks”, los cuales indican las mayores diferencias entre la flora.

Folio004591

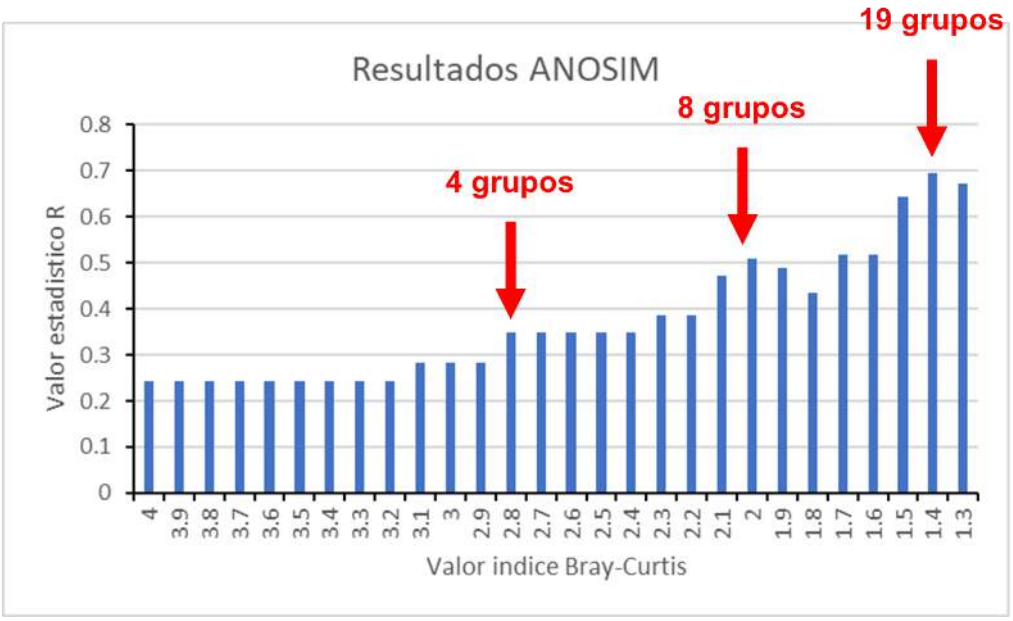
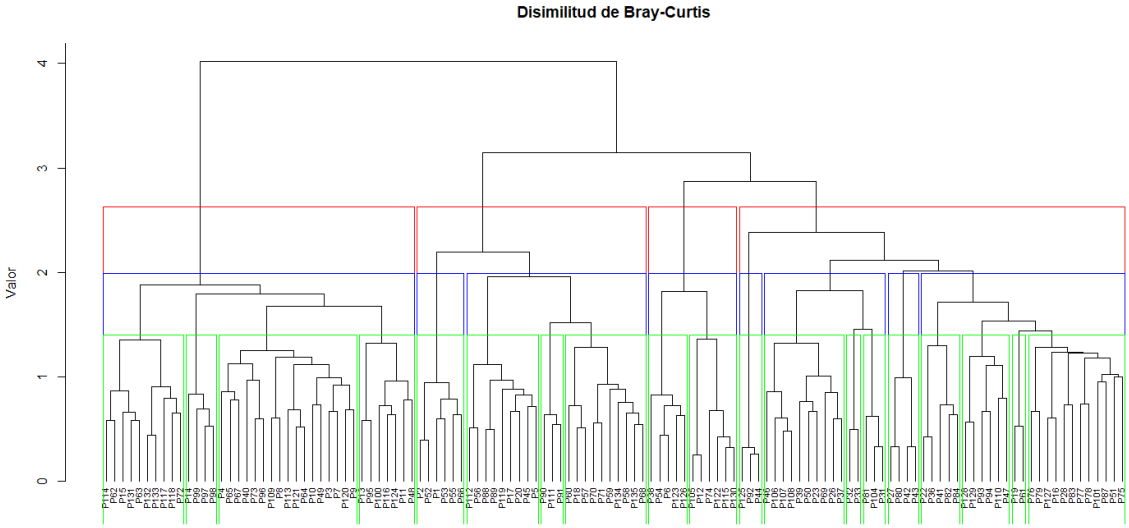


Figura 32. Valores del estadístico R frente al índice Bray-Curtis. Se indica la cantidad de grupos en que se divide el cladograma para cada valor del índice Bray-Curtis.

Los "peaks" del estadístico R se dan cuando el índice Bray-Curtis es 2,8 (formando cuatro grupos), 2 (formando ocho grupos) y 1,4 (formando 19 grupos). Determinado por esto, se agruparon las parcelas en cuatro tipos vegetacionales, ocho formaciones vegetacionales y 19 comunidades vegetacionales. En la Figura 33 se observa los grupos formados por cada uno de estos valores, los cuales son denominados en la Cuadro 25 a partir de las especies dominantes en cada unidad.



Folio004592

Figura 33. Cladograma de disimilitud de Bray-Curtis, donde se observan las divisiones determinadas por el análisis ANOSIM para cada valor del índice. Rojo = tipos vegetacionales, azul = formaciones vegetacionales, verde = comunidades vegetacionales.

Cuadro 25. Resumen de las jerarquías vegetacionales determinadas.

Tipo vegetacional	Formación vegetacional	Comunidad vegetacional
Eulychnia taltalensis - Nolana ramosissima (correspondiente a las lomas u oasis de niebla)	*Eulychnia taltalensis - Nolana ramosissima*	*Euphorbia lactiflua - Leucostele deserticola*
		Atriplex taltalensis - Cristaria tenuissima
		Eulychnia taltalensis - Cristaria integerrima
		Bahia ambrosioides - Nolana elegans
Tetragonia maritima - Heliotropium pycnophyllum (correspondiente al desierto costero de Taltal)	*Nolana villosa - Gypothamnium pinifolium*	*Nolana villosa - Gypothamnium pinifolium*
	Tetragonia maritima - Heliotropium pycnophyllum	*Tetragonia maritima - Heliotropium pycnophyllum*
		Heliotropium pycnophyllum - Nassella pungens
		Tetragonia maritima - Nolana incana
Cristaria integerrima - Copiapoa gigantea (correspondiente a formaciones de Copiapoa)	*Cristaria integerrima - Copiapoa gigantea*	*Cristaria integerrima - Copiapoa gigantea*
		Copiapoa gigantea - Nolana sedifolia
Tetragonia maritima - Nolana peruviana (correspondiente al desierto costero de Tocopilla)	*Copiapoa solaris - Heliotropium pycnophyllum*	*Copiapoa solaris - Heliotropium pycnophyllum*
	Tetragonia maritima - Nolana peruviana	*Tetragonia maritima - Nolana sedifolia*
		Nolana balsamiflua - Nolana clivicola
		Malesherbia tocopillana - Nolana peruviana
	Philippiamra amaranthoides - Huidobria fruticosa	*Philippiamra amaranthoides - Huidobria fruticosa*
	Solanum brachyantherum - Nolana sedifolia	*Solanum brachyantherum - Nolana sedifolia*

Fuente: Elaboración propia.

b) Cartas de Ocupación de Tierra (COT)

Para determinar las unidades COT, se siguieron los resultados obtenidos mediante el análisis Bray-Curtis. Los mayores resultados del estadístico R en el análisis ANOSIM cortaron el dendrograma en 19 grupos. Sin embargo, las 19 comunidades no demuestran un claro patrón espacial, por lo que se asume que estas dependen de variables microecológicas. De manera adicional, no es posible determinar los limites de cada parche de las comunidades, debido a lo extenso del territorio evaluado. Debido a esto, se determinaron unidades COT a partir de las ocho formaciones vegetacionales obtenidas (Figura 34). Las capas de las unidades vegetacionales se encuentran en formato geodatabase en la carpeta “Vegetación” del Anexo digital, en la que se incluyen las unidades reunidas en los

Folio004593

tipos vegetacionales obtenidos (Oasis de niebla, Desierto de Taltal, Formación de *Copiapoa*, Desierto de Tocopilla y Área sin vegetación).

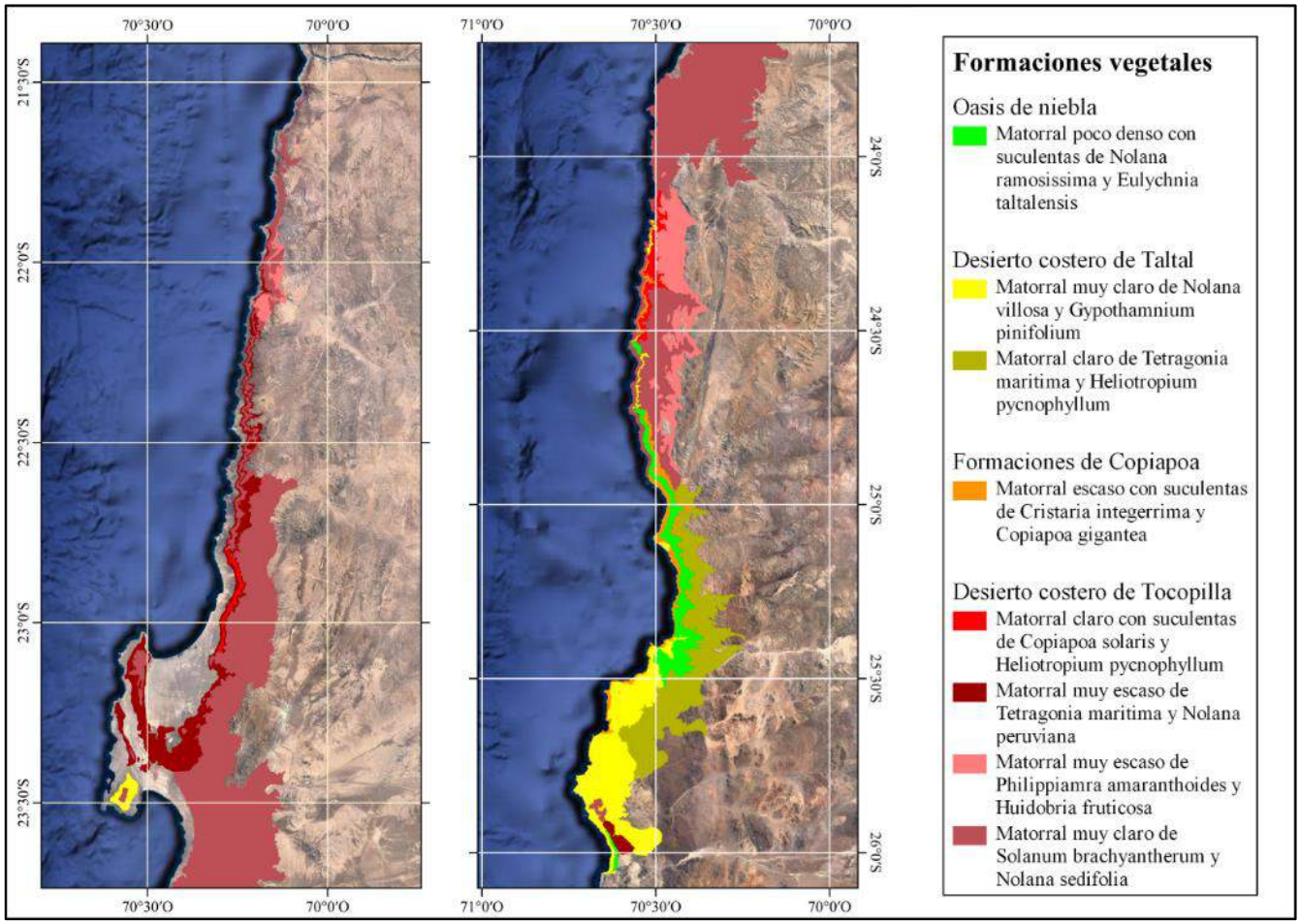


Figura 34. Distribución espacial de las unidades COT determinadas para el área de estudio.

Estas formaciones se describen a continuación, usando la metodología propuesta por Etienne y Prado (1982).

- **Oasis de niebla**

Para este tipo vegetacional solo se determinó una formación, la cual es descrita a continuación.

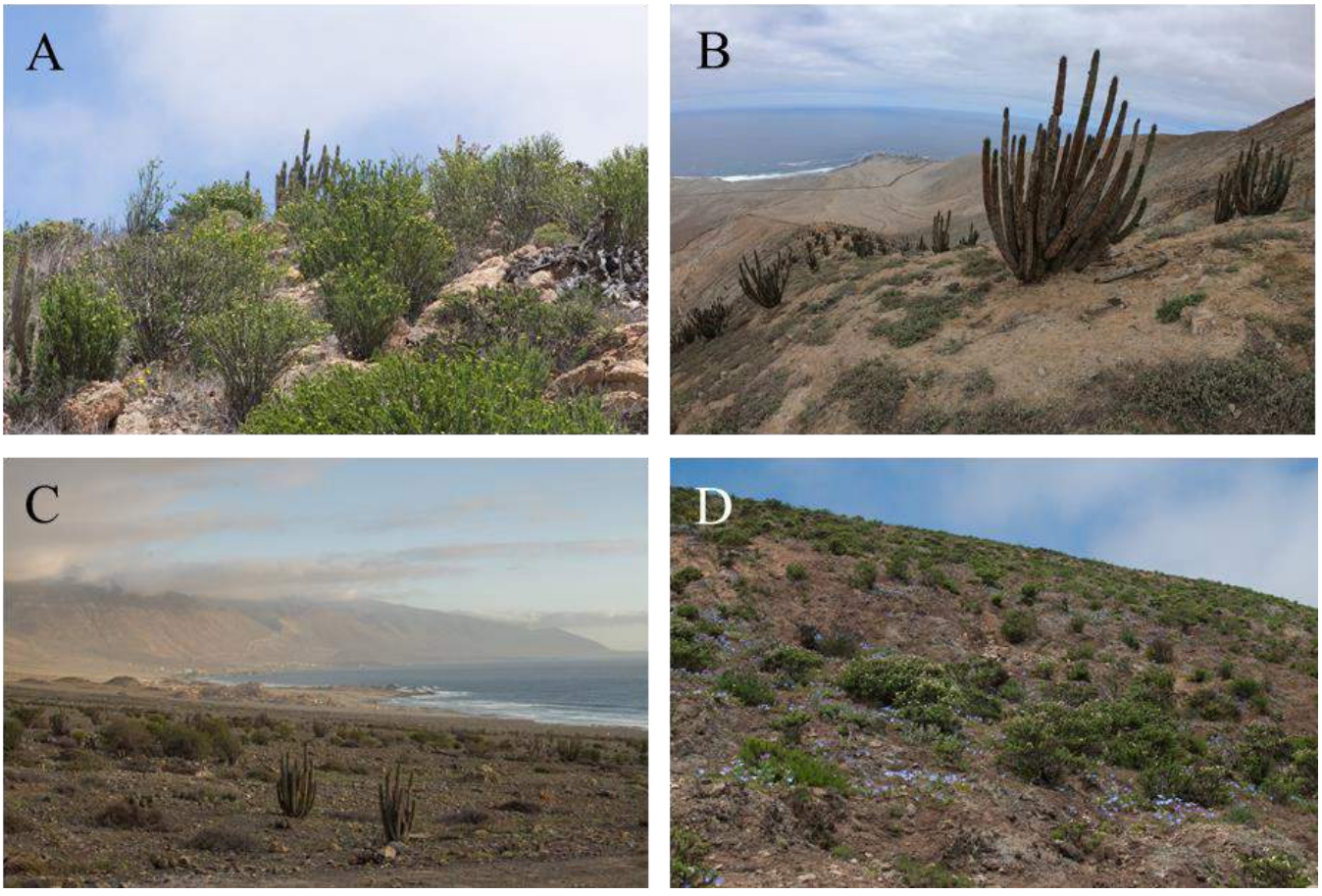
- Matorral poco denso con suculentas de *Nolana ramosissima* y *Eulychnia taltalensis*

Folio004594

Formación que se encuentra en sitios con mayor incidencia de la humedad costera, lo que permite un profuso desarrollo de la vegetación. Se encuentra formando una franja continua entre la Quebrada La Plata en el norte hasta Taltal en el sur. Además, presenta algunos parches aislados en Miguel Díaz y Las Lomitas en el Parque Nacional Pan de Azúcar. Altitudinalmente, se detectó esta formación entre los 200 a los 1.000 msnm.

A pesar de que en general no se observa un estrato leñoso alto, es posible encontrarlo muy raramente representado por arbustos que alcanzan desarrollo arbóreo en sitios con condiciones favorables, tales como *Proustia cuneifolia*, *Lycium leiostemum*, *Oxalis gigantea* y *Euphorbia lactiflua*, presentando una cobertura muy escasa. El estrato leñoso bajo está muy bien representado, por especies como *Nolana ramosissima*, *Euphorbia lactiflua*, *Ophryosporus triangularis*, *Bahia ambrosioides*, *Proustia cuneifolia*, *Balbisia peduncularis*, *Chenopodium petiolare*, *Heliotropioum taltalense* y *Croton chilensis*, presentando una cobertura poco densa. Por otro lado, el estrato herbáceo se encuentra representado por *Erodium cicutarium*, *Nolana elegans*, *Oziroe biflora*, *Alstroemeria violacea*, *Cristaria molinae*, *Plantago rancagua*, *Cryptantha filaginea* y *Nassella chilensis*, presentando una cobertura muy clara. La especie más representativa del estrato suculento corresponde a *Eulychnia taltalensis*, la cual comúnmente supera los 2 m. En este estrato también se encuentra acompañada de *Leucostele deserticola*, *Copiapoa montana* y *Eriosyce paucicostata*, presentando una cobertura muy clara.

La perturbación de esta formación se ve principalmente debida a la actividad ganadera.



Folio004595

Figura 35. Imágenes del matorral poco denso con suculentas de *Nolana ramosissima* y *Eulychnia taltalensis*. A = Comunidad de *Euphorbia lactiflua* y *Leucostele deserticola*, B = Comunidad de *Atriplex taltalensis* y *Cristaria tenuissima*, C = Comunidad de *Eulychnia taltalensis* y *Cristaria integerrima* y D = Comunidad de *Bahia ambrosioides* y *Nolana elegans*.

- **Desierto costero de Taltal**

Este tipo vegetacional comprende la extensión de la formación del mismo nombre determinada por Gajardo (1994). En este estudio, este tipo vegetacional se extiende continuamente desde Paposo en el norte hasta el límite regional, probablemente extendiéndose más hacia la Región de Atacama. Sin embargo, se encuentra discontinuamente en sitios con alta incidencia de niebla hasta la Península de Mejillones, reemplazando a la vegetación de oasis de niebla.

- Matorral muy claro de *Nolana villosa* y *Gypothamnium pinifolium*

Esta formación se encuentra principalmente en el sur de la Región de Antofagasta, extendiéndose hasta Paposo hacia el norte, hasta la zona de la Aguada de Jacinto Díaz. Altitudinalmente se encuentra desde alrededor de los 200 hasta aproximadamente los 900 msnm, siempre más alejado de la costa que la siguiente formación.

El estrato leñoso bajo se encuentra dominado por especies como *Nolana villosa*, *Gypothamnium pinifolium*, *Heliotropium linariifolium*, *Heliotropium pycnophyllum*, *Nolana divaricata* y *Tetragonia maritima*, formando una cobertura muy clara. El estrato herbáceo está dominado por *Cryptantha filaginea*, *Philippiamra celosioides*, *Helenium atacamense* y *Spergularia denticulata*. Por último, también se ha registrado un estrato suculento muy escaso, dominado principalmente por *Copiapoa desertorum* y poblaciones marginales de *Copiapoa cinerea* var. *columna-alba*.

En cuanto a la artificialización, esta formación presenta mayores perturbaciones debido a los residuos domiciliarios reunidos en basurales.

Folio004596

Figura 36. Imagen del matorral muy claro de *Nolana villosa* y *Gypothamnium pinifolium*.

- Matorral claro de *Tetragonia maritima* y *Heliotropium pycnophyllum*

Esta formación se encuentra principalmente en el sur de la Región de Antofagasta, aunque también corresponde a la continuación de la formación anterior hacia el norte, con presencia incluso en el Morro Moreno. Altitudinalmente se ha registrado desde alrededor de los 0 hasta aproximadamente los 800 msnm.

El estrato leñoso bajo se encuentra dominado por *Tetragonia maritima*, *Heliotropium pycnophyllum*, *Nolana sedifolia*, *Nolana incana*, *Cristaria integerrima* y *Frankenia chilensis*, presentando una cobertura muy clara. El estrato herbáceo se encuentra dominado por *Nassella pungens*, *Cryptantha filaginea*, *Jarava tortuosa*, *Oziroe biflora*, *Cistanthe cachinalensis*, *Cristaria aspera*, *Pleurophora pungens*, *Dalea azurea* y *Plantago nebularis*, presentando una cobertura muy clara. Por último, también se encuentra un rico estrato suculento, dominado por *Eulychnia saint-pieana*, *Copiapoa cinerea* var. *columna-alba*, *C. cinerea* var. *cinerea*, *C. boliviana*, *C. krainziana*, *Cumulopuntia sphaerica*, *Deuterocohnia chrysantha*, *Eriosyce iquiquensis*, *E. rodentiophila*, *E. paucicostata* y *E. recondita*, presentando una cobertura escasa.

Esta formación recibe distintas amenazas, pudiendo encontrarse residuos domiciliarios, aumento de herbívoros, expansión urbana y obras civiles.

Folio004597

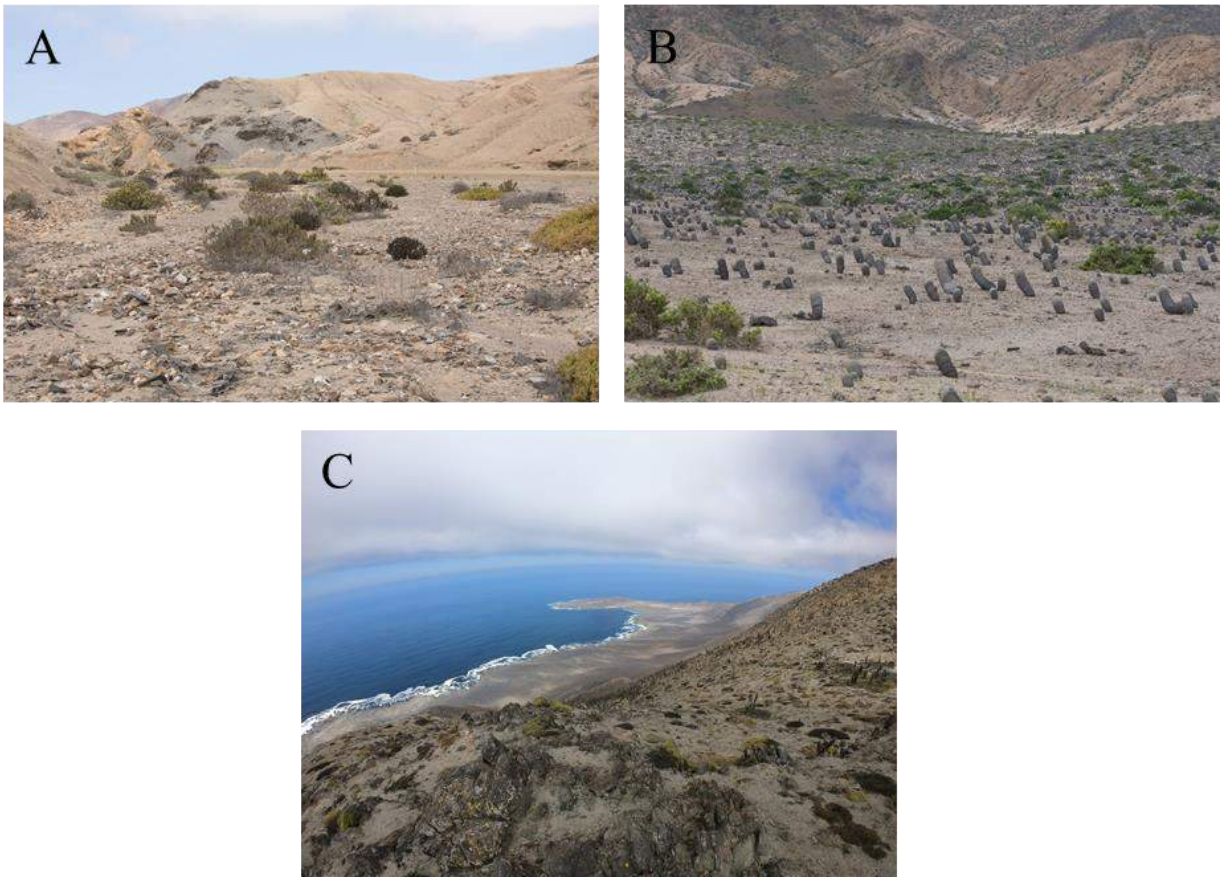


Figura 37. Imágenes del matorral claro de *Tetragonia maritima* y *Heliotropium pycnophyllum*. A = Comunidad de *Tetragonia maritima* y *Nolana incana*, B = Comunidad de *Tetragonia maritima* y *Heliotropium pycnophyllum*, C = Comunidad de *Heliotropium pycnophyllum* y *Nassella pungens*.

- **Formaciones de *Copiapoa***

Para este tipo vegetacional solo se determinó una formación, la cual es descrita a continuación.

- Matorral escaso con suculentas de *Cristaria integerrima* y *Copiapoa gigantea*

Esta formación se encuentra en los bordes de los oasis de niebla, extendiéndose por la costa desde el sur de Cifuncho hasta las cercanías de El Cobre, alejándose un poco del nivel del mar. Altitudinalmente, se encuentra desde los 0 hasta más de los 1.000 msnm. Sin embargo, esta formación evita las altitudes medias, donde más incide la niebla.

El estrato leñoso bajo se encuentra dominado por *Cristaria integerrima*, *Frankenia chilensis*, *Tetragonia maritima*, *Nolana sedifolia*, *Solanum brachyantherum*, *Cristaria leucantha*, *Ephedra breana* y *Heliotropium pycnophyllum*, presentando una cobertura escasa. El estrato herbáceo está dominado por *Cistanthe cachinalensis*, *Pappostipa plumosa*, *Atriplex semibaccata*, *Cryptantha filaginea*, *Helenium atacamense*, *Hoffmannseggia prostrata*, *Mentzelia*

Folio004598

scabra y *Oxalis caesia*, con una cobertura muy clara. Por último, el estrato suculento se encuentra fuertemente representado por *Copiapoa gigantea*, la cual es reemplazada por *Copiapoa rupestris* más al sur. A estas las acompañan *Eriosyce paucicostata*, *Copiapoa decorticans*, *C. humilis*, *Leucostele deserticola* y *Deuterocohnia chrysantha*.

Las principales perturbaciones de esta formación corresponden a la ganadería y las obras civiles, esta última principalmente debido a la carretera R-1.

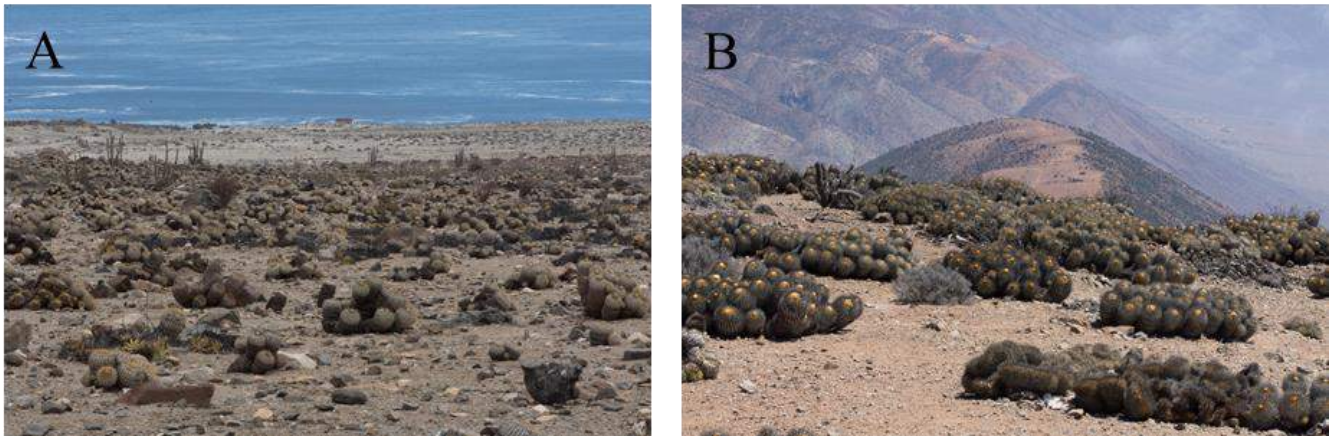


Figura 38. Imágenes del matorral escaso con suculentas de *Cristaria integerrima* y *Copiapoa gigantea*. A = Comunidad de *Cristaria* integerrima y *Copiapoa gigantea*, B = Comunidad de *Copiapoa gigantea* y *Nolana sedifolia*.

- **Desierto costero de Tocopilla**

Este tipo vegetacional se encuentra desde los alrededores de Paposo en el sur, hasta el límite regional en el norte, probablemente extendiéndose más hacia la Región de Tarapacá. Se detectaron parches de esta formación al sur de la Región, adyacente al PN Pan de Azúcar.

- Matorral claro con suculentas de *Copiapoa solaris* y *Heliotropium pycnophyllum*

Esta formación se encuentra de manera discontinua en dos franjas. La primera entre Miguel Díaz al norte de El Cobre, mientras que la segunda se encuentra entre Caleta Hornos hasta el sur de Michilla. Altitudinalmente, se encuentra entre los 600 a los 800 msnm.

El estrato leñoso bajo se encuentra dominado por *Heliotropium pycnophyllum*, *Gypothamnium pinifolium*, *Nolana leptophylla*, *Nolana peruviana* y *Tetragonia maritima*, presentando una cobertura clara. El estrato herbáceo es muy pobre, habiéndose encontrado sólo *Cryptantha filaginea*, *Nolana philippiana* y *Oxalis ericoides*, presentando una cobertura muy clara. A pesar de que la única especie del estrato suculento corresponde a *Copiapoa solaris*, esta especie es la más representativa de esta formación, con una cobertura muy clara.

Folio004599

Las principales perturbaciones de esta formación corresponden a obras civiles (caminos) y actividades industriales (minería). Cabe mencionar la degradación de las poblaciones de *Copiapoa solaris*, probablemente debido a la sequía. Debido a esto, el 100% de los individuos de esta especie se encuentran muertos en el parche septentrional de esta formación.

Figura 39. Imagen del matorral claro con suculentas de *Copiapoa solaris* y *Heliotropium pycnophyllum.*

- Matorral muy escaso de *Tetragonia maritima* y *Nolana peruviana*

Esta formación se encuentra en los bordes de la formación de *Solanum brachyantherum* y *Nolana sedifolia*, entre la Península de Mejillones en el sur hasta el norte de Tocopilla. Esta formación también se encuentra en el PN Pan de Azúcar, en la zona de Pampa Blanca. Altitudinalmente, se encuentra entre los 40 a los 1.000 msnm, aunque concentrada en menores altitudes, desde el límite inferior hasta los 400 msnm.

El estrato leñoso bajo se encuentra dominado por *Tetragonia maritima*, *Nolana peruviana*, *Frankenia chilensis*, *Nolana sedifolia*, *Cristaria integerrima*, *Ephedra breana* y *Malesherbia tocopillana* y *Eremocharis fruticosa*, con una cobertura muy escasa. El estrato herbáceo se encuentra dominado por *Solanum chilense*, *Philippiamra amaranthoides*, *Nolana stenophylla*, *Cristaria molinae*, *Jarava plumosula*, *Malesherbia humilis* y *Nolana linearifolia*, con una cobertura muy escasa. El estrato suculento se encuentra representado por *Copiapoa gigantea*, *Copiapoa grandiflora*, *Leucostele deserticola* y *Puya boliviensis*.

Las principales amenazas de esta formación corresponden principalmente a los residuos domiciliarios, aunque también se observan actividades industriales, obras civiles, ganadería y herbívoros nativos.

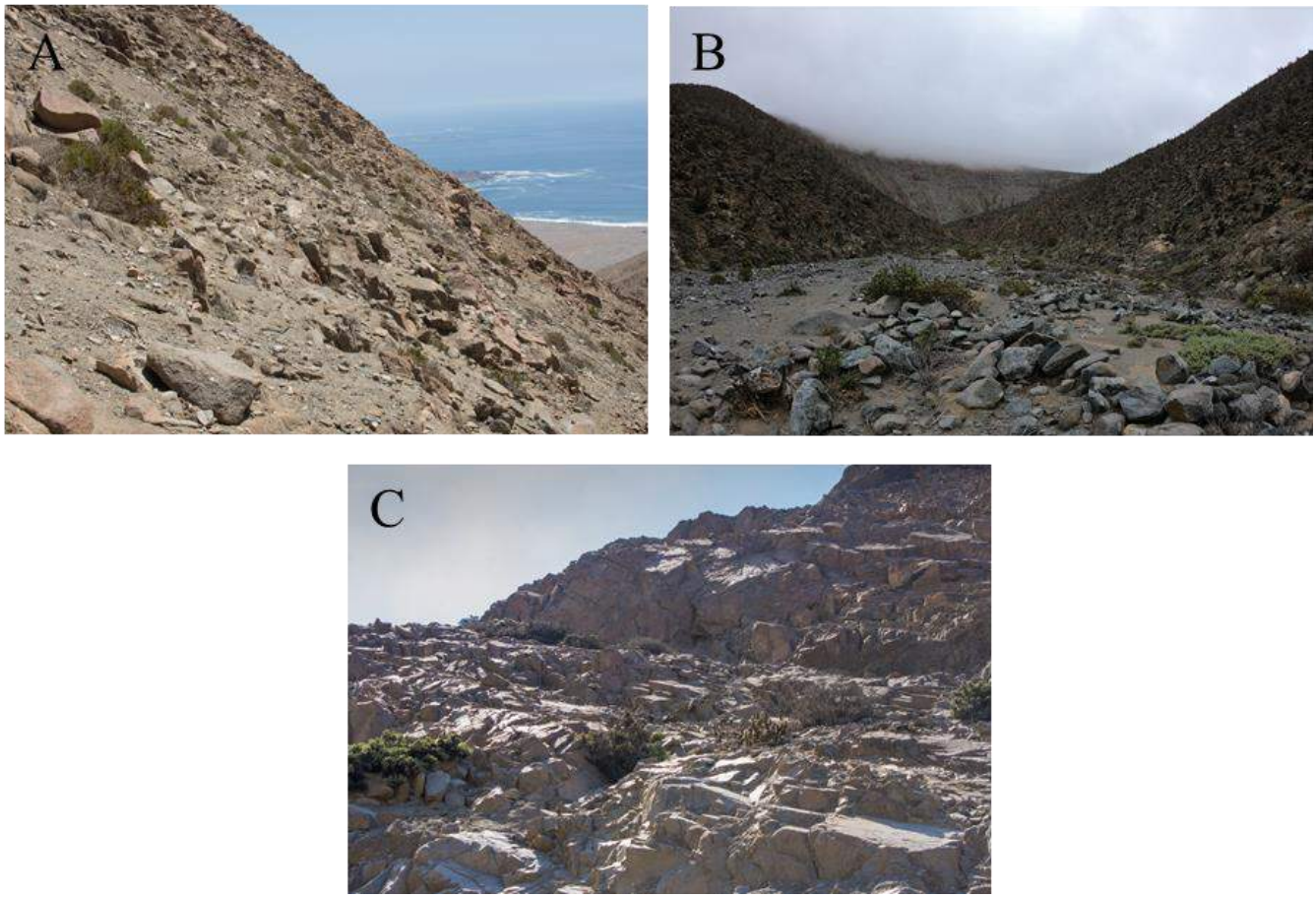


Figura 40. Imágenes del matorral muy escaso de *Tetragonia maritima* y *Nolana peruviana*. A = Comunidad de *Nolana balsamiflua* y *Nolana clivicola*, B = Comunidad de *Tetragonia maritima* y *Nolana sedifolia*, C = Comunidad de *Malesherbia tocopillana* y *Nolana peruviana*.

- Matorral muy escaso de *Philippiamra amaranthoides* y *Huidobria fruticosa*

Esta formación se encuentra en el límite interior de la vegetación, tanto en el sur como en el norte de la Región. Altitudinalmente, se encuentra entre los 800 a los 1.700 msnm.

El estrato leñoso bajo se encuentra dominado por *Dinemandra ericoides*, *Huidobria fruticosa*, *Nolana leptophylla* y *Nolana peruviana*, con una cobertura muy escasa. El estrato herbáceo se encuentra representado por *Nolana philippiana* y *Philippiamra amaranthoides*, con una cobertura muy escasa. No se observa estrato suculento en esta formación.

Las principales amenazas de esta formación corresponden a actividades industriales, obras civiles y residuos domiciliarios.

Figura 41. Imagen del matorral muy escaso de *Philippiamra amaranthoides* y *Huidobria fruticosa.*

- Matorral muy claro de *Solanum brachyantherum* y *Nolana sedifolia*

Esta formación se encuentra desde la zona de Paposo en el sur hasta las cercanías de Tocopilla, pudiendo alcanzar grandes altitudes, aunque también presente cercana al nivel del mar. También se encuentra en la zona de Esmeralda, en un afloramiento de arenisca rico en sílice, lo que permite una gran diversidad de especies de *Copiapoa*. Altitudinalmente, se encuentra entre los 40 a los 1.800 msnm, localizándose en los sitios donde más incide la niebla en el norte de la Región.

El estrato leñoso bajo está dominado por *Tetragonia angustifolia*, *Dinemandra ericoides*, *Nolana sedifolia*, *Solanum brachyantherum*, *Polyachyrus fuscus*, *Lycium deserti*, *Nolana incana*, *Nolana inconspicua* y *Nolana peruviana*, con una cobertura muy clara. El estrato herbáceo es muy rico, y está dominado por *Nolana aplocaryoides*, *Philippiamra amaranthoides*, *Solanum chilense*, *Cistanthe cachinalensis*, *Cristaria aspera*, *C. viridiluteola*, *Loasa nitida*, *Nolana linearifolia* y *N. philippiana*, con una cobertura muy clara. En el estrato suculento, la especie más conspicua corresponde *Eulychnia iquiquensis*, acompañada por *Deuterocohnia chrysantha* y *Copiapoa conglomerata*. En el parche presente en el PN Pan de Azúcar, en la formación se encuentra una gran diversidad de cactáceas, entre ellas *Copiapoa grandiflora*, *C. angustiflora*, *C. gigantea*, *C. laui*, *C. longistaminea*, *Eriosyce taltalensis* subsp. *pygmaea* y *Eriosyce esmeraldana*. Este estrato tiene una cobertura escasa.

Folio004602

Las perturbaciones de esta formación están dadas principalmente por actividades industriales, obras civiles y basurales, aunque también se observa expansión urbana, ganadería y turismo motorizado.

Figura 42. Imagen del matorral muy claro de *Solanum brachyantherum* y *Nolana sedifolia.*

c) Datos climáticos

Para caracterizar a las especies desde un punto de vista climático, se instalaron sensores iButton de tipo thermochron a lo largo de la franja costera de la Región de Antofagasta. Estos registran la humedad y temperatura en una memoria interna con lecturas periódicas. Para este caso, los sensores se programaron para registrar ambas variables cada 3 horas al día (2:00, 5:00, 8:00, 11:00, 14:00, 17:00, 20:00 y 23:00). Estos se establecieron a distintas latitudes para registrar, las mayores variaciones posibles en latitud y, en algunos casos, también se instalaron a diferentes altitudes para registrar los gradientes altitudinales (Figura 43). De igual manera, se usaron las mismas categorías de altitud para registrar los cambios que pudieran darse a distinta latitud. Las categorías son los 200, 400 y 800 msnm.

Folio004603

Cuadro 26. Localización de los sensores iButton.

Número de parcela	Localidad	m E	m N	Huso y banda	Altitud (msnm)	Humedad promedio (%)	Temperatura promedio (C°)
P81	Tercera Quebrada al norte de Tocopilla	378629	7560648	19 K	380	78.76 ± 13.96	16.36 ± 3.84
P80	Quebrada Tres Cruces	379667	7551408	19 K	796	74.26 ± 23.82	15.83 ± 5.655
P85	Agua dulce[1]	373675	7538823	19 K	334	82.83 ± 14.64	16.48 ± 4.16
P22	Tames	372083	7497190	19 K	401	78.27 ± 14.42	15.99 ± 3.91
P79	Tames	373066	7497068	19 K	804	85.12 ± 23.29	13.3 ± 4.02
P91	Morro Moreno	340120	7399000	19 K	798	93.66 ± 24.7	12.79 ± 3.94
P89	Morro Moreno[2]	340506	7398303	19 K	409	86.48 ± 16.31	-
P92	El Cobre	348442	7311798	19 J	804	76.13 ± 26.29	14.78 ± 4.99
P14	Miguel Díaz	343053	7284390	19 J	401	85.05 ± 15.01	14.76 ± 3.84
P70	Quebrada La Plata	343899	7266019	19 J	397	79.73 ± 16.95	15.42 ± 4.46
P10	La Sepultura del Rincón	348882	7242173	19 J	209	81.31 ± 15.25	15.85 ± 3.94
P48	El Rincón	349856	7242390	19 J	391	89.03 ± 14.3	14.33 ± 3.74
P109	Cerro Yumbes	354367	7233853	19 J	806	82.25 ± 29.11	13.8 ± 4.59
P65	Cerro Perales[3]	355015	7187287	19 J	400	81.8 ± 17.63	17.66 ± 3.73
P63	Cerro Perales	356605	7187006	19 J	821	72.14 ± 29.44	14.78 ± 5.34
P61	Quebrada Las Lozas	334217	7135085	19 J	199	76.43 ± 15.62	16.15 ± 4.14
P69	Pampa Blanca	337543	7130862	19 J	437	85.34 ± 16.94	14.27 ± 3.69

Fuente: Elaboración propia.

[1] Los datos sólo incluyen registros de febrero 2020 a noviembre 2020.
[2] No se mencionan datos de temperatura debido a errores de lectura por la pérdida de la protección del sensor.

[3] Los datos sólo incluyen lecturas de noviembre 2020 a febrero 2021.

Folio004604

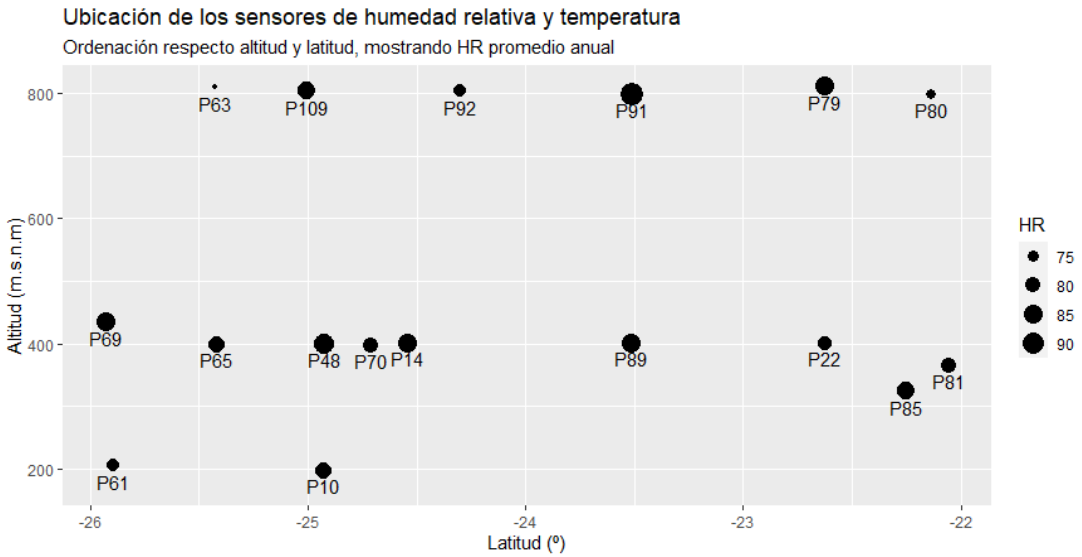


Figura 43. Altitud, latitud y humedad relativa promedio anual registrada para cada sensor instalado en la zona de estudio.

Los sensores registraron ambas variables durante un año, desde febrero de 2020 a febrero de 2021 (Figura 44 y Figura 45). Sólo una excepción fue el sensor ligado a la parcela de muestreo florístico P85 ubicado en Agua Dulce, localidad cercana a Tocopilla.

Este se instaló en febrero de 2020, pero debido a que en el lugar se comenzaron a realizar faenas de extracción de mineral, el sensor fue trasladado al Cerro Perales en noviembre de 2020, a la parcela P65.

Folio004605

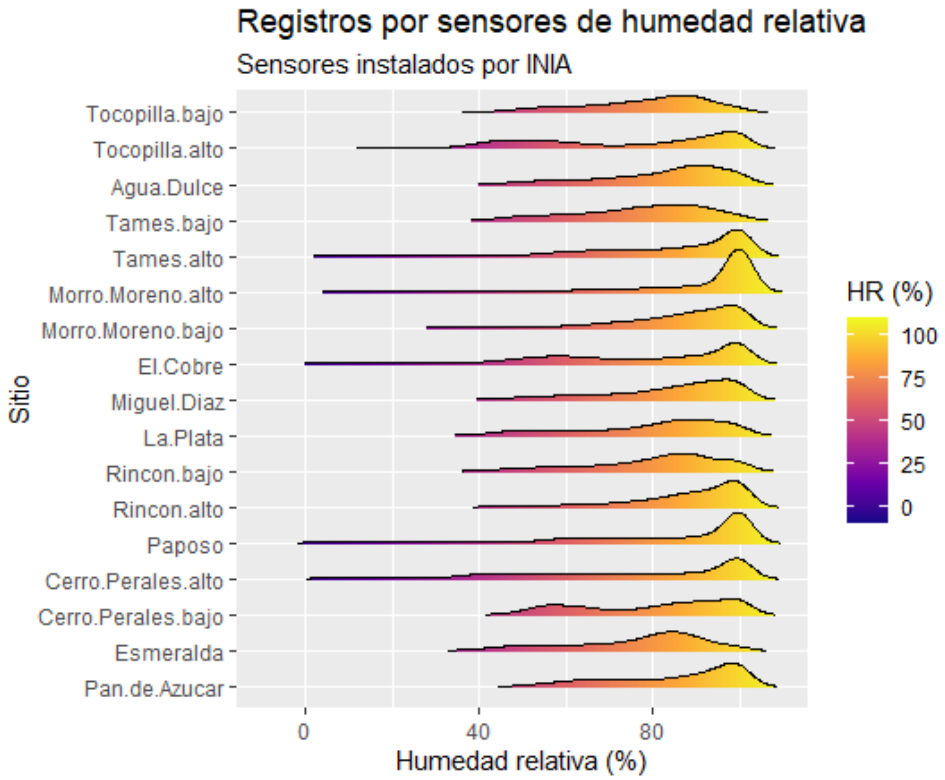


Figura 44. Lecturas de humedad relativa realizadas por los sensores instaladas. Es necesario indicar que el sensor de Agua Dulce tiene lecturas de febrero a noviembre y el sensor de Cerro Perales bajo tiene lecturas de noviembre a febrero.

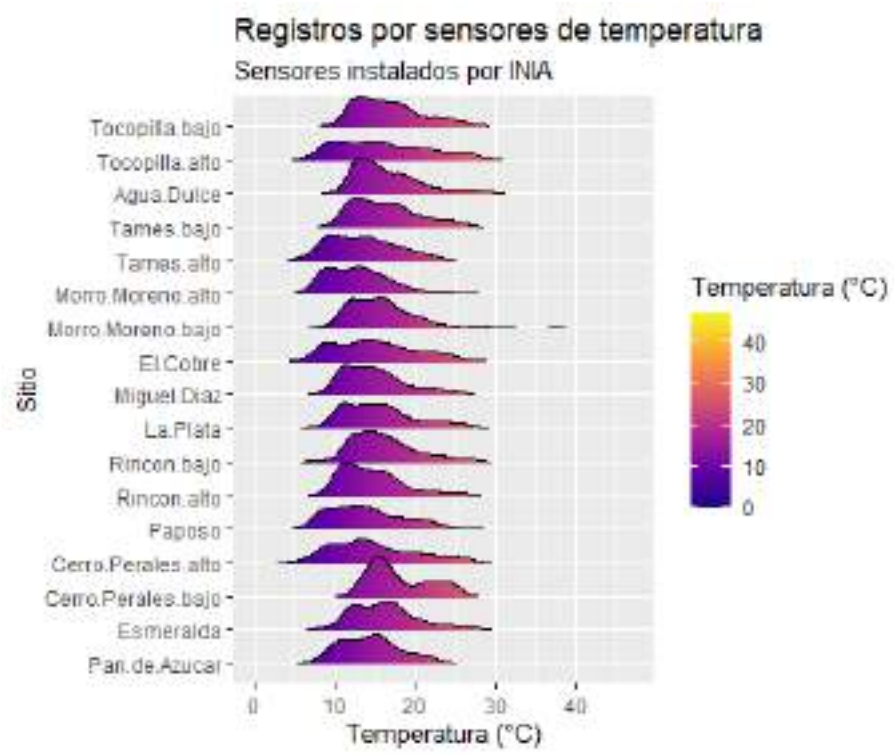


Figura 45. Lecturas de temperatura realizadas por los sensores instaladas. Es necesario indicar que el sensor de Agua Dulce tiene lecturas de febrero a noviembre, el sensor de Cerro Perales bajo tiene lecturas de noviembre a febrero y el lector de Morro

Moreno bajo perdió la protección del sensor por el viento durante el invierno, lo que explicaría las lecturas extremas cuando recibe sol directo.

Debido a la falta de disponibilidad de más sensores para cubrir otras localidades de la zona de estudio , se realizó una interpolación de distintos parámetros de humedad, basados principalmente en las variables climáticas publicadas por Fick & Hijmans (2017). Para el caso de la temperatura, se utilizaron parámetros similares a los de Fick & Hijmans (2017) publicados por (Pliscoff et al., 2014) modificados especialmente para el caso de Chile.

Para maximizar el poder de predicción de la interpolación, se buscaron registros de humedad relativa de otras estaciones climáticas libres para el público. Para esto, se usaron las estaciones de la Dirección Meteorológica de Chile, correspondientes a La Huayca (Pampa del Tamarugal), aeropuerto de Iquique, aeropuerto de Calama, Mejillones, aeropuerto de Antofagasta, Universidad Católica del Norte en Antofagasta, Observatorio Paranal, Taltal, aeropuerto de Copiapó y la Universidad de Atacama (ciudad de Copiapó).

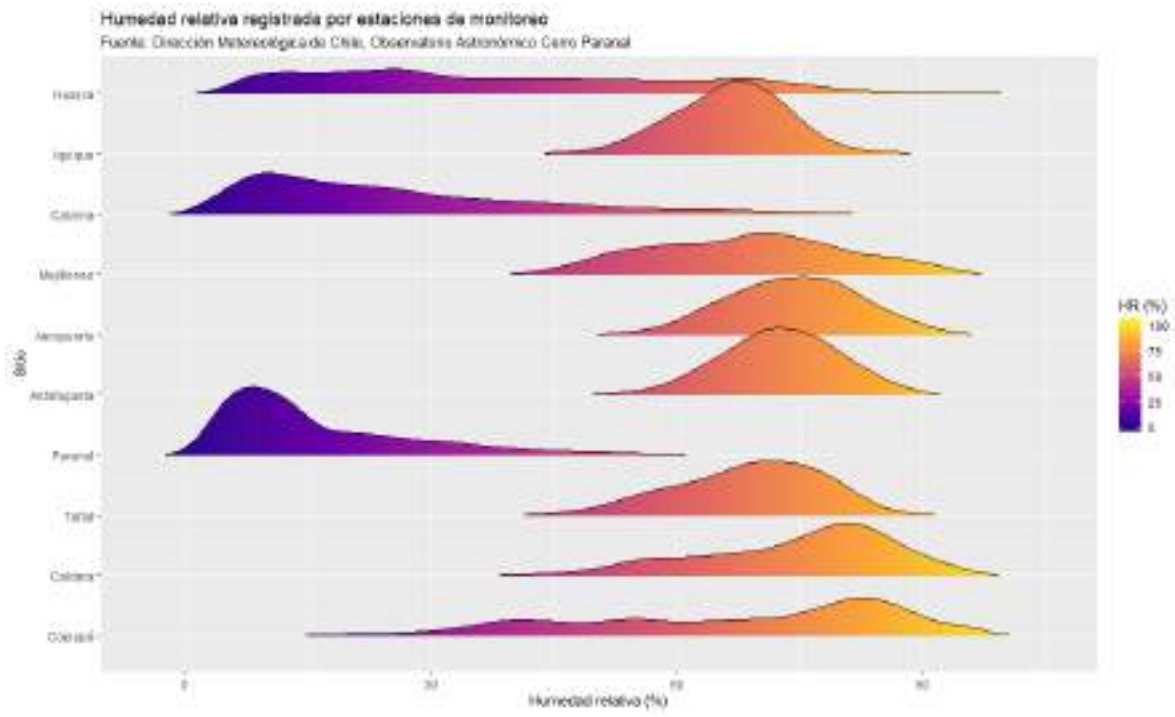


Figura 46. Registros de humedad relativa registrados en las respectivas estaciones metereologicas de la zona de estudio y alrededores.

La variación de la humedad relativa (HR) se intentó explicar a través de una serie de variables topográficas, correspondientes a la altitud, exposición de la ladera respecto al norte, latitud, longitud, pendiente y distancia del mar (Figura 47). Todos estos parámetros se obtuvieron a partir del archivo raster de un DEM (*digital elevation*

Folio004607

model) en el programa QGIS (QGIS Development Team, 2020). Debido a que también es relevante para la HR del aire el nivel de exposición al viento, se obtuvieron los datos de dirección del viento del año 2020 para las estaciones climáticas de la zona de estudio. Este parámetro sólo se encuentra disponible para las estaciones de la ciudad de Taltal y el aeropuerto de Antofagasta. El promedio de la dirección del viento para ambas estaciones durante todo el año fue de 213° respecto al norte (i.e. exposición SSO). A partir de este valor, se creó un modelo de exposición topográfica con valores de 1 a 0, donde las laderas de exposición a 213° respecto al norte tienen un valor de 1 y las de exposición a 33° (i.e. exposición NNE) tuvieran un valor de 0. Laderas con exposición de 123° y 303° (i.e. exposición SEE y NOO respectivamente), tendrían ambas un valor de 0,5. Por último, suponiendo que la importancia en la incidencia de humedad en una determinada pendiente dependería de su exposición, se creó un modelo en que cada sitio refleja como valor la multiplicación de la pendiente con la dirección del viento ponderada, llamado acá V*P.

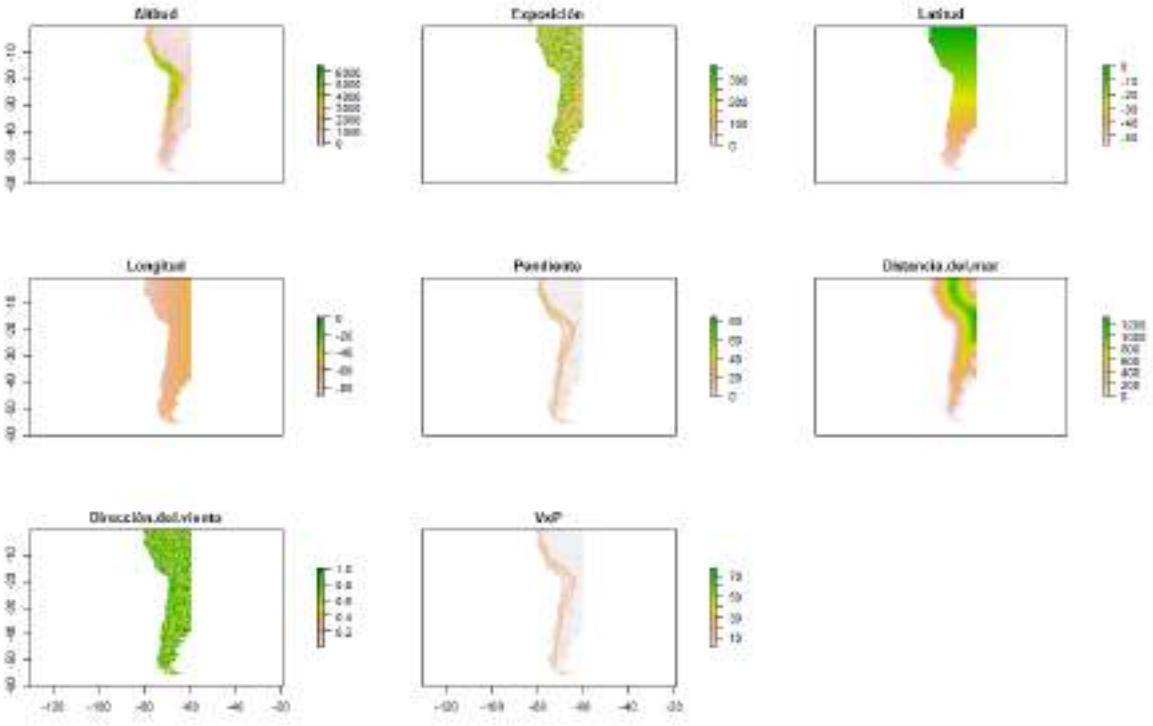


Figura 47. Variables usadas para hacer modelos de humedad relativa. VxP = Multiplicación entre variables “Dirección del viento” y “Pendiente”.

Para la interpolación de los parámetros, se realizaron regresiones múltiples usando las variables topográficas indicadas anteriormente, evitando usar en la misma regresión las variables correlacionadas entre sí. Se usó como umbral un valor de 0,7 o mayor para determinar aquellas variables que estaban correlacionadas entre ellas. Los valores entre cada variable se observan en la Figura 48. Estas correspondieron a longitud y distancia desde el mar

Folio004608

(debido a que mientras mayor es la distancia desde el mar, mayor es la longitud), y la pendiente con la multiplicación V*P (debido a que la pendiente es un factor en la multiplicación V*P).

Para cada parámetro se obtuvieron las regresiones a partir de las variables independientes, y se seleccionaron sólo aquellas que tuvieran un valor de R^2 superior a 0,8 y tanto el modelo como cada uno de los componentes tuvieran un $p < 0,05$. Las variables independientes descartadas dependieron para cada indicador. Por ejemplo, para el promedio anual de la humedad relativa (PA), la longitud explicaba mejor la regresión (mayor valor de R^2) que la distancia desde el mar, mientras que en para el coeficiente de variación (CV), la distancia desde el mar explicaba mejor esta regresión que la longitud (ver Cuadro 28). Por otro lado, la pendiente por si sola nunca explicó mejor las modelaciones que el producto entre la pendiente y la dirección del viento, lo que demuestra que efectivamente la pendiente depende de la exposición al determinar valores relacionados a la humedad relativa.

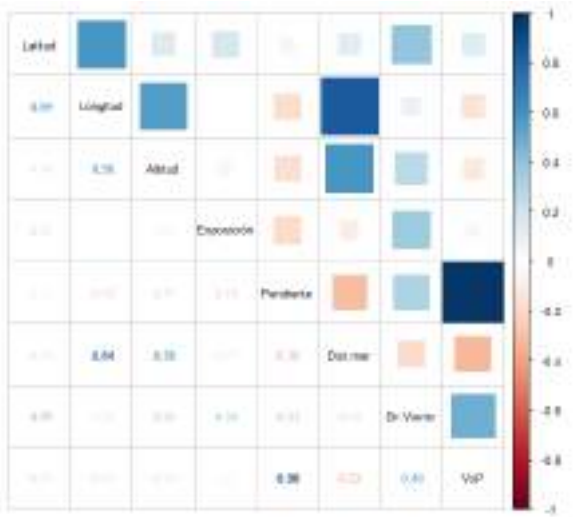


Figura 48. Matriz de la correlación de Pearson para las variables a usar para modelación. Las variables con un valor > 0.7 se consideraron correlativas y no se usaron para la misma ecuación.

Para digitalizar la información de humedad relativa a un archivo raster con la finalidad de hacer modelación de nicho de las especies, se realizó la metodología propuesta por Fries et al. (2012). En esta, primero se calcula un valor de tendencia ("*detrending*") mediante la siguiente ecuación:

$$RH_{det} = RH_m + \sum (C \times \{Z_{det} - Z_{estacion}\})$$

Donde:

RH_{det} : Corresponde al valor de humedad relativa de tendencia.

RH_m : Corresponde al valor de humedad relativa medido en un sensor *i*.

Folio004609

$\boldsymbol{C}$: Coeficiente de la regresión para la variable Z.

$\boldsymbol{Z_{det}}$: Valor determinado de la variable independiente Z. En este caso, se usó el valor promedio de los sensores y estaciones meteorológicas estudiadas.

$\boldsymbol{Z_{estacion}}$: Valor de la variable independiente Z en la cual se sitúa el sensor *i*.

A partir del valor de tendencia, se realizó una interpolación IDW (ponderación de distancia inversa) usando el programa QGIS. Por último, a partir de esta interpolación se usó una ecuación inversa para obtener los valores definitivos, definida de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{RH_{(x,y)} = RH_{det} + \sum (C \times \{Z_{DEM} - Z_{det}\})}$$

Donde:

$\boldsymbol{RH_{(x,y)}}$: Valor final de humedad relativa obtenido.

$\boldsymbol{Z_{DEM}}$: Modelo digital raster de la variable independiente Z.

Finalmente, debido a la ausencia de sensores o estaciones usadas por sobre los 3.000 msnm, se omitieron los datos de los puntos por sobre esta altitud, debido a la distorsión de la información en ese lugar.

Las variables que fueron posibles de modelar, superando el valor de R2 > 0,8 y el valor de p > 0,05, así como el valor de p de cada uno de sus componentes explicativas, se explican a continuación.

Cuadro 27. Indicadores de parámetros de humedad relativa.

Indicador	Significado
PA	Promedio anual de la humedad relativa.
DS	Desviación estándar de la humedad relativa anual.
CV	Coeficiente de variación de la humedad relativa.
EH	Humedad relativa de la estación más húmeda.
ES	Humedad relativa de la estación más seca.
Hma	Promedio de la humedad relativa máxima del día.
Hmi	Promedio de la humedad relativa mínima del día.
MH	Promedio de la humedad relativa del mes más húmedo.
MS	Promedio de la humedad relativa del mes más seco.

Folio004610

Indicador	Significado
O	Humedad relativa de otoño.
I	Humedad relativa de invierno.
P	Humedad relativa de verano.
V	Humedad relativa de primavera.
En	Humedad relativa en el mes de enero.
Fe	Humedad relativa en el mes de febrero.
Ma	Humedad relativa en el mes de marzo.
Ab	Humedad relativa en el mes de abril.
My	Humedad relativa en el mes de mayo.
Ju	Humedad relativa en el mes de junio.
Jl	Humedad relativa en el mes de julio.
Ag	Humedad relativa en el mes de agosto.
Se	Humedad relativa en el mes de septiembre.
Oc	Humedad relativa en el mes de octubre.
No	Humedad relativa en el mes de noviembre.
Di	Humedad relativa en el mes de diciembre.
2am	Promedio anual de la humedad relativa a las 2:00 am.
5am	Promedio anual de la humedad relativa a las 5:00 am.
8am	Promedio anual de la humedad relativa a las 8:00 am.
8pm	Promedio anual de la humedad relativa a las 8:00 pm.
11pm	Promedio anual de la humedad relativa a las 11:00 pm.
fEH	Probabilidad de registro del punto de roció en la estación más húmeda.
fES	Probabilidad de registro del punto de roció en la estación más seca.
fMH	Probabilidad de registro del punto de roció en el mes más húmedo.
freqI	Probabilidad de registro del punto de roció en invierno
freqPR	Probabilidad de registro del punto de roció en primavera
freqJu	Probabilidad de registro del punto de roció en el mes de junio.
freqJl	Probabilidad de registro del punto de roció en el mes de julio.
freqAg	Probabilidad de registro del punto de roció en el mes de agosto.
freqOc	Probabilidad de registro del punto de roció en el mes de octubre.
freqNo	Probabilidad de registro del punto de roció en el mes de noviembre.

Fuente: Elaboración propia.

Las variables explicativas para cada parámetro se explican en la Cuadro 28.

Cuadro 28. Parámetros de humedad relativa modelados mediante regresiones múltiples, indicando sus variables explicativas.

Parámetro modelado	Variables explicativas	Valor R^2	Valor *p*
PA	ALT+I(ALT^2)+VP+LONG	0.8804	5.85E-09
DS	ALT+I(ALT^2)	0.8443	1.30E-09
CV	ALT + DISTMAR + I(DISTMAR^2)	0.944	2.62E-13
EH	ALT + I(ALT^2) + LONG + I(LONG^2) + log(VP)	0.931	2.23E-10
ES	I(ALT^2) + log(LONG * -1) + log(PEND)	0.8794	8.04E-10

Folio004611

Parámetro modelado	Variables explicativas	Valor R^2	Valor *p*
Hma	ALT + I(ALT^2) + LONG + log(PEND)	0.9401	6.21E-12
Hmi	ALT + DISTMAR + I(DISTMAR^2) + log(PEND)	0.861	2.58E-08
MH	ALT + I(ALT^2) + LONG + I(LONG^2) + log(PEND)	0.9067	3.78E-09
MS	(e^ALT)*VP	0.8855	4.46E-11
O	I(ALT^2)+VP+LONG	0.8813	7.05E-10
I	I(ALT^2) + VP + I(LONG^2)	0.8914	9.11E-11
P	I(ALT^2)+ALT+LONG+VP	0.8632	3.31E-09
V	ALT + I(ALT^2) + I(LONG^2) + LONG + log(VP)	0.8724	2.71E-08
En	ALT + I(ALT^2) + LONG + I(LONG^2) + log(VP)	0.865	4.69E-08
Fe	ALT + I(ALT^2) + I(LONG^2) + LONG + log(VP)	0.8523	4.63E-08
Ma	ALT + I(ALT^2) + I(LONG^2) + LONG + log(PEND)	0.8944	4.22E-09
Ab	ALT + I(ALT^2) + LONG + log(VP)	0.9255	9.11E-01
My	I(ALT^2)+DISTMAR+PEND	0.8876	1.33E-10
Ju	I(ALT^2) + I(LONG^2) + LONG + VP	0.9017	2.78E-10
Jl	I(ALT^2)+LONG+VP	0.8594	1.53E-09
Ag	ALT + I(ALT^2) + DISTMAR + I(DISTMAR^2) + log(PEND)	0.9043	1.60E-09
Se	ALT + I(ALT^2) + LONG + VP	0.8878	1.09E-09
Oc	ALT + I(ALT^2) + LONG + I(LONG^2) + VP	0.8857	9.18E-09
No	ALT + I(ALT^2) + LONG + VP	0.8755	1.19E-09
Di	ALT + I(ALT^2) + LONG + I(LONG^2) + log(VP)	0.9007	2.29E-09
2am	ALT + I(ALT^2) + LONG + VP	0.9233	7.18E-11
5am	ALT + I(ALT^2) + LONG + VP	0.9229	7.58E-11
8am	ALT + I(ALT^2) + LONG + VP	0.9259	5.11E-11
8pm	I(ALT^2) + VP + LONG	0.8402	1.52E-08
11pm	ALT + I(ALT^2) + VP + LONG	0.9227	7.83E-11
fEH	V + I(V^2) + I(RA^2) + Hma + I(Hma^2)	0.9203	8.67E-10
fES	V + ALT	0.8576	4.86E-10
fMH	MH + ALT	0.8892	3.08E-11
freqI	log(V) + DS + Hma + I(Hma^2)	0.8792	6.50E-09
freqPR	V + DS + I(V^2)	0.9192	1.23E-11
freqJu	V + MH + EH + ALT	0.8953	1.58E-09
freqJl	MH + ALT	0.8321	2.99E-09
freqAg	DS + RA + EH + Hma	0.8818	5.24E-09
freqOc	DS + MH + Hma	0.9041	7.40E-11
freqNo	V + DS + log(Hma)	0.8636	2.93E-09

Fuente: Elaboración propia. ALT = Altitud, LONG = Longitud, DISTMAR = Distancia desde la línea costera, PEND = Pendiente, V = Dirección del viento, VP = Dirección del viento × Pendiente, I = Coeficiente numérico específico.

IV.2 Diagnóstico de la flora más amenazada

Para el diagnóstico de la flora, se consideraron las especies priorizadas por el IPM. Para cada una de ellas se realiza un análisis de los parámetros establecidos por las bases para conocer la condición de las especies. El resumen de

Folio004612

los parámetros estudiados se observa en la Cuadro 144. Resumen del diagnóstico de la condición de la flora costera de la Región de Antofagasta.

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
1	*Heliotropium jaffuelii*	7	-	2	-	106.99848	7.55565	Expansión urbana y erosión	Estable	2	1
2	*Rimacactus laui*	25	90,000	1	-	126.05912	8.28767	-	Estable	0	0
3	*Malesherbia tocopillana*	100	25,000	2	-	120.765672	8.26062515	Erosión	Estable	2	1
4	*Dioscorea biloba subsp. biloba*	294	67,500	1	-	119.93916	2.71482	-	Estable	0	0
5	*Linum cremnophilum*	-	-	2	-	9.391395	0.102055	-	Disminuyendo	0	0
6	*Copiapoa conglomerata*	243,363	27,500,000	1	-	4.99307	2.50303	Expansión urbana y erosión	Estable	0	0
7	*Cistanthe chrysantha*	-	-	6	-	18.4245933	1.298905	-	Disminuyendo	0	0
8	*Tillandsia tragophoba*	115	-	1	-	118.93457	5.51362	-	Estable	1	1
9	*Plantago johnstonii*	47	30,000	1	-	46.20952	4.63115	-	Estable	1	1
10	*Adesmia gracillima*	55		2	-	56.7755267	4.79670333	-	Aumentando	0	0
11	*Plantago nebularis*	36	678	1	-	17.69855	21.05087	-	Estables	2	1
12	*Reyesia cactorum*	2		2	-	31.6273741	4.43351824	Erosión	Aumentando	0	0
13	*Calandrinia sitiens*	-		1	-	66.65712	4.94529	-	Disminuyendo	0	0
14	*Copiapoa decorticans*	3,720	60,000	1	-	4.99307	2.50303	-	Estable	0	0

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
15	*Lathyrus lomanus*	32	45,000	2	-	2.42883	2.89065	Obras civiles	Aumentando	0	0
16	*Oxalis ricardii*	-	-	4	-	60.525985	3.6631225	-	Disminuyendo	0	0
17	*Nolana onoana*	57	50,000	6	-	40.469138	10.878646	Obras civiles y basurales	Disminuyendo	0	0
18	*Mathewsia collina*	6	-	3	-	66.21845	6.06163	-	Disminuyendo	0	0
19	*Copiapoa montana*	2,483,445	65,404,014	10	ES	86.15904	5.20141769	Ganadería extensiva	Aumentando	1	1
20	*Sibara dilloniorum*	18	153,600	4	-	11.378745	5.138692	-	Disminuyendo	0	0
21	*Spergularia aberrans*	215	312,500	6	-	78.67921	15.2663667	-	Disminuyendo	0	0
22	*Senecio botijae*	2	-	2	-	8.756655	3.3287	Erosión	Estable	0	0
23	*Dioscorea cylindrostachya*	-	-	4	-	30.6539333	8.90934667	-	Disminuyendo	0	0
24	*Griselinia carlomunozii*	5	-	3	-	88.898466	5.195964	Ganadería extensiva	Aumentando	0	0
25	*Calceolaria rinconada*	14	-	7	-	59.7566843	9.02496857	-	Disminuyendo	1	1
26	*Bipinnula taltalensis*	-	-	2	-	60.6817	4.202135	-	Disminuyendo	0	0
27	*Copiapoa humilis subsp. tenuissima*	-	-	5	-	30.7906467	6.65038833	-	Disminuyendo	0	0

Folio004613

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
28	*Nolana lachimbensis*	257,831	810,000	2	-	51.4260521	21.3708947	-	Estable	2	2
29	*Eriosyce recondita*	33,186	2,500,000	2	-	27.69615	20.36095	Erosión	Disminuyendo	0	0
30	*Palaua modesta*	42,481,932	107,094,784	8	8pm	66.89001	4.752296	Obras civiles y erosión	Aumentando	0	0
31	*Oxalis ericoides*	2,122	30,000	3	-	29.36488	4.39276	-	Aumentando	1	1
32	*Copiapoa grandiflora*	132,063	800,000	7		13.4245492	0.17599615	-	Disminuyendo	3	1
33	*Plectocephalus atacamensis*	30,962	1,750,000	6	-	94.18753	4.70287333	Obras civiles	Aumentando	1	1
34	*Plectocephalus cachinalensis*	5		4	-	5.72959	0.06172333	Ganadería extensiva y erosión	Disminuyendo	0	0
35	*Dalea azurea*	295	11,250,000	5	-	76.264026	5.100088	Ganadería extensiva y herbivoros nativos	Disminuyendo	2	1
36	*Copiapoa laui*	888	2,000	5	-	15.90184	0.22047	Obras civiles	Disminuyendo	0	0
37	*Drymaria paposana var. paposana*	-	-	8	-	82.2988543	6.04702714	-	Disminuyendo	0	0
38	*Alstroemeria graminea*	-	-	19	PREC5	87.1191041	4.24266976	-	Disminuyendo	2	1
39	*Viola taltalensis*	-	-	7	-	102.29967	2.76405	-	Disminuyendo	1	1

Folio0004614

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
40	*Spergularia cremnophila*	-	-	3	-	7.660105	0.18505	-	Disminuyendo	0	0
41	*Monttea chilensis var. taltalensis*	3,168,248	649,131,121	17	ES	54.6300929	4.312254	-	Disminuyendo	0	0
42	*Berberis litoralis*	40	3,600	3	-	54.2315733	4.45253667	Ganadería extensiva	Disminuyendo	0	0
43	*Nolana dianae*	43,326	2,450,000	5	-	71.950352	14.384686	-	Aumentando	1	1
44	*Nolana philippiana*	159,155	12,000,000	2	-	35.56678	3.90541667	Obras civiles	Aumentando	0	0
45	*Palaua concinna*	982,295	65,401,290	18	P	68.5445136	4.67065182	Erosión	Disminuyendo	2	2
46	*Heliotropium inconspicuum*	1,110,962	1,256,468,664	13	BIO3	36.2666526	1.59716	-	Disminuyendo	0	0
47	*Proustia cuneifolia subsp. tipia*	2,483,445	6,488,095,727	14	My	75.4479392	4.4070625	-	Aumentando	1	1
48	*Eulychnia saint-pieana*	967,982	1,373,356,668	7	BIO3	17.7129177	0.31726	Aumento herbivoros nativos	Aumentando	1	1
49	*Cryptantha taltalensis*	-	-	3	-	101.753513	2.979025	-	Disminuyendo	0	0
50	*Copiapoa humilis subsp. tocopillana*	-	-	3	-	30.7906467	6.65038833	-	Disminuyendo	0	0
51	*Calandrinia taltalensis*	14,774,287	537,104,632	10	ES	62.7408175	4.55921917	Obras civiles y ganadería extensiva	Aumentando	0	0

Folio0004615

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
52	*Dicliptera paposana*	552	21,600	7	-	74.5320657	4.92539429	Ganadería extensiva	Disminuyendo	3	3
53	*Heliotropium philippianum*	106,103	12,000,000	13	-	52.2402289	4.30403889	Aumento herbivoros nativos	Disminuyendo	2	2
54	*Oxalis matancillae*	-	-	4	-	55.5584657	4.64997857	-	Disminuyendo	0	0
55	*Copiapoa angustiflora*	9,903	160,000	1	-	15.27489	0.18505	Obras civiles	Estable	0	0
56	*Copiapoa aphanes*	-	-	1	-	129.13353	2.24368	-	Disminuyendo	0	0
57	*Copiapoa krainziana*	42,441	200,000	1	-	104.24512	3.18984	Basurales	Estable	1	1
58	*Copiapoa desertorum*	2,829	20,000	1	-	94.26495	1.43564	Obras civiles	Estable	0	0
59	*Copiapoa esmeraldana*	-	-	1	-	6.55005	0.0612	Obras civiles	Disminuyendo	0	0
60	*Copiapoa longistaminea*	7,073,553	50,000,000	6	-	27.120425	0.3064525	Obras civiles y erosión	Disminuyendo	2	1
61	*Copiapoa rarissima*	-	-	1	-	125.75436	5.48513	-	Disminuyendo	0	0
62	*Croton chilensis*	2,158,383	312,290,942	9	fMH	88.594628	5.265786	Ganadería extensiva	Disminuyendo	1	1
63	*Nolana tocopillensis*	517,254	9,000,000	9	-	56.7092267	7.76778	Actividades productivas	Disminuyendo	0	0
64	*Nolana elegans*	11,817,218	528,120,096	13	ES	65.8802865	4.67218588	Erosión	Estables	1	1

Folio004616

Folio004617

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
65	*Cristaria leucantha*	174	13.500.000	2	-	12.52024	4.15437	Ganadería extensiva	Estables	0	0
66	*Heliotropium taltalense*	11.781.346	412.037.865	21	ES	94.5959981	5.32426872	Ganadería extensiva	Disminuyendo	2	1
67	*Tropaeolum beuthii*	429.738	67.037.592	13	ES	70.0108436	4.58331929	-	Disminuyendo	0	0
68	*Senna paposana*	91	2.080.000	6	-	69.17911	4.88705733	-	Disminuyendo	2	2
69	*Nolana balsamiflua*	18.900	1.280.000	7	-	59.495775	14.3080233	Actividades productivas	Estables	1	1
70	*Eulychnia taltalensis*	5.698.122	940.168.013	29	My	70.6127112	4.22219732	Ganadería extensiva	Disminuyendo	1	1
71	*Oxalis caesia*	84.883	3.200.000	10	-	106.955217	5.45579879	-	Disminuyendo	0	0
72	*Eriosyce esmeraldana*	95	800.000	5	-	13.478656	0.187322	Obras civiles	Disminuyendo	0	0
73	*Eriosyce malleolata*	-	-	5	-	76.485715	1.22981	-	Disminuyendo	0	0
74	*Eriosyce taltalensis subsp. pygmaea*	35	6.300	6	-	6.67258333	0.07994667	-	Disminuyendo	0	0
75	*Viola johnstonii*	-	-	4	-	91.647698	5.320468	-	Disminuyendo	1	1
76	*Copiapoa solaris*	27.743.776	2.362.761,428	4	BIO2	17.755545	11.486666	Actividades productivas y obras civiles	Disminuyendo	0	0

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
87	*Puya boliviensis*	5,511,930	10,860,360,681	23	8pm	62.8240131	4.83530231	Ganadería extensiva	Disminuyendo	3	2
88	*Eriosyce taltalensis subsp. taltalensis*	8,648,397	2,238,239,524	9	My	67.2335318	2.21876636	Expansión urbana	Disminuyendo	1	1
89	*Tigridia philippiana*	3,991,720	571,459,469	12	ES	49.2875119	10.052582	Expansión urbana	Disminuyendo	2	2
90	*Deuterocohnia chrysantha*	31,996,610	4,941,090,803	22	TMIN4	31.5624087	2.97770273	Obras civiles	Disminuyendo	2	1
91	*Eriosyce iquiquensis*	64	8,000,000	8	-	57.12913	10.0647933	Erosión	Disminuyendo	1	1
92	*Atriplex taltalensis*	53,518,323	3,668,351,399	15	fMH	42.3289796	7.96875571	Ganadería extensiva y erosión	Disminuyendo	2	1
93	*Gutierrezia taltalensis*	7,220,391	1,649,711,183	16	Se	61.5456221	4.28805857	Erosión	Disminuyendo	1	1
94	*Eulychnia iquiquensis*	3,615,775	6,195,979,165	15	My	48.689625	15.096669	Actividades productivas a pequeña escala	Disminuyendo	0	0
95	*Prosopis tamarugo*	6,239,694	1,626,020,234	65	BIO12	4.041615	0.2002775	-	Estable	0	0
96	*Cistanthe cachinalensis*	25,184,492	981,072,607	37	O	72.5848448	7.13378714	Ganadería extensiva y erosión	Disminuyendo	2	2
97	*Polypodium pycnocarpum*	-	-	4	-	44.0821	8.23547	-	Disminuyendo	0	0

Folio0004618

Folio004619

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
98	*Salvia tubiflora*	707.370	190,480,269	12	Se	81.766308	5.244908	Erosión	Disminuyendo	3	3
99	*Asplenium peruvianum*	18	2,700	3	-	52.5548733	10.35272	-	Disminuyendo	0	0
100	*Lycium boerhaviaefolium*	936.618	504,423,815	7	My	70.4516663	21.0623678	Herbivoros nativos	Disminuyendo	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Folio004620

del Anexo III, y en el archivo "Diagnostico.xlsx" del Anexo digital. Del listado original, se excluyeron dos especies; *Bowlesia paposana* y *Malesherbia humilis* subsp. *taltalina*. La primera se excluyó por ser una especie no endémica de la costa de Antofagasta, sino que también presente en Putre. La segunda se excluyó debido a que Bull-Hereñu (2020) indica que este taxón corresponde a *Malesherbia humilis* subsp. *parviflora*

a) Metodología y parámetros usados para el diagnóstico

Para cada especie se hizo un análisis a partir de su presencia, distribución potencial, abundancia, análisis histórico, amenazas y conservación *ex situ*.

- Presencia

Para la presencia, se indica el rango (de norte a sur) de cada especie. Además, se incluye el listado de localidades para las cuales se ha registrado la especie. Por último, se agrega una Cuadro que resume cada uno de los registros hechos para cada especie, donde se eliminaron registros dudosos o muy redundantes. Para cada especie incluida en el diagnóstico, se incluye la cartografía digital georreferenciada de distribución y en abundancia (en caso de haber censado alguna población de la especie) en formato geodatabase en la carpeta "Informe 3.gdb", subcarpeta "Especies".

- Distribución potencial

Para cada especie, se realizó una modelación de nicho usando el programa de Maxent. En este se utilizó como input datos de presencia y climáticos. Para los datos de presencia, se usaron sólo datos de alto nivel de confianza o registros corroborados por el equipo de INIA en terreno, debido al alto nivel de resolución en que se trabajó. Debido a detalles estadisticos, el programa sólo puede modelar especies con más de 10 poblaciones de registro (considerando una población como la presencia en una grilla individual de los raster usados). Para los datos climáticos, se usaron los raster de humedad relativa generados anteriormente, los cuales se incluyen en formato geodatabase en el Anexo digital, en la carpeta "Informe 3.gdb". Además, se usaron las variables de WorldClim (Fick & Hijmans, 2017), entre las que se incluyen 19 variables bioclimáticas (Cuadro 29), que describen precipitaciones promedio de cada mes del año y temperaturas máximas, mínimas y promedio de cada mes del año.

Cuadro 29. Variables bioclimáticas usadas.

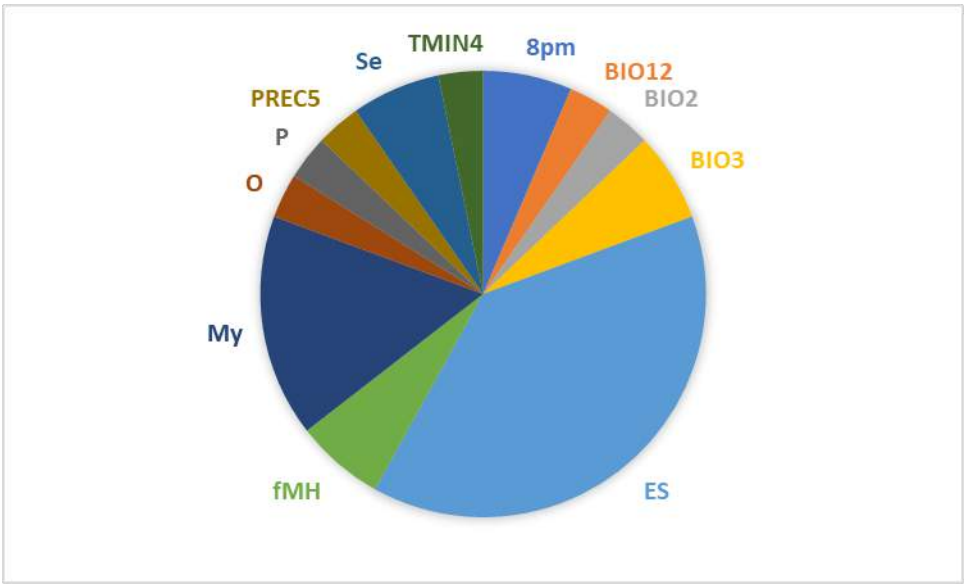
Código variable	Indicador
BIO1	Temperatura promedio anual
BIO2	Rango diurno promedio
BIO3	Isotermalidad
BIO4	Estacionalidad de la temperatura

Folio004621

Código variable	Indicador
BIO5	Máxima temperatura del mes más caluroso
BIO6	Mínima temperatura del mes más frio
BIO7	Rango de la temperatura anual
BIO8	Temperatura promedio de la estación más húmeda
BIO9	Temperatura promedio de la estación más seca
BIO10	Temperatura promedio de la estación más calurosa
BIO11	Temperatura promedio de la estación más fría
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Estacionalidad de la precipitación
BIO16	Precipitación de la estación más húmeda
BIO17	Precipitación de la estación más seca
BIO18	Precipitación de la estación más calurosa
BIO19	Precipitación de la estación más fría

Fuente: https://www.worldclim.org/data/bioclim.html

El programa Maxent también realizó un análisis de Jacknife para identificar la variable climática que es más relevante para determinar el modelo de distribución de nicho. Esta variable será de utilidad para poder identificar cuál es el factor climático de mayor relevancia para la situabilidad de cada especie. En la Figura 49 se incluyen las variables más importantes de todas las especies analizadas. Los dos más relevantes corresponden a la HR de la estación más seca en 12 especies, y la HR del mes de mayo en 5 especies. El primero se observó principalmente en especies presentes en el tipo vegetacional de “oasis de niebla”, mientras que el segundo se observa en especies de cactáceas o arbustos espinosos.



Folio004622

Figura 49. Proporción de variables de mayor importancia para determinar la modelación de nicho. BIO2 = Rango diurno promedio, BIO3 = Isotermalidad, BIO12 = Precipitación anual, TMIN4 = Temperatura mínima del mes de abril, PREC5 = Precipitación del mes de mayo, O = Humedad relativa en otoño, P = Humedad relativa en primavera, My = Humedad relativa en el mes de mayo, Se = Humedad relativa en el mes de septiembre, 8pm = Humedad relativa a las 8:00 pm, fMH = Frecuencia del punto de rocío en el mes más húmedo.

Por último, es necesario señalar que, debido a requisitos de metodología en la estadística, sólo se puede realizar el análisis para aquellas especies con más de 10 localidades, por lo que las especies muy raras no fueron consideradas en este análisis.

- Abundancia

Para determinar la abundancia total de las especies, se usaron dos métodos. El primer método es mediante la distribución potencial. Para esto, se usó la modelación realizada con el algoritmo de máxima entropía, con la cual se determinó el umbral logístico de probabilidad para establecer un modelo binomial. Usando este para calcular la superficie total de presencia de la especie, el valor de la abundancia total de la especie se obtiene de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{A = P\left(\frac{y \times D}{S}\right)}$$

Donde:

A = Abundancia total de la especie

P = Probabilidad de presencia fijada por el umbral logístico

y = Número promedio de individuos de una especie registrados en las parcelas de muestreo.

D = Superficie de presencia total de la especie determinada por el modelo binomial

S = Superficie de las parcelas de muestreo

El segundo método es usando el estimador Horvitz-Thompson (Horvirz & Thompson, 1952). Este se usa para aquellas especies en que la distribución es más restringida, ya que la modelación de nicho necesita un número de 25 localidades de presencia o más (o por lo menos un número nunca menor a 10), por lo que muchas especies extremadamente raras no podrían ser modeladas, al menos con el método convencional. El estimador Horvitz-Thompson extrapola el número de individuos por cuadrante en todos ellos en que la especie se encuentra presente. Para esto, se utilizó el área de ocupación, como medida para determinar la presencia efectiva de la especie en grillas específicas. El tamaño de las grillas se determina en función de la superficie recorrida en terreno para la cual se censaron individuos dentro de un grupo de estos, y no necesariamente se usó el mismo tamaño para calcular la extensión de la ocupación. Esta metodología es más efectiva para especies en que se conozca mejor su distribución y aquellas muy raras.

Folio004623

La fórmula de este es la siguiente:

$$T_i = \sum_{j=1}^{M_i} y_{ij}$$

Dónde:

T_i = El número de individuos en el i-ésimo cuadrante.

M_i = El número de grupos de individuos en el i-ésimo cuadrante.

$y_{i,j}$ = El número de individuos en el j-ésimo grupo del i-ésimo cuadrante.

A partir de esto, se utilizó el área de ocupación para obtener el número de individuos de toda el área de la especie (T). Esto se denota de la siguiente manera:

$$T = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M_i} y_{i,j} = \sum_{i=1}^{N} T_i$$

Para ambos métodos usados, se calculó la superficie de terreno en que se estima la abundancia, es decir,. la superficie de presencia de cada especie. Esto no se calcula en aquellas estimaciones que no se usaron grillas para los cálculos ni modelación de nicho.

La frecuencia de los valores de abundancia se observa en la Figura 50, mientras que la superficie se observa en la Figura 51. Se observa que casi el 70% de las especies analizadas presentan menos de 7,7 millones de individuos estimados. Por otro lado, casi el 60% de las especies estudiadas se encuentran delimitadas en superficies menores de 1.600 km^2.

Folio004624

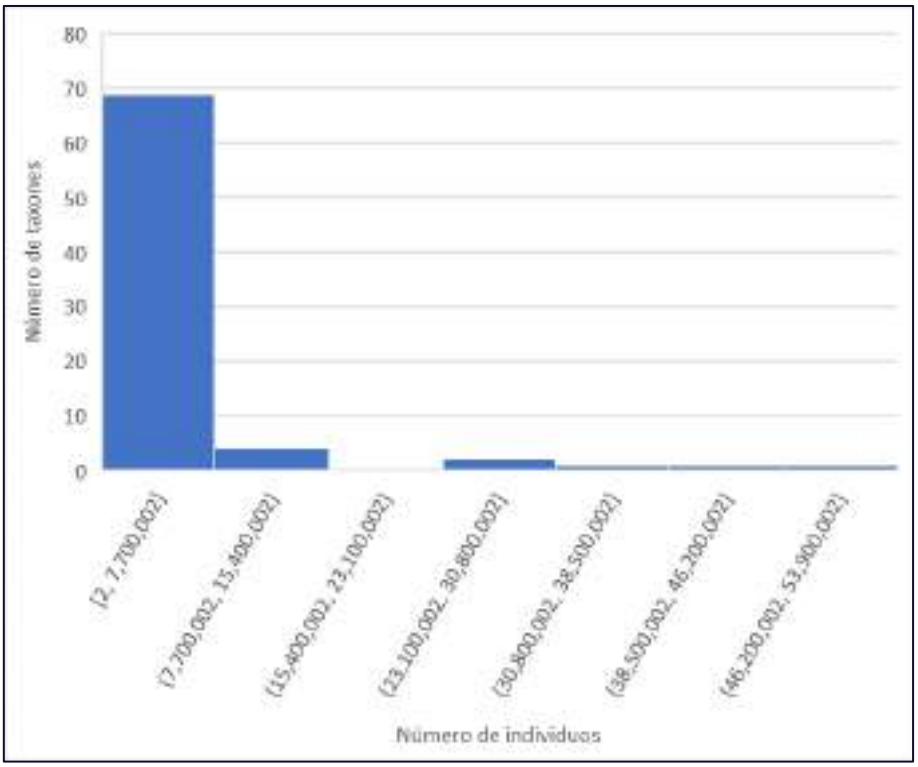
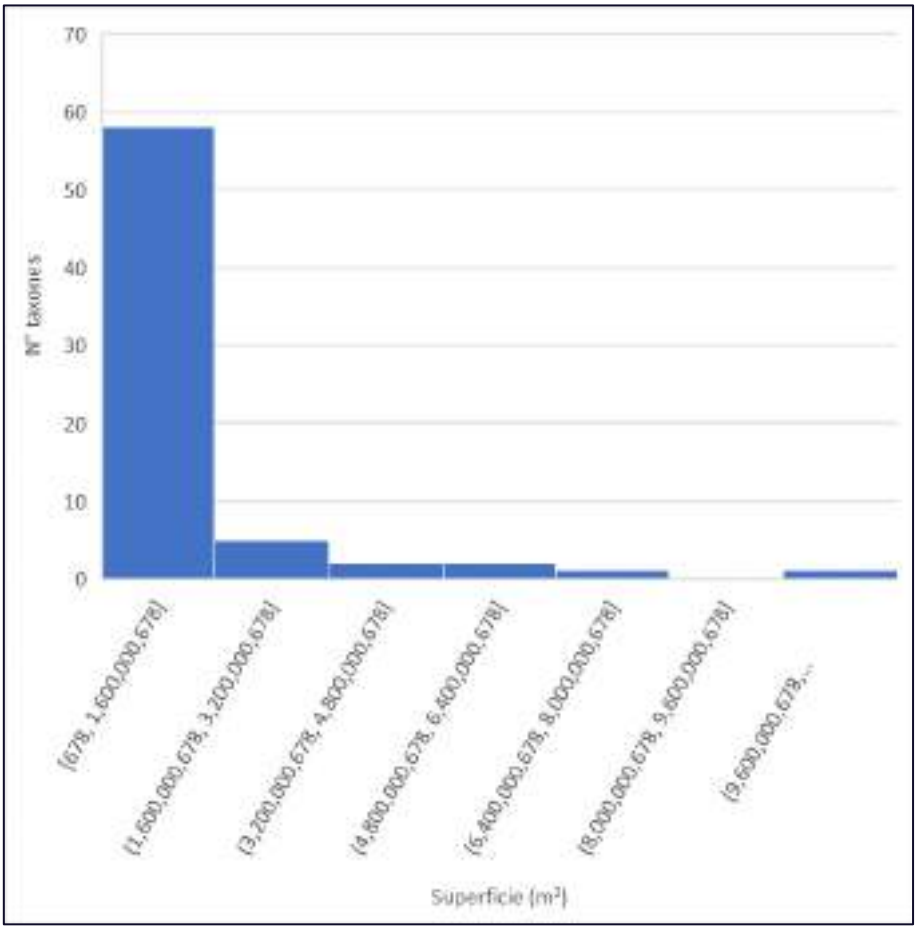


Figura 50. Histograma de la abundancia de individuos en las especies priorizadas.



Folio004625

Figura 51. Histograma de la superficie de presencia de las especies priorizadas.

- Análisis histórico

Para el análisis histórico, se determinó como han sido las colectas de esta especie durante el tiempo, obteniendo esta información de los datos de registros presentados en la sección de presencia de cada especie.

De manera adicional, se compararon los registros históricos con corroboraciones realizadas en terreno durante el desarrollo de este proyecto, indicando si se pudieron encontrar registros nuevos no presentados anteriormente. A partir de ésto, se concluye con una inferencia de los datos recopilados la tendencia de las poblaciones de la especie. Si se pudieron registrar localidades nuevas, se considera que la especie está mejorando su condición. Si sólo se pudieron corroborar las localidades previamente registradas, se considera que la especie está estable. Si no se pudieron corroborar las poblaciones, se considera que las poblaciones de la especie están disminuyendo. Es necesario aclarar que, esta inferencia se basa en los datos recopilados y el comportamiento de las poblaciones de cada especie dependerá de los esfuerzos de muestreo, tanto los incluidos en las referencias como los recopilados en el contexto de este estudio.

- Amenazas

Para analizar las amenazas, se obtuvo información registrada en el momento de hacer las parcelas de muestreo en terreno. En estas, se indicó las amenazas observadas para la flora nativa en terreno, usando como guía para categorizar las amenazas la clasificación incluida en el plan RECOGE, en las que se incluye:

- Actividades productivas sin consideraciones para la protección de la flora costera
- Turismo y actividades motorizadas fuera de ruta
- Extracción de flora costera para fines comerciales
- Extracción de flora costera para fines científicos
- Obras civiles
- Ganadería extensiva
- Expansión urbana
- Aumento de herbívoros nativos
- Actividades productivas a pequeña escala

Folio004626

Debido a la dificultad para ponderar, no se incluye la amenaza del cambio climático o variación interanual del clima. Para cada especie, se indican las amenazas respectivas, incluyendo su frecuencia.

Además, se obtuvo el nivel de perturbación recibida a partir de faenas mineras y otros proyectos ambientales registrados en el SEIA. Para esto, se usó la influencia obtenida para la determinación de áreas prioritarias, en que se creó un mapa de calor con valores proporcionales a la cercanía y densidad de proyectos mineros activos y cerrados (Figura 52) y proyectos ingresados al SEIA (Figura 53).

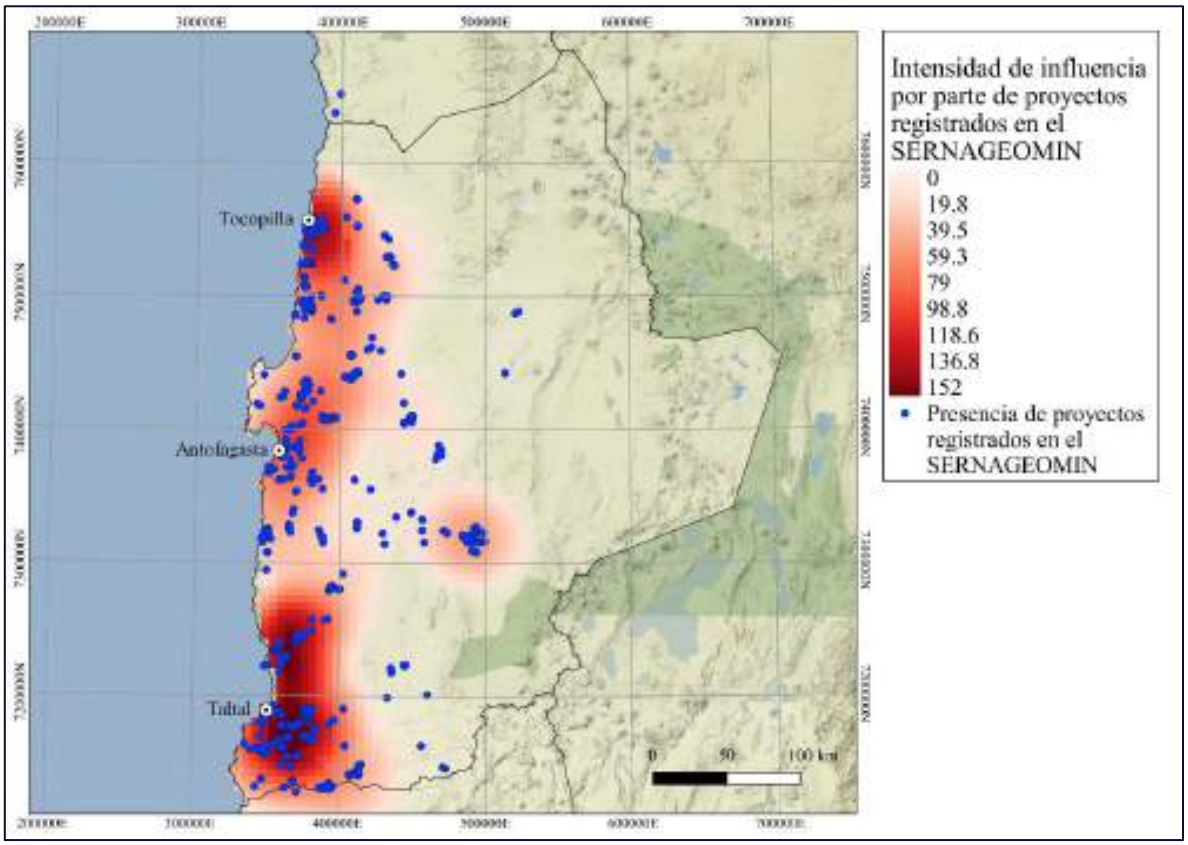


Figura 52. Ubicación de proyectos de minería en la Región de Antofagasta, a partir de la base de datos del SERNAGEOMIN.

Folio004627

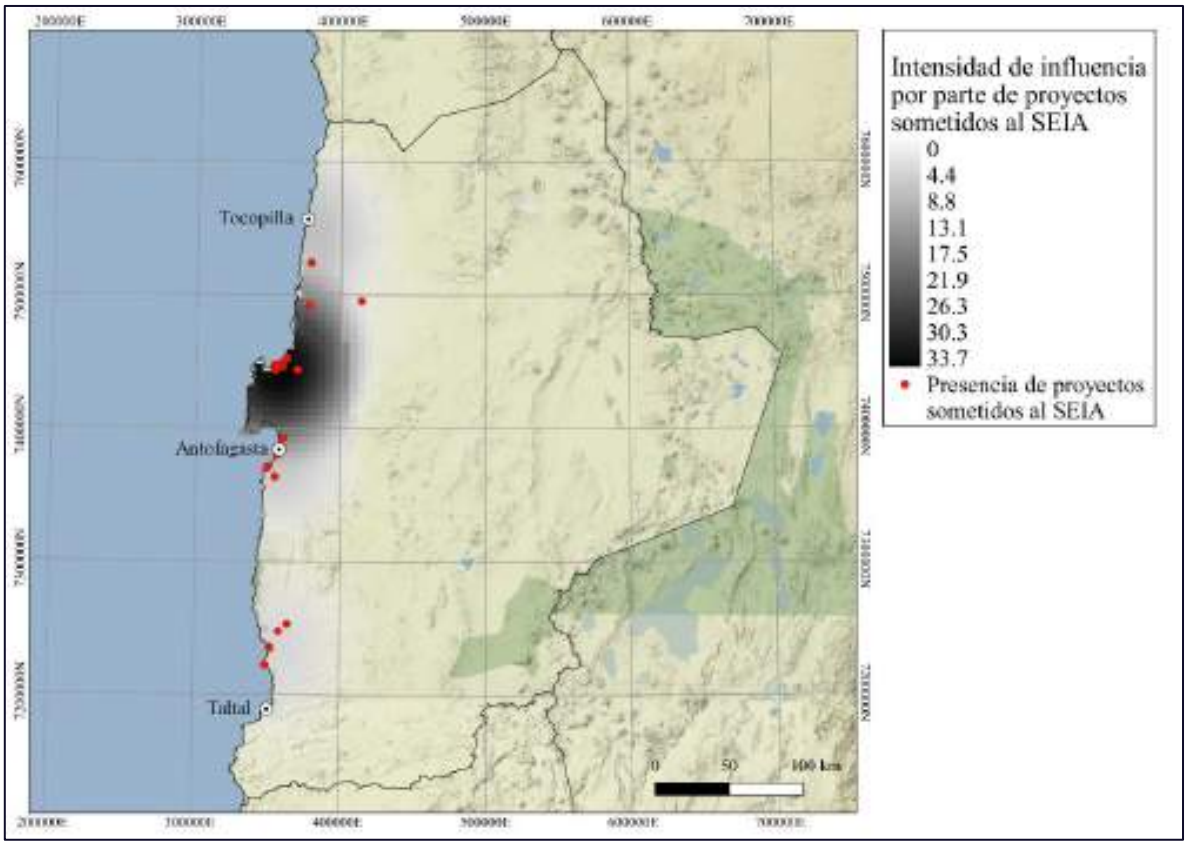


Figura 53. Ubicación de los proyectos ingresados y aprobados por el SEIA.

Estos valores se les asignaron a las presencias de las especies y se obtuvo un promedio de estos para cada una. Una vez obtenido este valor, se ponderó en 5 niveles (muy baja, baja, media, alta, muy alta) cada tipo de perturbación a las especies. En la Cuadro 30 se indica la ponderación usada.

Cuadro 30. Categoría de nivel de amenaza para el valor de influencia de minería y de proyectos de impacto ambiental.

Influencia minera	Influencia de proyectos de impacto ambiental	Categoría
1 a 27,77	1 a 4,32	Muy baja
27,78 a 53,11	4,33 a 8,59	Baja
53,12 a 78,45	8,6 a 13,85	Media
78,46 a 103,79	13,86 a 17,1	Alta
103,8 a 130	17,2 a 22	Muy alta

Fuente: Elaboración propia.

- Conservación en el Banco Base de Semillas

Por último, se indica si la especie diagnosticada presenta una accesión de semillas conservada en el Banco Base de Semillas (BBS). Esto excluye a aquellas especies que se han propagado, ya que en este último caso no siempre se

Folio004628

contó con material suficiente para poder ingresar a la bodega de conservación, considerando los requisitos que se tiene para conservar *ex situ*.

a) Análisis de la condición de la flora más amenazada

Ya diagnosticada la condición de las 100 especies, se especifica en detalle a continuación los pasos usados para evaluar cada taxón. Las especies se ordenan respecto a su jerarquía obtenida en el IPM, aunque se eliminan las menos importantes sin categoría de conservación para que puedan ser incluidas aquellas mencionadas en el plan RECOGE. Para cada especie se incluye una Cuadro de resumen de los resultados obtenidos al inicio.

Folio004629

1.- *Heliotropium jaffuelii* I. M. Johnst.

Ranking IPM			**1**
Especie	***Heliotropium jaffuelii*** I. M. Johnst		
Familia	**Heliotropiaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**7**	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**2**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Expansión urbana y erosión**	Tendencia de la especie	**Estable**
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Distribución

Folio004630

Este arbusto sólo se conoce de las cercanías de Tocopilla, y a pesar de que fue la que tuvo mayor valor de IPM, no se ha clasificado su estado de conservación. A pesar de que se presentó una propuesta de categorización para el 18° proceso de clasificación, finalmente esta no fue aceptada. Sin embargo, en el marco del presente proyecto, se han realizado colectas de semilla para su conservación.

- Presencia

Esta especie se restringe al área de Tocopilla. Se ha registrado sólo en 3 localidades, aunque en una de ellas se encuentra desaparecida (ver más adelante análisis histórico). En la Cuadro 31 se encuentran las localidades conocidas de *H. jaffuelii*.

Cuadro 31. Localidades de presencia de *H. jaffuelii.*

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Entre Tocopilla y Quebrada Mamilla [Punta Aña]	377737	7566449	Ricardi, Marticorena & Matthei	1964
2	Tercera quebrada al norte de Tocopilla	378507	7560556	F. Jaffuel	1931
3	Quebrada Quillagua	380849	7560510	INIA	2020

Fuente: Luebert (2013), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que la especie cuenta con menos de 10 localidades de presencia, no se realizó una modelación de nicho.

- Abundancia

En las campañas de terreno se revisaron las localidades en que se ha registrado esta especie. A partir de estas, se censaron los individuos debido al bajo número de individuos conocidos. Debido a que se realizó una búsqueda exhaustiva en las localidades de presencia de la especie, no se realizó una estimación de individuos mediante algún indicador. Finalmente, se encontraron sólo 7 individuos en total de la especie durante la ejecución de este proyecto, de los cuales 6 se encuentran en la tercera quebrada al norte de Tocopilla y una en la Quebrada Quillagua. La ubicación de estos individuos se encuentra en la Cuadro 31.

Folio004631

- Análisis histórico

De esta especie se conoce históricamente sólo dos localidades (Figura 54). La primera corresponde a la del ejemplar tipo, en la tercera quebrada al norte de Tocopilla, realizado por Félix Jaffuel en la década de 1930. La segunda corresponde a una colecta realizada por Ricardi, Marticorena & Matthei en la década de 1960, en el camino entre Tocopilla y Quebrada Mamiña, algunos kilómetros al norte de Tocopilla.

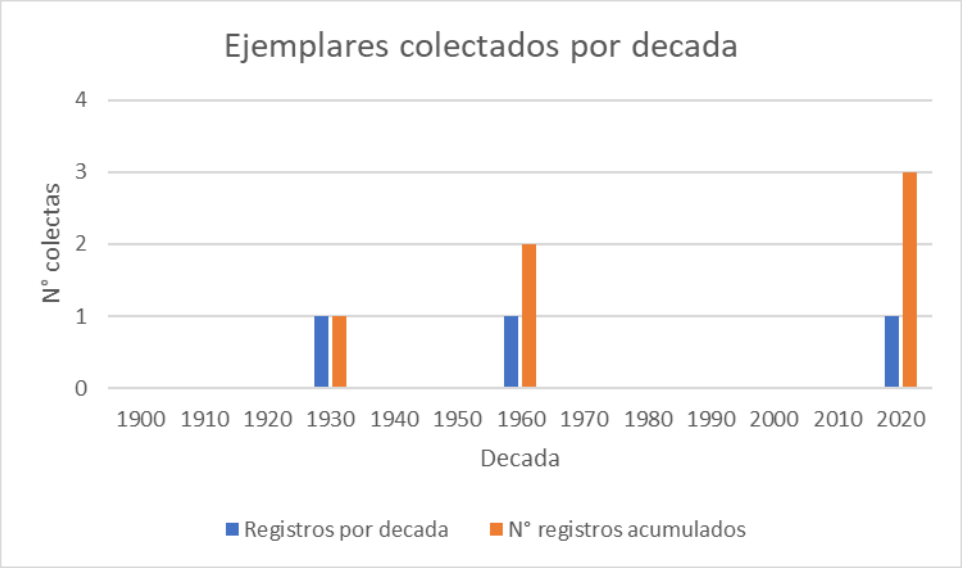


Figura 54. Registros de *Heliotropium jaffuelii* realizados a través del tiempo.

A pesar de que la localidad de Ricardi, Marticorena & Matthei en la década de 1960 no presenta mayores detalles de su localidad específica, en el 2016, el equipo del BBS encontró un ejemplar a orillas de la carretera entre Tocopilla y Quebrada Mamilla, específicamente en Punta Aña, del cual se realizó una colecta de herbario. En el contexto del presente estudio, se visitó la misma zona, pero no se pudo encontrar el ejemplar, debido a que el terreno había sido alterado por obras civiles y el ejemplar desaparecido. Sin embargo, se encontró otro individuo en una nueva localidad, en Quebrada Quillagua (Figura 55).

Folio004632

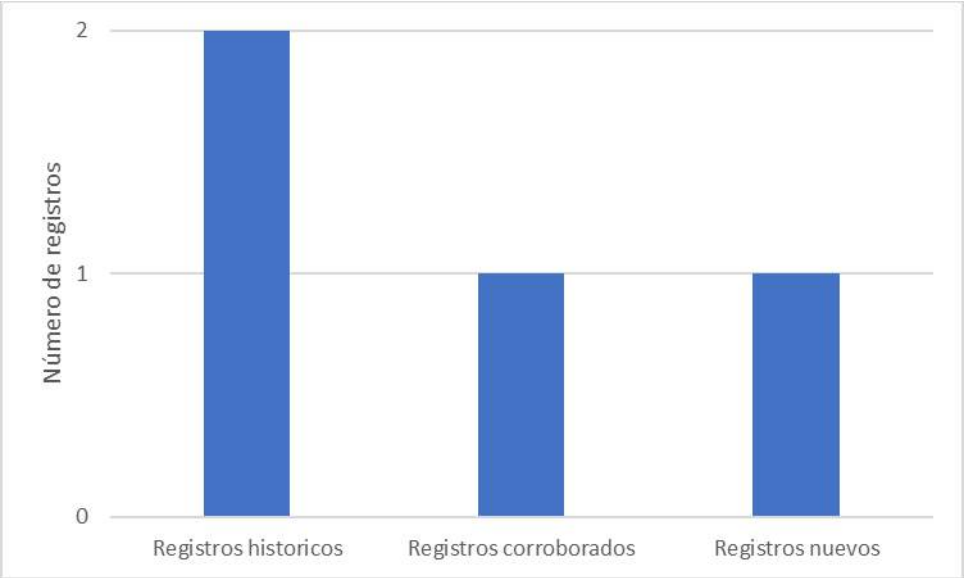


Figura 55. Corroboración de registros en el área de estudio de *Heliotropium jaffuelii*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están declinando.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en los muestreos de terreno, pero su presencia en quebradas aluviales podría significar una amenaza potencial. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 106,998, por lo que se considera una influencia muy alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 7.556, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

En el BBS se conservan dos accesiones de una misma población de esta especie (BB1506 y BB1527), correspondiente a la localidad de la tercera quebrada al norte de Tocopilla. Como parte de este proyecto, esta especie está siendo propagada y se han logrado las primeras plantas para esta especie.

Folio004633

2.- *Rimacactus laui* (Luthy) Mottram

Ranking IPM				**2**
Especie	***Rimacactus laui*** (Luthy) Mottram			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**En Peligro**	
Número de individuos estimados	**25**	Superficie estimada (m^2)	**90.000**	
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Muy alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Estable**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Folio004634

Esta cactácea corresponde a la única especie de un género monotípico, recientemente confirmada su separación de *Eriosyce* (P. C. Guerrero et al., 2019). Corresponde al segundo mayor valor de IPM, y sólo se ha podido encontrar en las cercanías de Tocopilla. Se encuentra clasificada como "En Peligro" bajo el nombre *Eriosyce laui* Luthy, de acuerdo al DS 50/2008 MINSEGPRES.

- Presencia

Esta especie se encontraría al SE de la ciudad de Tocopilla. Al parecer, por las descripción bajo el protólogo dado por J. M. Luthy en Kattermann (1994), se encontraría localizada entre los alrededores del Cerro Buena Vista y la Ruta B-160, en las laderas expuestas a la neblina costera. Además de los datos de colecta expuestos en el protólogo de la descripción en Kattermann (1994), no se pudieron encontrar otras fuentes de información. En la Cuadro 32, se observan los registros de esta especie. Además de la publicación en Kattermann, (1994), los otros registros de (BIOTA, 2018) no especifican si realmente corresponden a colectas en terreno o ejemplares de cultivo. Tampoco se indica fecha u otra característica. Las coordenadas incluidas en la base de datos son sólo de referencia, por lo que no se incluyen.

Cuadro 32. Localidades de presencia de *Rimacactus laui*.

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Tocopilla			Roman Staník	
Tocopilla			Grzegorz Matuszewski	
Tocopilla			Dennis Sargant	
Tocopilla			Brian Francis Bates	
Sur de Tocopilla			Paul Hoxey	
Tocopilla	379682	7551953	INIA	2021
5 km de la costa, sur de Tocopilla			A. Lau (tipo)	1986

Fuente: Biota (2018)

- Distribución potencial

Debido a que no se cuenta con 10 localidades de registro, no es posible calcular la distribución potencial.

Folio004635

- Abundancia

En la localidad encontrada, esta especie presentó 25 individuos. Dado que es la única localidad conocida, se estima el valor presentado en esta localidad como la abundancia total de la especie, presentándose en una superficie de 90.000 m^2.

- Análisis histórico

Debido a la rareza de esta especie, se tiene registros sólo de la colecta realizada por primera vez. La última corresponde al registro realizado en el contexto de este proyecto.

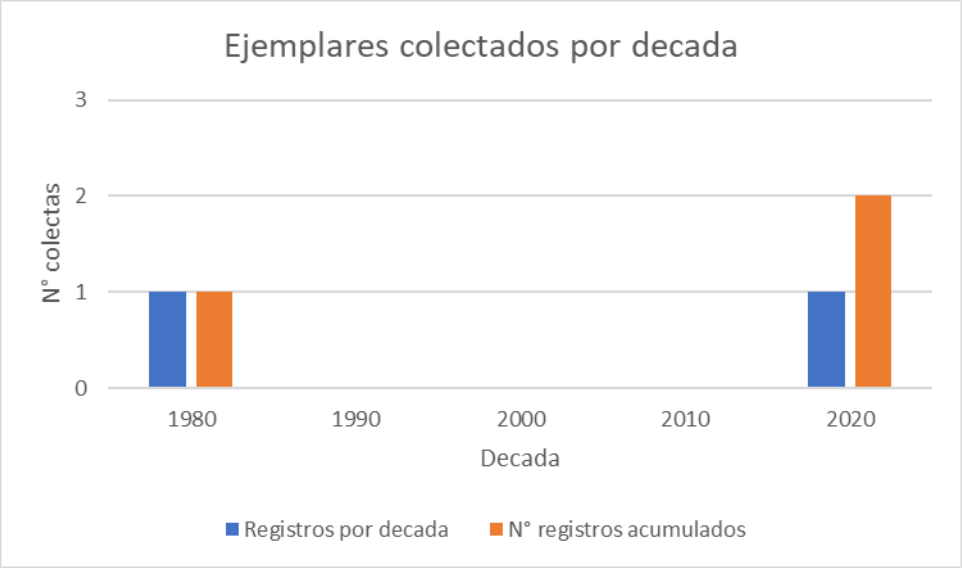


Figura 56. Registros de *Rimacactus laui* realizados a través del tiempo.

Sólo se tiene registro de esta especie para una localidad, correspondiente a Tocopilla. Esta pudo ser corroborada en el contexto de este proyecto.

Folio004636

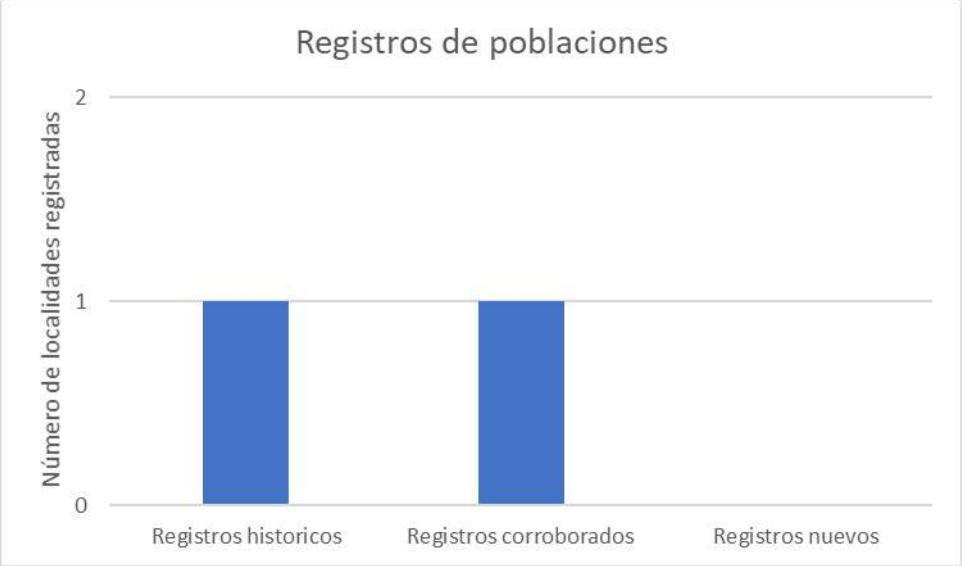


Figura 57. Corroboración de registros en el área de estudio de *Rimacactus laui*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron mayores amenazas en terreno, aunque había caminos relativamente cercanos e indicios de presencia humana . En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 126,06, por lo que se considera una influencia muy alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 8,29, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

En el BBS no se conservan semillas de esta especie. Se recibió una pequeña donación de semillas de esta especie, pero a pesar que presentó una buena germinación inicial, no fue posible contar con plantas establecidas, por lo que se seguirán intentando nuevas colectas en el futuro.

Folio004637

3.- *Malesherbia tocopillana* Ricardi

Ranking IPM				**3**
Especie	***Malesherbia tocopillana*** Ricardi			Distribución
Familia	**Passifloraceae**	Categoría de conservación	**EN**	
Número de individuos estimados	**100**	Superficie estimada (m^2)	**25.000**	
Número de localidades	**2**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Muy alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	**Erosión**	Tendencia de la especie	**Estable**	
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**	

Folio004638

Corresponde a una especie del género *Malesherbia*, endémico de los desiertos de Chile y Perú. *M. tocopillana* se encuentra estrechamente relacionada con *M. ardens*, otra especie de distribución limitada en Perú (Ricardi, 1967). *M. tocopillana* se encuentra restringida a la zona de Tocopilla, en la cual se conocen sólo dos localidades de presencia. Esta especie se encuentra en categoría "En Peligro" según el DS 50/2008 MINSEGPRES.

- Presencia

Se conocen sólo dos localidades de esta especie. La primera corresponde a la localidad de colecta del ejemplar tipo, en la tercera quebrada al norte de Tocopilla (F. Jaffuel #2535/2588). La segunda corresponde a una colecta realizada en la Mina Buena Esperanza (A. Hoffmann s.n., 23-I-1987), justo al frente de Punta Blanca. Se han realizado otras colectas en la localidad tipo (Dillon & Dillon #5719, Luebert & García #2561).

Cuadro 33. Localidades de presencia de *Malesherbia tocopillana.*

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Tercera quebrada al norte de Tocopilla	378592	7560660	F. Jaffuel (tipo)	1932
2	Quebrada Mina Buena Esperanza, 10 km al sur de Tocopilla	374930	7547978	Dillon & Dillon	1985
3	Tercera quebrada al norte de Tocopilla	378592	7560660	A. Hoffmann	1987
4	Tercera quebrada al norte de Tocopilla	378592	7560660	Luebert & García	2005

Fuente: García & Luebert (2005); Ricardi (1967)

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

Folio004639

- Abundancia

Para calcular la abundancia, se utilizó el estimador Horvitz-Thompson. Para esto, se contó y georreferenció en terreno un grupo de 20 individuos que se encontraba en una superficie de 5.000 m^2 (50 x 50 m). Además de este, se encontraron otros 4 grupos de individuos, los cuales no pudieron ser prospectados a cabalidad debido a la dificultad del terreno. Al georreferenciarse (Figura 58), se establecieron grillas de 50 x 50 m, en las cuales se determinó sólo un grupo de individuos máximo por grilla. A partir de esto, se estima que existen 100 individuos de *Malesherbia tocopillana*, restringidas a una superficie de 25.000 m^2 (2,5 ha).

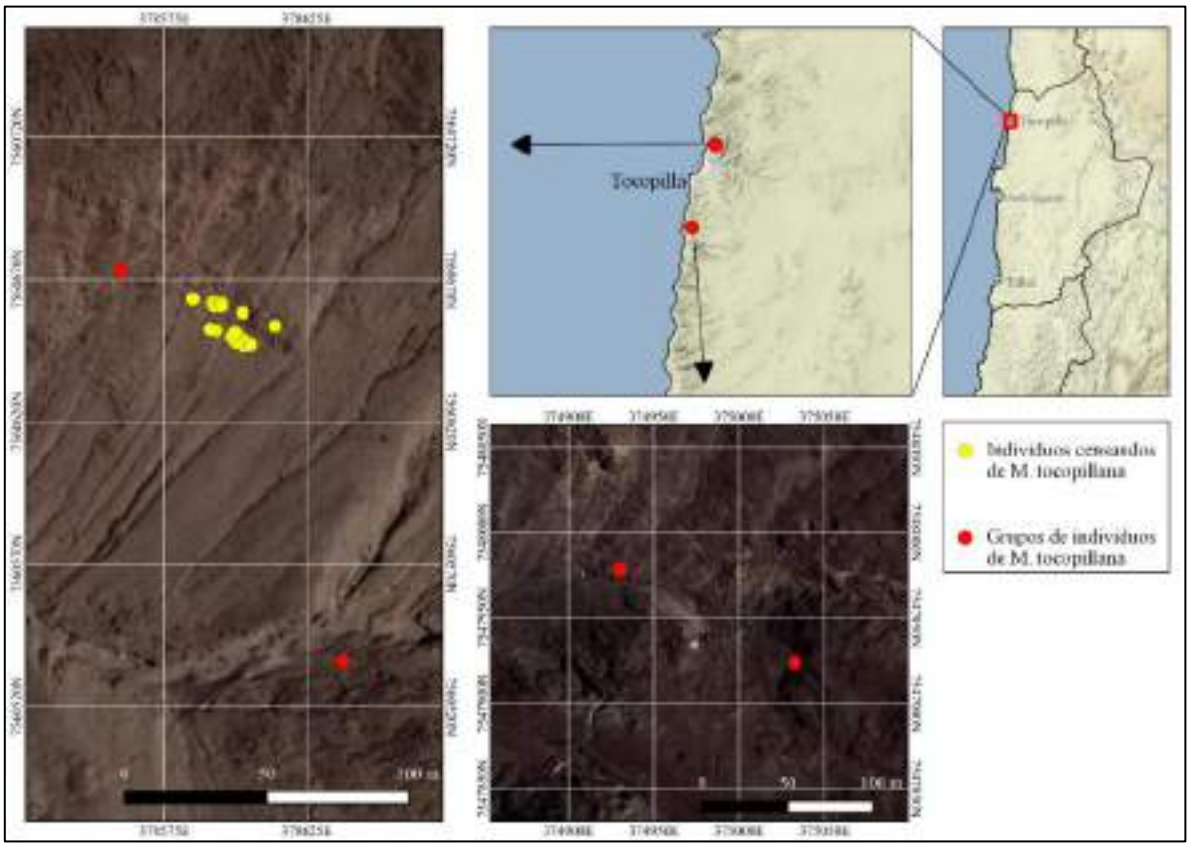


Figura 58. Distribución de presencias de *Malesherbia tocopillana*.

- Análisis histórico

A pesar de que esta especie fue colectada en 1930, se mantuvo cuatro décadas sin volver a ser registrada nuevamente. Esta especie volvió a ser vista a partir de la década de los 1980.

Folio004640

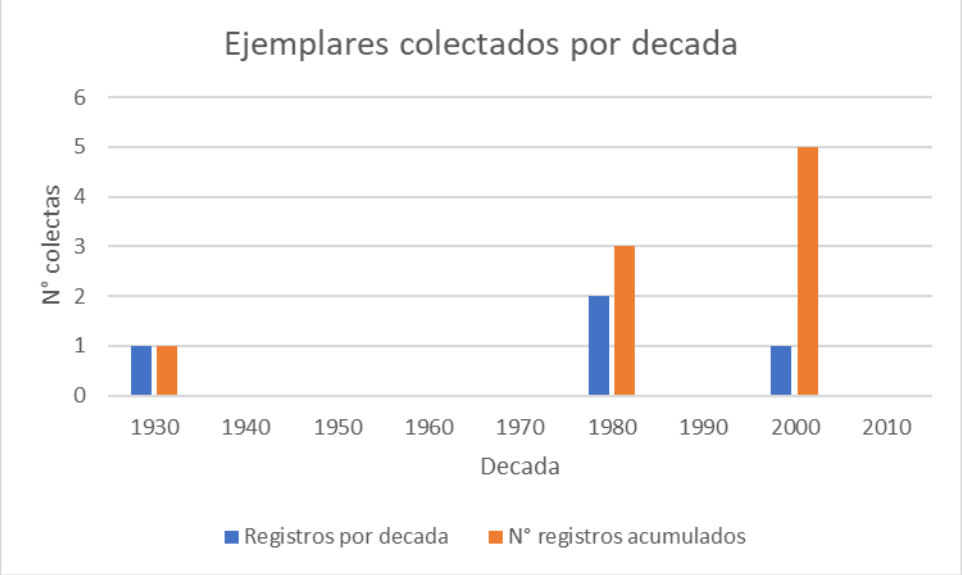


Figura 59. Registros de *Malesherbia tocopillana* realizados a través del tiempo.

Sólo se tiene registro de dos localidades para la especie, los cuales fueron corroborados. Sin embargo, cabe destacar que la colecta realizada por Dillon y Dillon en 1987 fue realizada al norte de Tocopilla, pero cercano a la carretera. Al parecer, ese individuo habría sido eliminado debido a trabajos en la carretera (N. García & Luebert, 2005).

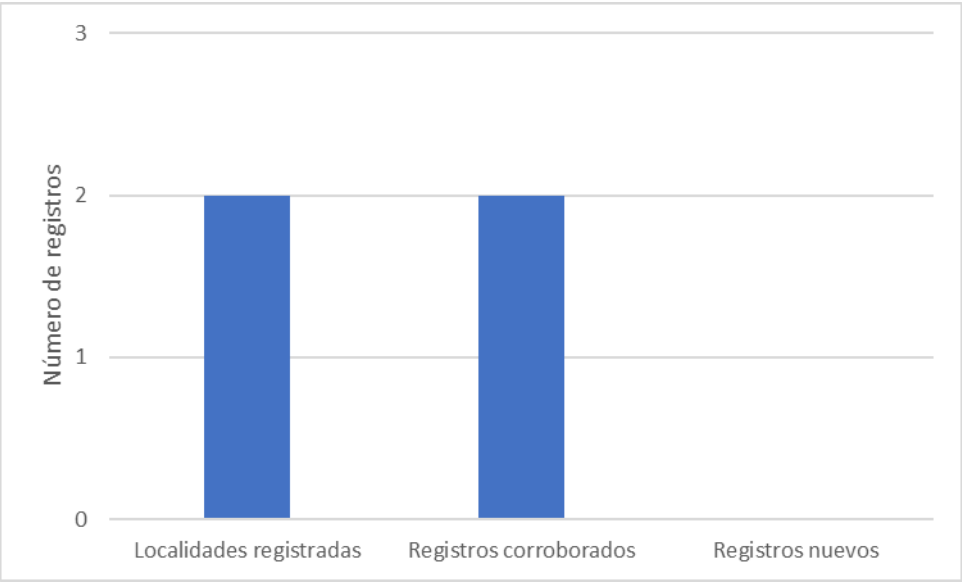


Figura 60. Corroboración de registros en el área de estudio de *Malesherbia tocopillana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

Folio004641

- Amenazas

En la Figura 61 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la erosión del suelo.

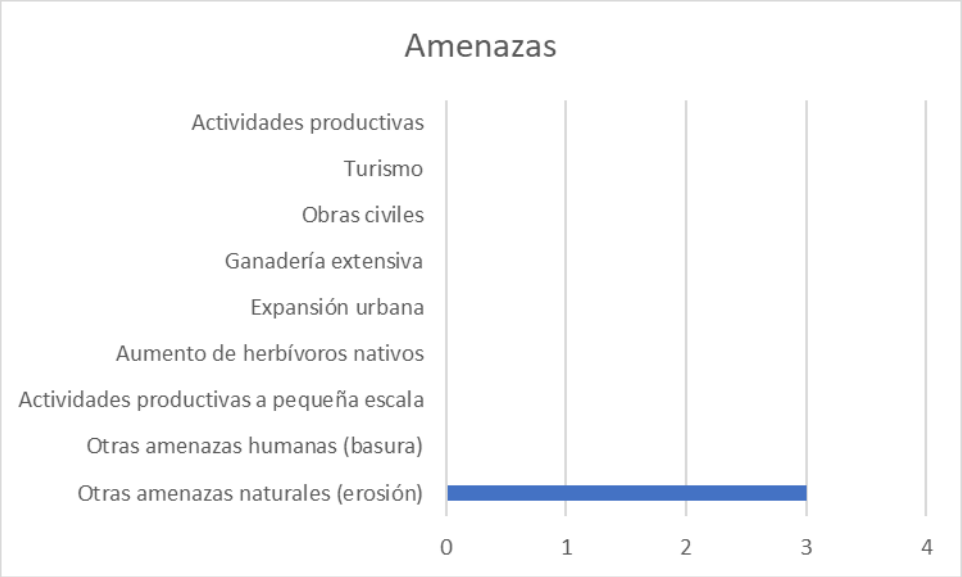


Figura 61. Amenazas registradas para *Malesherbia tocopillana*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 120.77, por lo que se considera una influencia muy alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 8.26, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

En el BBS se conservan dos accesiones de esta especie (BB1442 y BB1526), correspondientes a la localidad de la tercera quebrada al norte de Tocopilla. Estas semillas han sido utilizadas también para germinación y las primeras plantas propagadas de esta especie ya han sido logradas.

Folio004642

4.- *Dioscorea biloba* subsp. *biloba*

Ranking IPM				4
Especie	***Dioscorea biloba* subsp. *biloba*** (Phil.) Caddick & Wilkin			Distribución
Familia	**Dioscoreaceae**	Categoría de conservación	-	
Número de individuos estimados	**294**	Superficie estimada (m^2)	**67.500**	
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Muy alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Estable**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Folio004643

Dioscorea biloba es una especie que se encuentra distribuida de manera disyunta, donde *D. biloba* subsp. *coquimbana* se encuentra restringida a la Región de Coquimbo, mientras que *D. biloba* subsp. *biloba* es endémica de la Región de Antofagasta. En el análisis del IPM, se consideró a esta especie como entidad distinta a *D. biloba* subsp. *coquimbana*.

- Presencia

Esta especie fue descrita por Philippi a partir de una muestra colectada por Larrañaga. A pesar de que la etiqueta de la colecta indica como localidad "Breas", se infiere que Larrañaga realizó colectas en el Cerro Perales a partir de las especies que fueron colectadas y aparecen con esa etiqueta. Sólo se conoce una localidad de presencia de la subespecie. Esta se encuentra en el Cerro Perales, en un área de no más de 1 km^2 (Viruel et al., 2010).

Cuadro 34. Localidades de presencia de *Dioscorea biloba subsp. biloba.*

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Taltal	356770	7186975	A. Larrañaga	1888

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Para calcular la abundancia, se utilizó el estimador Horvitz-Thompson. Para esto, se contó y georreferenció en terreno un grupo de 98 individuos que se encontraba en una superficie de 22.500 m^2 (150 x 150 m). A pesar de que no se encontraron más individuos, Viruel et al. (2010) indican coordenadas de tres colectas de individuos un poco más abajo en altitud que los individuos censados. Al georreferenciarse (Figura 62), se establecieron grillas de 150 x 150 m^2. A partir de esto, se estima que existen 294 individuos de *Dioscorea biloba* subsp. *biloba*, restringidas a una superficie de 67.500 m^2 (6,75 ha).

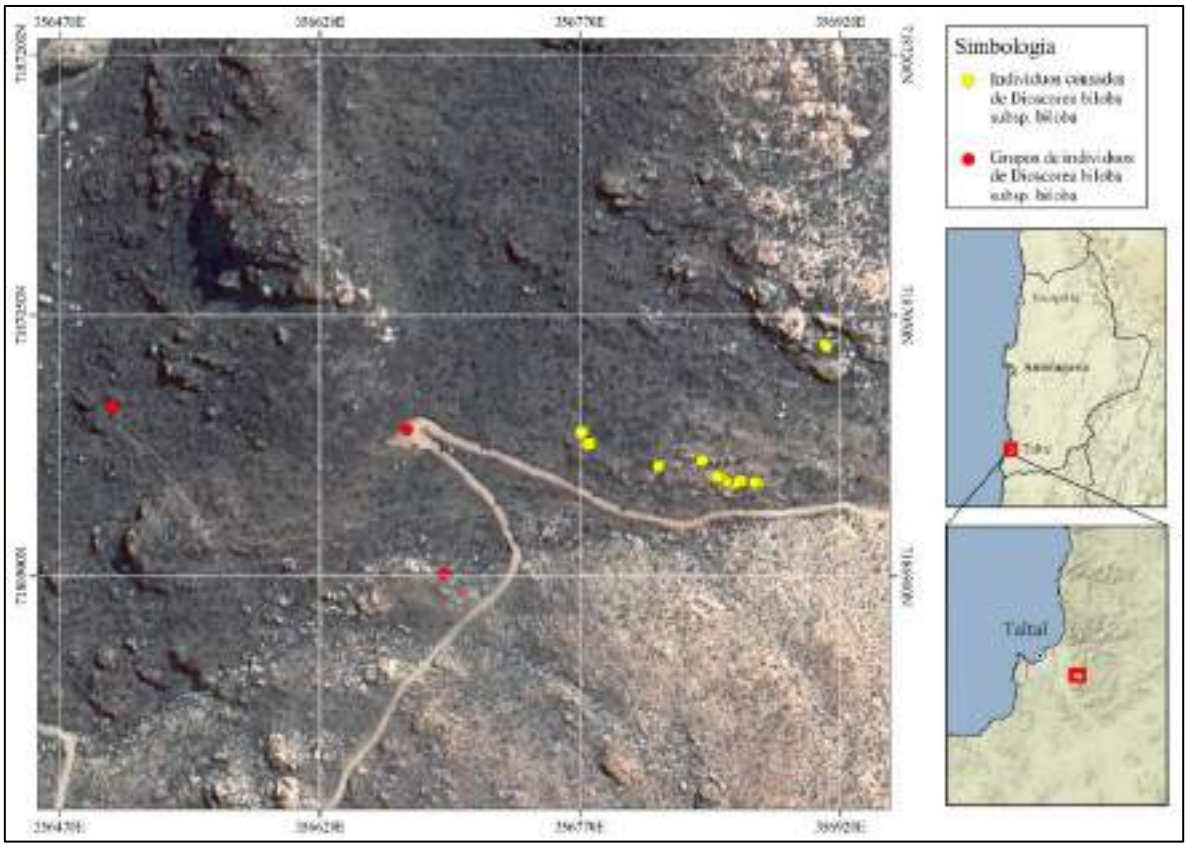


Figura 62. Distribución de presencias de *Dioscorea biloba subsp. biloba*.

- Análisis histórico

Esta especie fue colectada por primera vez en 1888 por Larrañaga. Luego hubo otra colecta realizada por Werdermann en octubre de 1925 y otra por Worth & Norrison en octubre de 1938. Debido a un estudio de las especies del grupo *Epipetrum* del género *Dioscorea*, Villar & Viruel realizaron 3 colectas de distintos puntos en el Cerro Perales en agosto del 2008 (Figura 63).

Folio004645

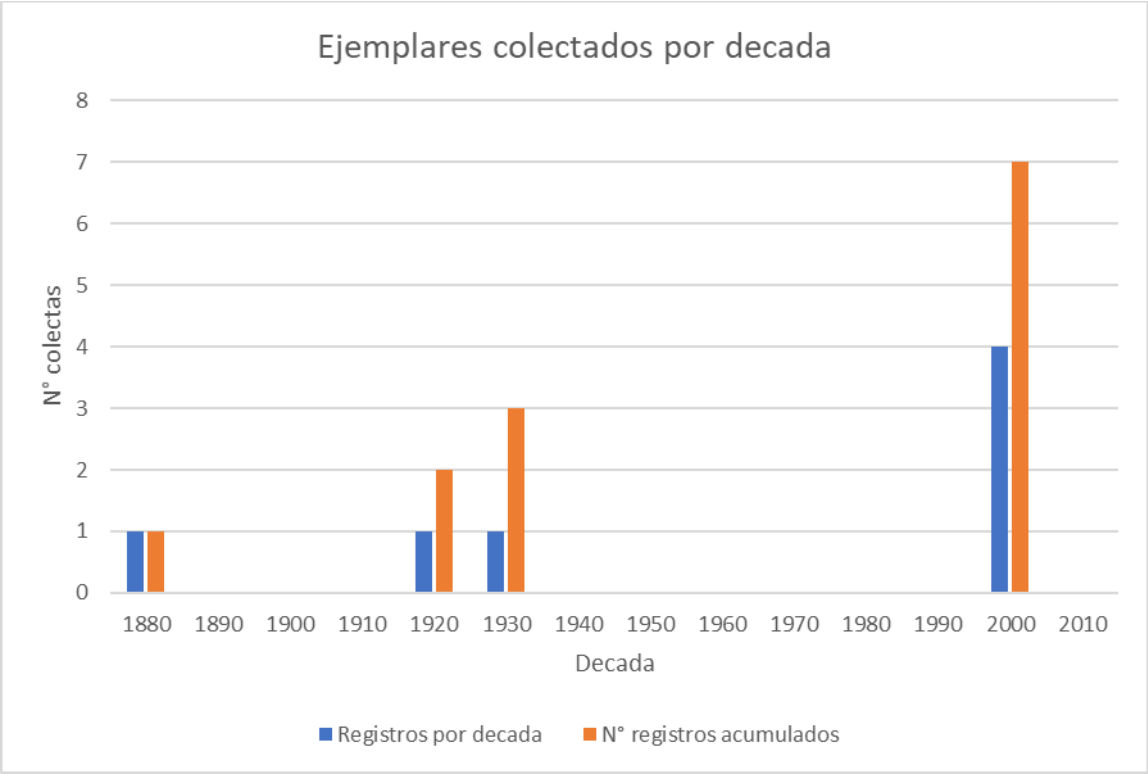


Figura 63. Registros de *Dioscorea biloba* subsp. *biloba* realizados a través del tiempo.

En el contexto de este estudio, la subespecie fue encontrada en la única localidad conocida. Sin embargo, no se ha observado en otras localidades.

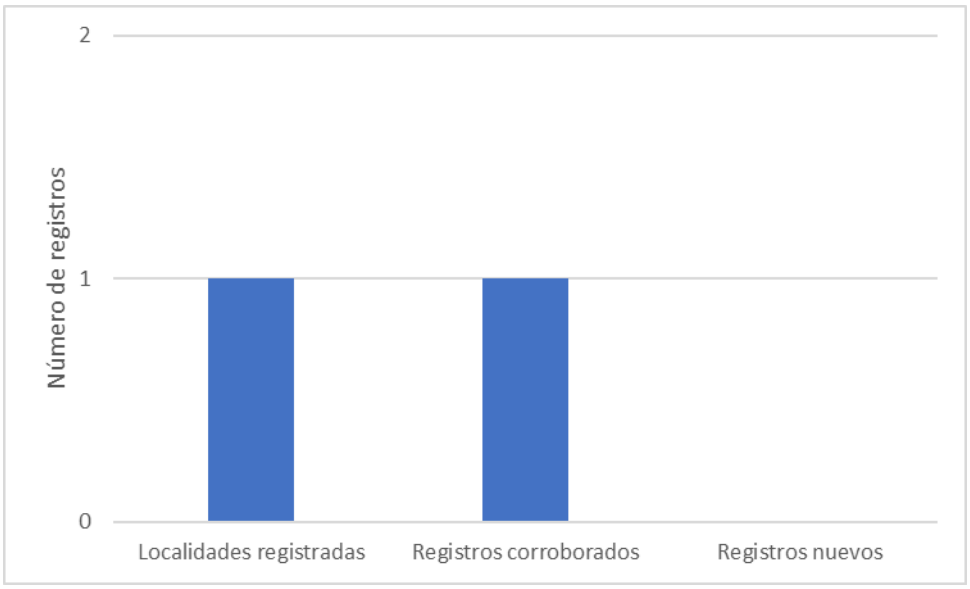


Figura 64. Corroboración de registros en el área de estudio de *Dioscorea biloba* subsp. *biloba*.

Folio004646

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 119.94, por lo que se considera una influencia muy alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 2.71, por lo que se considera una influencia muy baja.

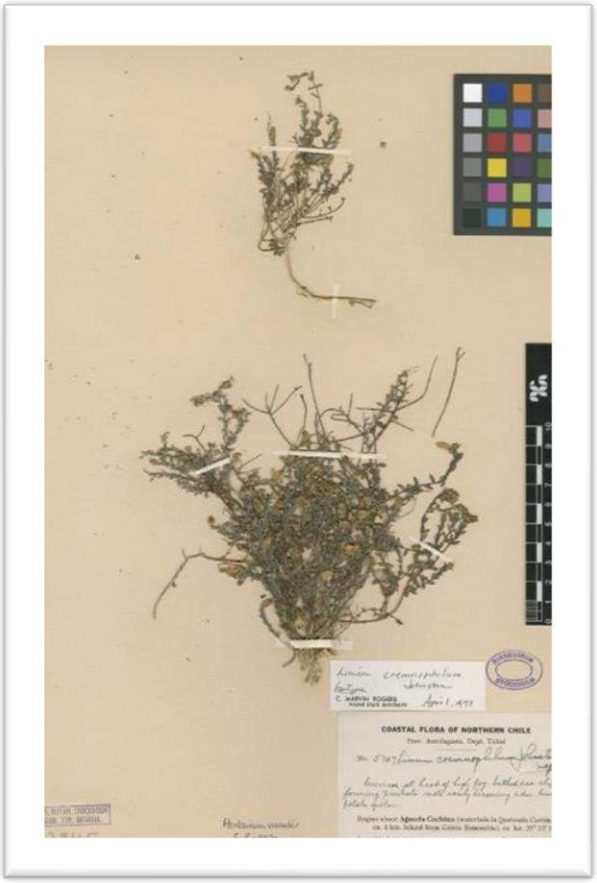
- Conservación en el BBS

A pesar de que se observaron frutos en formación, la población fue visitada en la fecha estimada de maduración, pero lamentablemente no se pudieron encontrar semillas disponibles en las plantas.

Folio004647

5.- *Linum cremnophilum* I.M. Johnst.

Ranking IPM				5
Especie	***Linum cremnophilum*** I.M. Johnst.			Distribución
Familia	**Linaceae**	Categoría de conservación	-	
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada	-	
Número de localidades	**2**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	



Folio004648

Linum cremnophilum corresponde a una especie de distribución muy restringida, aparentemente endémica del Parque Nacional Pan de Azúcar.

- Presencia

Esta especie es descrita por Iván M. Johnston, el cual realiza colectas de herbario en dos localidades. Tras esto, no existen registros de que se hayan realizado colectas posteriores de la especie (Mildner & Rogers, 1978). El sitio de presencia no está claro, las etiquetas de herbario dicen "*crevices at head of fog-bathed sea-cliffs near Aguada Cachina*" y "*crevices at head of foggy sea-cliffs near Aguada Grande*". En la primera indica en la etiqueta "*waterhole in Quebrada Cachina ca. 6 km inland from Caleta Esmeralda*", pero no se ha encontrado en la Quebrada Cachina un lugar con acantilados costeros a 6 km de la costa. El lugar coincide con el lugar en que se juntan el sector de Pampa Blanca con la Quebrada Cachina, pero la zona no cumple con las características descritas. La cumbre más alta de este sector (probablemente lo que Johnston llama "Cerro La Cachina") fue explorada en el marco de este proyecto, pero el sector no pareciera recibir un régimen hídrico importante por la neblina costera. A pesar de las búsquedas intensas por este lugar, la especie no pudo ser encontrada.

Para la segunda colecta tampoco hay seguridad, pero debido a que lo que Johnston (1929: 11) llama "Aguada Grande" a lo mismo que lo que Philippi llama "Cachinal de la Costa", es decir el valle que une la Aguada La Cachina con Caleta Pan de Azúcar, se asume que los "roquerios en la cima de los acantilados costeros bañados por la niebla" debe tratarse del sector Las Lomitas, del Parque Nacional Pan de Azúcar. Este sector fue recorrido, pero sin embargo *L. cremnophilum* no pudo ser encontrado.

Cuadro 35. Localidades de presencia de *Linum cremnophilum*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Aguada La Cachina	-	-	I. M. Johnston	1925
2	Sector Las Lomitas (PN Pan de Azúcar)	-	-	I. M. Johnston	1925

Fuente: Johnston (1929)

Folio004649

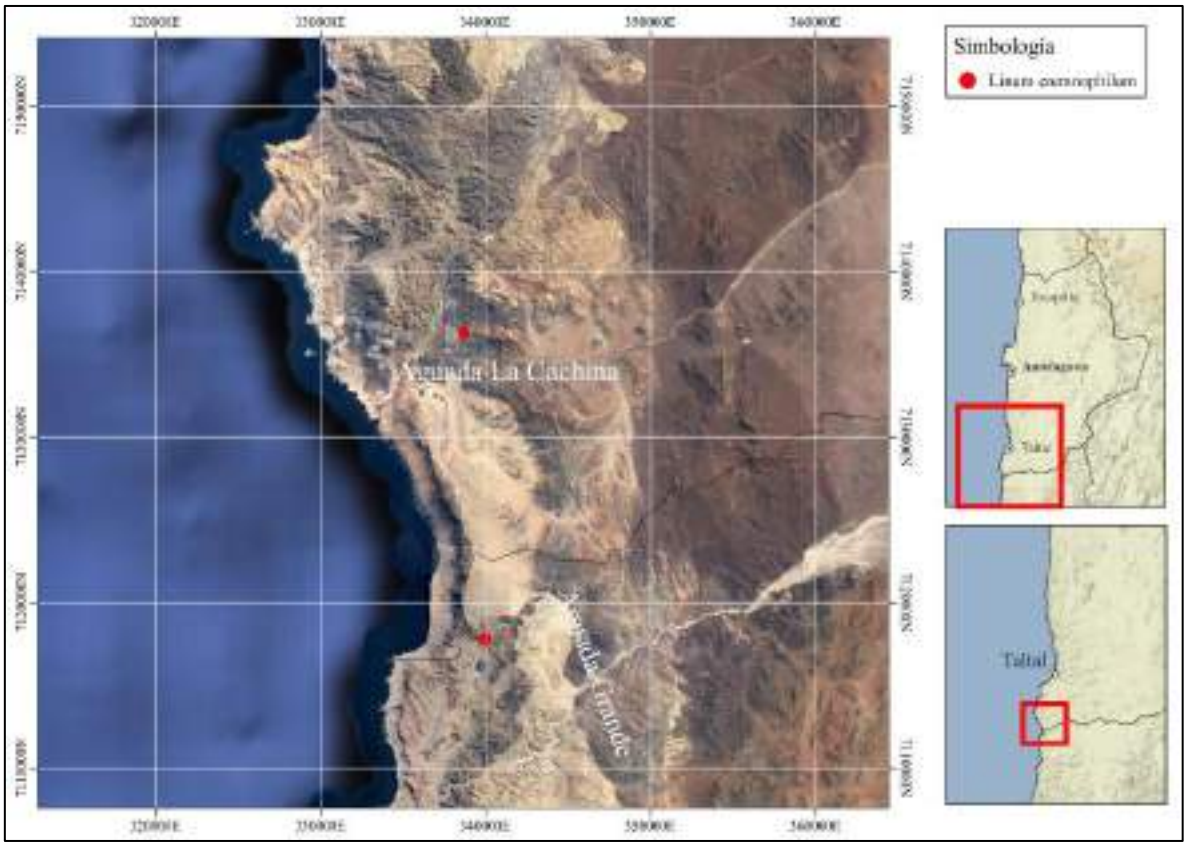


Figura 65. Distribución de presencias de *Linum cremnophilum*.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Lamentablemente Johnston (1929), quien al parecer es el único que ha visto las poblaciones, no realiza observaciones sobre su abundancia poblacional. Debido a esto, no es posible estimar la abundancia de individuos.

- Análisis histórico

Esta especie sólo habría sido colectada por I. M. Johnston de dos poblaciones. Luego de estas, la especie no ha vuelto a ser reportada.

Folio004650

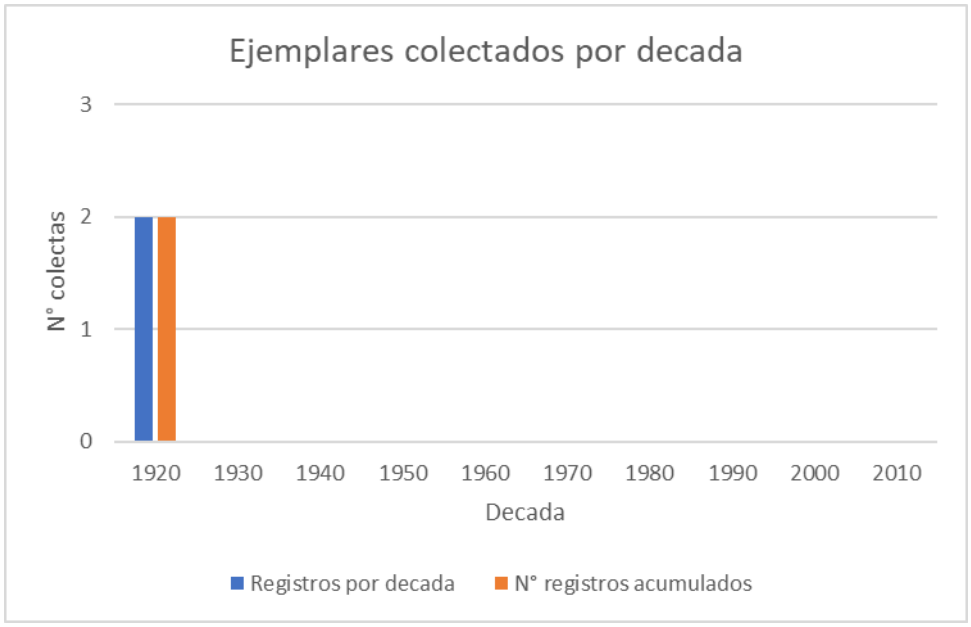


Figura 66. Registros de *Linum cremnophilum* realizados a través del tiempo.

En el contexto de este estudio, la especie no fue encontrada en ninguna de las dos localidades conocidas. Además, no se ha observado en otras localidades.

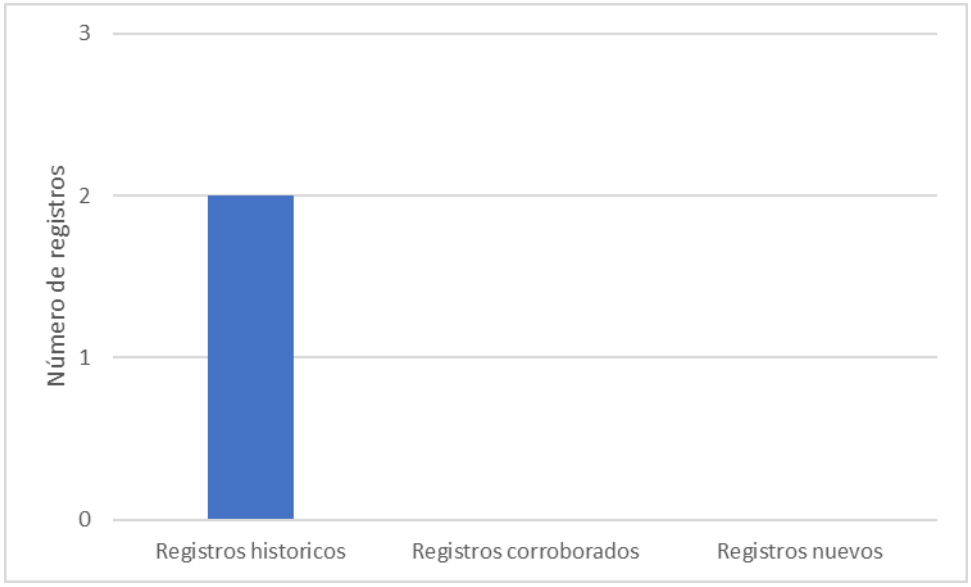


Figura 67. Corroboración de registros en el área de estudio de *Linum cremnophilum*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004651

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 9.39, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 0.10, por lo que se considera una influencia muy baja.

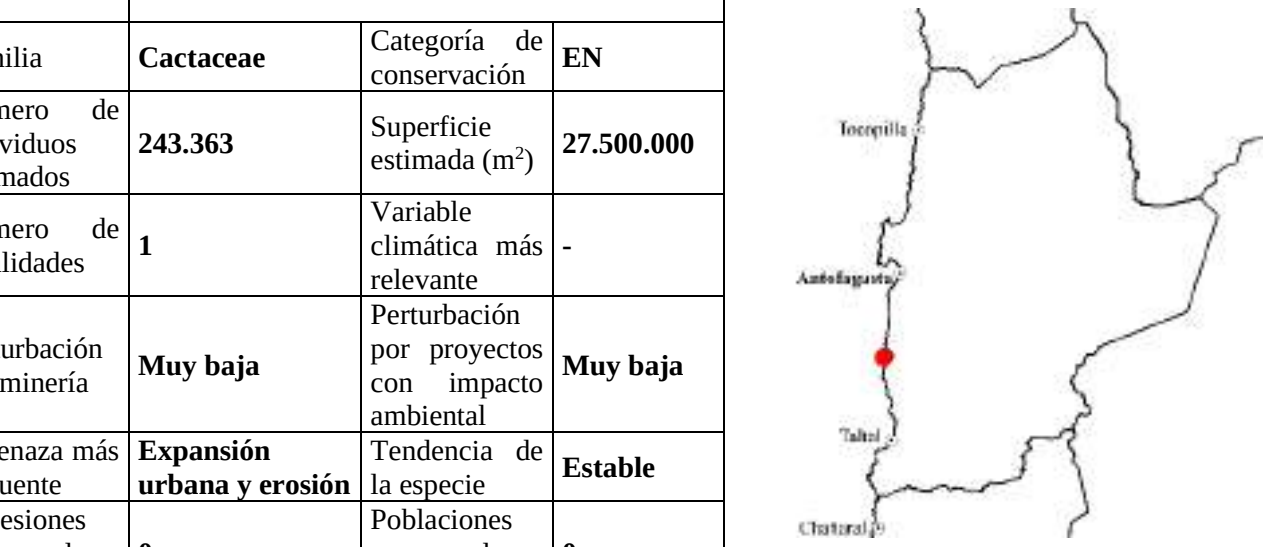
- Conservación en el BBS

Debido a que la especie no fue encontrada, no se pudo realizar una colecta de semillas.

Folio004652

6.- *Copiapoa conglomerata* (F. Phil.) Lembcke

Ranking IPM			6
Especie	***Copiapoa conglomerata*** (F. Phil.) Lembcke		Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**243.363**	Superficie estimada (m^2)	**27.500.000**
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Expansión urbana y erosión**	Tendencia de la especie	**Estable**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**



Folio004653

Esta especie corresponde a la del género *Copiapoa* con mayor importancia según el IPM, debido a los parámetros usados. Esta especie se encuentra cercana a Caleta Botija, y es más conocida como *Copiapoa ahremephiana* N.P. Taylor & G.J. Charles, nombre que se creó el año 2002 a partir de una especie que se creía nueva. Sin embargo, R. A. Philippi había colectado el año 1853 la misma especie en su viaje entre Miguel Díaz y Caleta El Cobre el 24 de diciembre de ese año, y la publica bajo el nombre *Echinocactus conglomeratus* (Philippi, 1860a). Por el lugar de colecta, se había propuesto que podría corresponder a *Copiapoa solaris*, pero la descripción indica que los tallos miden entre 3 a 6 cm, lo cual es bastante más pequeño que esa especie. Por prioridad, el nombre *E. conglomeratus* debe primar para el nombre de esta especie de *Copiapoa*. Esta especie se encuentra en categoría "En Peligro" según el DS 50/2008 MINSEGPRES.

- Presencia

Esta especie se encuentra restringida a Caleta Botija, al norte de Miguel Díaz. Al parecer sólo se conoce esta localidad de presencia. Philippi (1860) indica las coordenadas de esta especie a los 24°24'S, lo cual corresponde a unos 10 km más al norte de su localidad, y debido a que no se observó la especie en ese lugar, se podría atribuir esto a una inexactitud de medición.

En la Cuadro 36 se indican los registros indicados para esta especie.

Cuadro 36. Localidades de presencia de *Copiapoa conglomerata*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Caleta Botija	-	-	R.A. Philippi	1853
2	Antofagasta, Mouth of Botija Valley 215M	342643.74	7288392.863	Brian Francis Bates BB 1257.02	
3	Quebrada Botija	342643.74	7288392.863	Baldur Cornely BC 45	
4	Quebrada Botija 230 Mt	342643.74	7288392.863	Ignazio Blando BIG 101.02	
5	Q. Botija	342643.74	7288392.863	Jaromír Chvastek CH 2	
6	Botija Valley. Chile	342643.74	7288392.863	Graham Charles GC 294.04	
7	Caleta Botija, 100 M	342643.74	7288392.863	Grzegorz Matuszewski GM 1410	
8	Botija Valley	342643.74	7288392.863	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 165	
9	Caleta Botija;80M	342643.74	7288392.863	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1224	

Folio004654

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
10	Quebrada Botija Lato Nord, 230-360 M	342643.74	7288392.863	Marco Giani MGi 13.1	
11	Botia Valley, 71 M	342643.74	7288392.863	Martin Tvrdik MT 12-521	
12	Caleta Botija	342643.74	7288392.863	Benjy Oliver OLV 33	
13	Quebrada Botija, 80-480M	342643.74	7288392.863	Paul Hoxey PH 252.01	
14	Botija Valey	342643.74	7288392.863	Pavel Heřtus PHA 1159	
15	Botija Valley, El Cobre	342643.74	7288392.863	Petr Pavelka (son) PV 2421	
16	Botija	342643.74	7288392.863	Alain Laroze, Philippe Corman, Patrick Cazuguel, Georges Marchand RCP 56	
17	Botija, 0-50 M	342643.74	7288392.863	Rodrigo Dacal Barlow RD 49	
18	Valley Botija	342643.74	7288392.863	Safronov Evgeny RUS 233	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

La especie fue encontrada en la entrada a la quebrada Botija, casi desde el nivel del mar hasta cerca de los 250 msnm. A partir de las parcelas de muestreo, esta especie fue registrada en dos parcelas (parcelas P16 y P127), en las cuales presentó 20 y 24 individuos vivos respectivamente. Asumiendo una densidad de 22 individuos promedio por 113 m^2, se extrapoló a una densidad de 48.673 individuos en grillas de 5.500.000 m^2 (500 x 500 m), con el fin de cubrir la zona usada como hábitat por la especie. A partir de los grupos de individuos georreferenciados (Figura 68), se encontró la presencia de la especie en 5 grillas. Por lo tanto, se considera que existen 243.363 individuos en una superficie de 27.5 km^2.

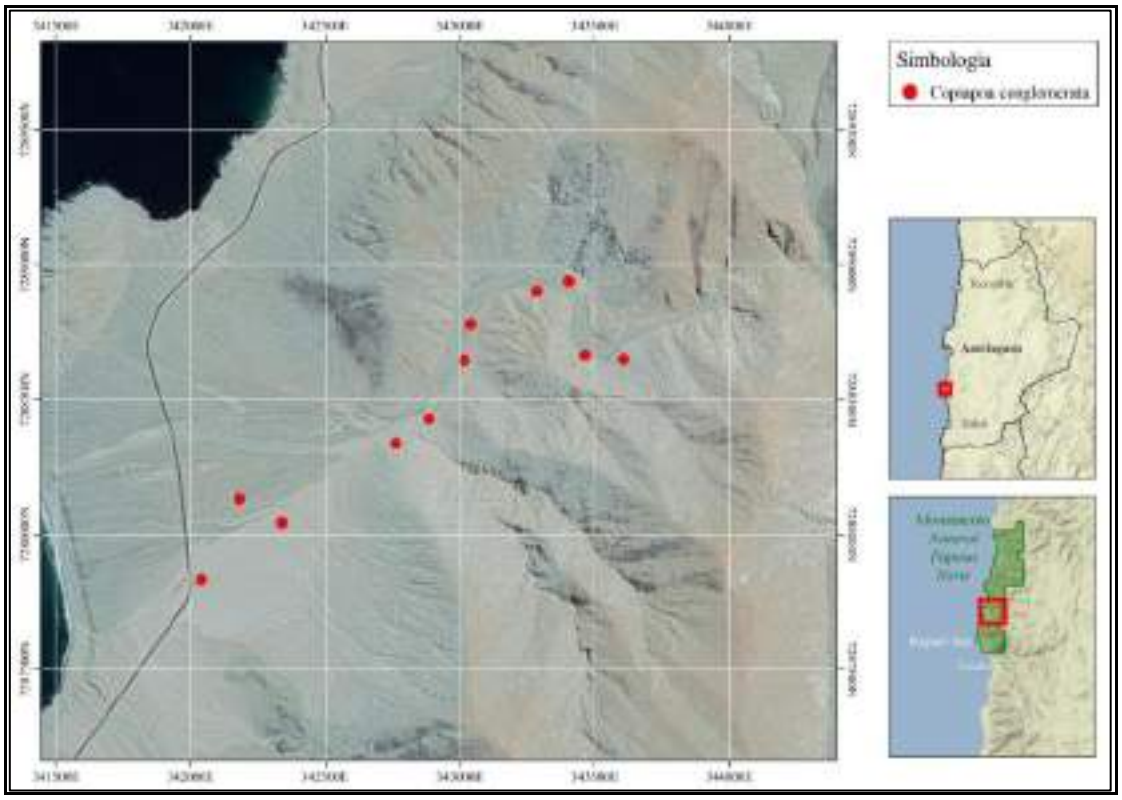
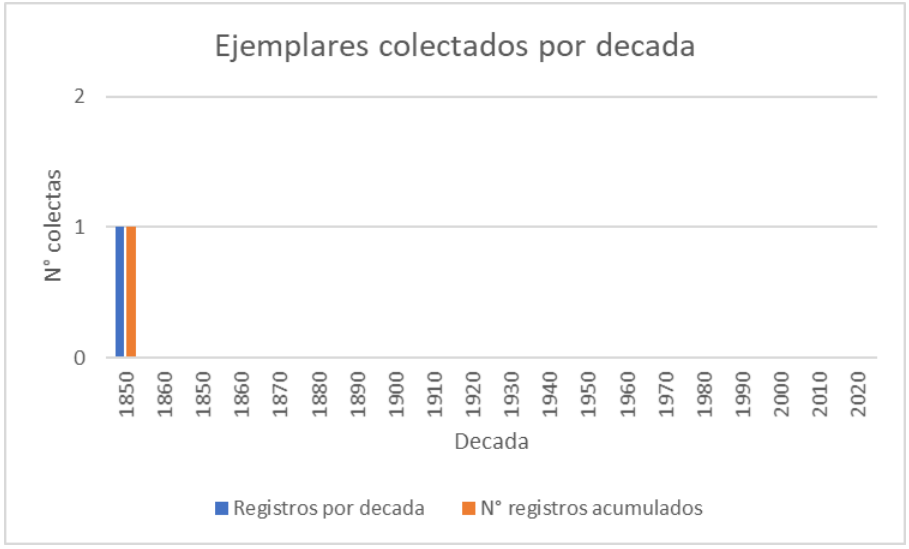


Figura 68. Distribución de presencias de *Copiapoa conglomerata*.

- Análisis histórico

A pesar de en la Cuadro 36 se indican numerosos registros, Biota (2018) no indica fecha de colecta de estos. Debido a esto, en la Figura 69 sólo se incluye la colecta realizada por Philippi en el año 1853.



Folio004656

Figura 69. Registros de *Copiapoa conglomerata* realizados a través del tiempo.

La presencia de la unica población conocida de *Copiapoa conglomerata* fue corroborado en el contexto de este estudio (Figura 70).

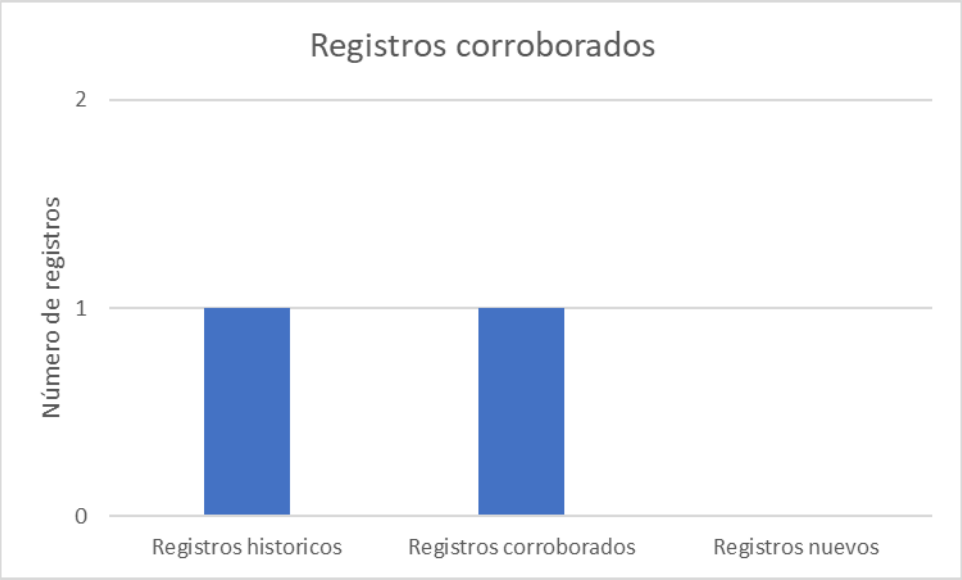


Figura 70. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa conglomerata*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

- Amenazas

En la Figura 71 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la expansión urbana y erosión.

Folio004657

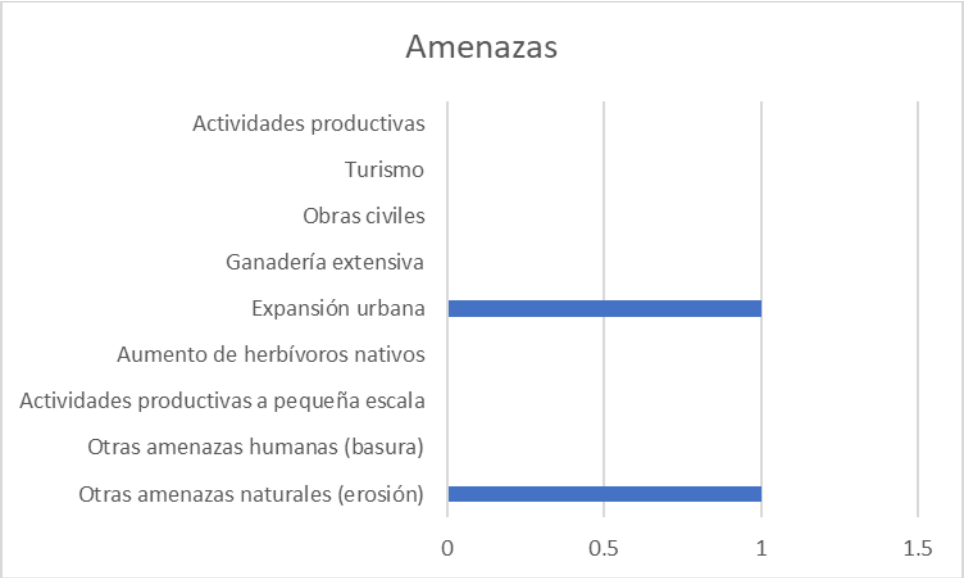


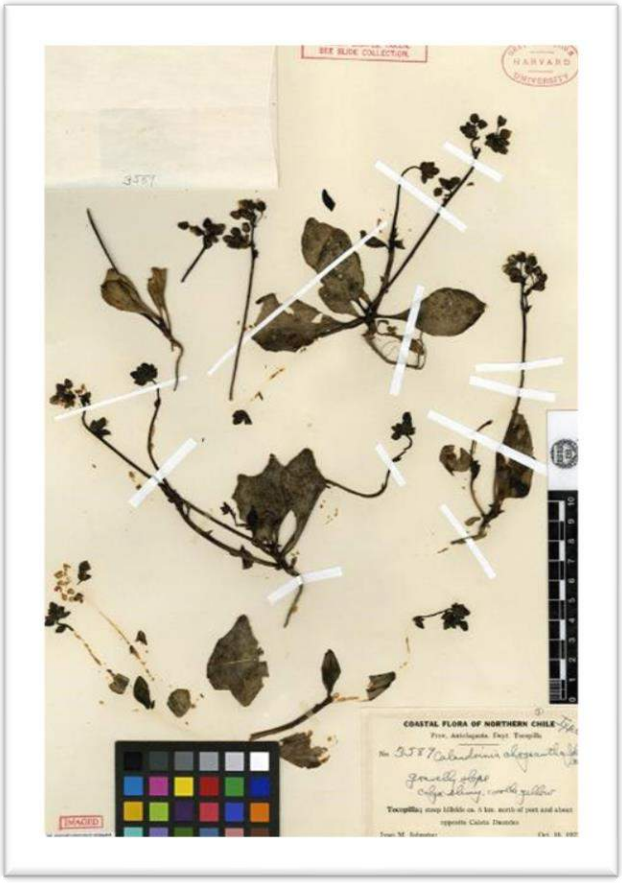
Figura 71. Amenazas registradas para *Copiapoa conglomerata*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 5, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 2.5, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

En el BBS se conserva una accesión de esta especie (BB1300), correspondiente a la localidad de Botija.

7.- *Cistanthe chrysantha* (I.M. Johnst.) Peralta & D.I. Ford

<table>
<tr><td colspan="3">Ranking IPM</td><td>7</td></tr>
<tr><td>Especie</td><td colspan="3">Cistanthe chrysantha (I.M. Johnst.) Peralta & D.I. Ford</td></tr>
<tr><td>Familia</td><td>Montiaceae</td><td>Categoría de conservación</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Número de individuos estimados</td><td>-</td><td>Superficie estimada (m^2)</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Número de localidades</td><td>6</td><td>Variable climática más relevante</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Perturbación por minería</td><td>Muy baja</td><td>Perturbación por proyectos con impacto ambiental</td><td>Muy baja</td></tr>
<tr><td>Amenaza más frecuente</td><td>-</td><td>Tendencia de la especie</td><td>Disminuyendo</td></tr>
<tr><td>Accesiones conservadas en BBS</td><td>0</td><td>Poblaciones conservadas en el BBS</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="4">Distribución
</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

Fotografía: https://plants.jstor.org/fsi/img/size1/alukaplant/gh/phase_01/gh0008/gh00135038.jpg

Folio004659

Esta especie fue importantemente priorizada en el análisis, debido a que sólo ha sido colectada en las cercanías de Tocopilla. Sin embargo, en la publicación "Flora costera de Tarapacá" (Pinto y García, 2020: 111), se publican fotos de lo que parecen ser *Cistanthe chrysantha* basado en la descripción dada por Johnston (1929). Los autores la indican como *Cistanthe* cf. *cymosa*, aunque señalando las similitudes con *C. chrysantha* que admite Johnston en su protólogo. A pesar de que ambas tienen flores amarillas, se diferencian principalmente por sus tamaños, ya que *C. chrysantha* sería mucho más grande en habito y en sus órganos. La especie publicada en estas fotografías coincide en estos rasgos con la descripción de *C. chrysantha*. En ese caso, la especie no sería endémica de la Región de Antofagasta. A pesar de que los cálculos realizados para obtener el índice de priorización modificado que sitúa a esta especie con el séptimo valor de mayor importancia se obtuvieron considerando a esta especie colectada solo en Tocopilla, en este diagnóstico se considera la información de presencia aportada por Pinto y García (2020).

- Presencia

A pesar de que sólo se conoce una colecta de esta especie, proveniente de las cercanías de Tocopilla, al parecer se distribuiría más hacia el norte en la Región de Tarapacá. Pinto y García (2020) la indican para otras 5 localidades de esta última Región.

Cuadro 37. Localidades de presencia de *Cistanthe chrysantha*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Punta Gruesa	-	-	Pinto y García [fotografía]	
2	Patache	-	-	Pinto y García [fotografía]	
3	Punta Lobos	-	-	Pinto y García [fotografía]	
4	Chipana	-	-	Pinto y García [fotografía]	
5	Alto Loa	-	-	Pinto y García [fotografía]	
6	Tocopilla	-	-	I. M. Johnston	1925

Fuente: Johnston (1929), Pinto y García (2020).

Folio004660

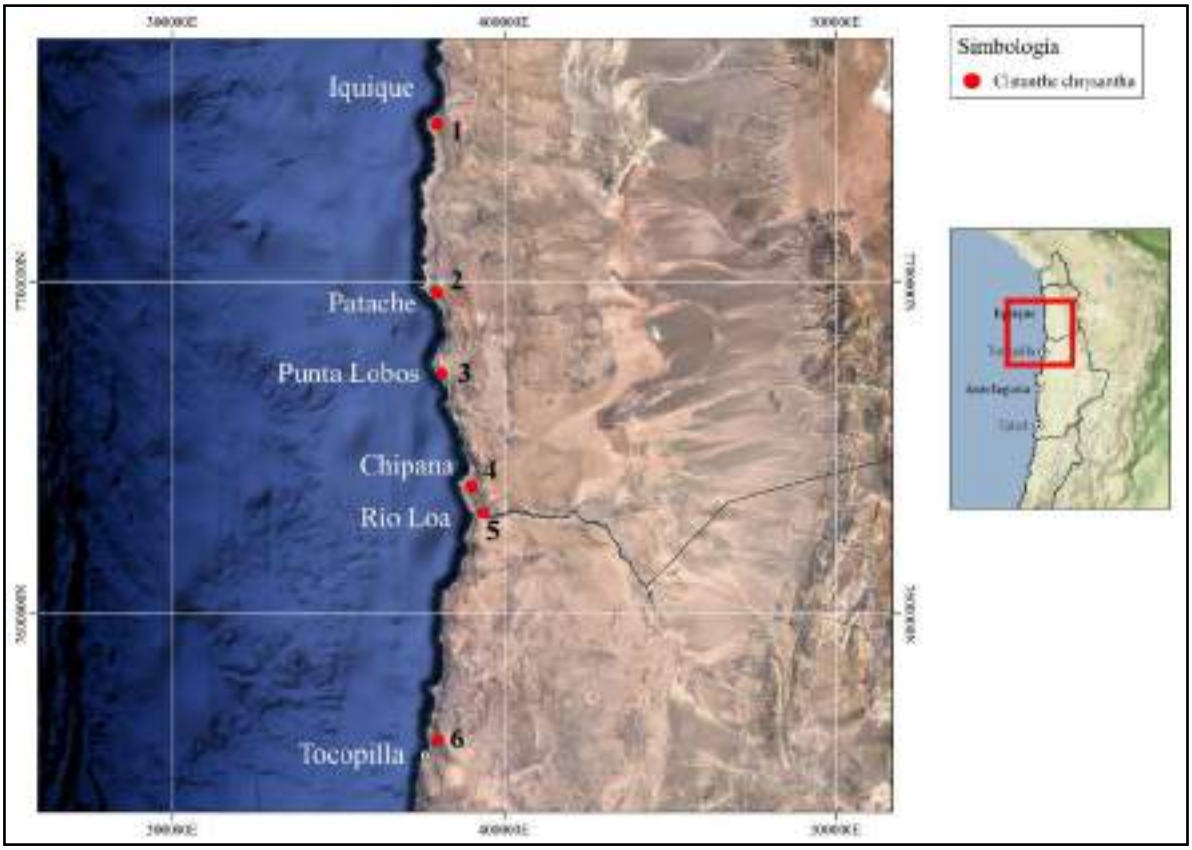


Figura 72. Distribución de presencias de *Cistanthe chrysantha*.

- Distribución potencial

Debido a que sólo se presenta en 6 localidades, no se muestra distribución potencial.

- Abundancia

Debido a que ni Johnston (1929) ni Pinto y García 2020 indican datos sobre su abundancia, no es posible incorporar este dato. Posiblemente, debido a que se trata de una especie anual, la abundancia depende del aporte hídrico anual.

- Análisis histórico

Esta especie fue registrada por primera vez en 1925 por Johnston, debido a que fue un año ENOS en que cayeron fuertes precipitaciones en Tocopilla. Debido a la dependencia de las precipitaciones de la especie, no ha vuelto a ser colectada en esta zona. Por otro lado, Pinto y García (2020) no indican fecha de registro de las fotografías, aunque probablemente se trató de años ENOS.

Folio004661

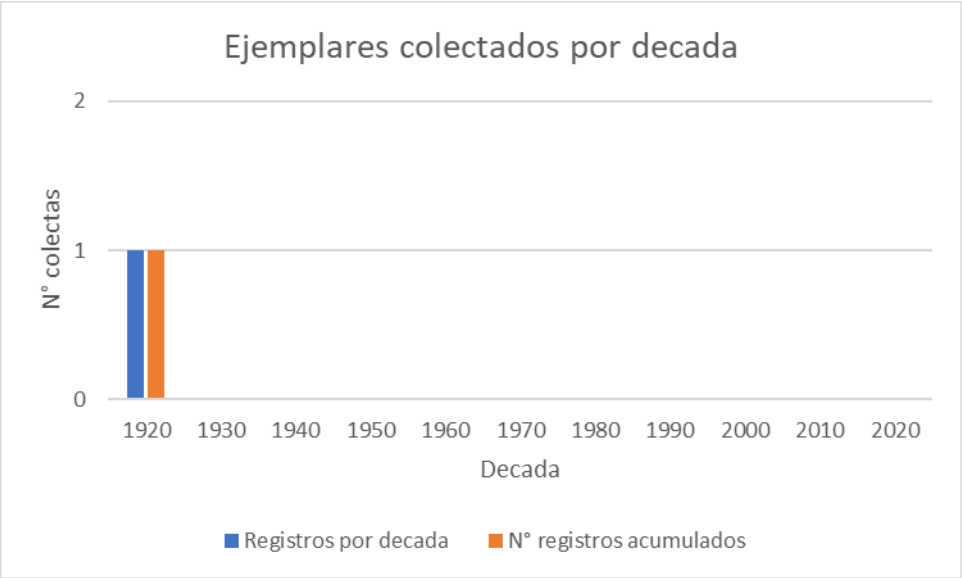


Figura 73. Registros de *Cistanthe chrysantha* realizados a través del tiempo.

Por la misma razón anterior, no pudo ser corroborada la presencia de esta especie en Tocopilla.

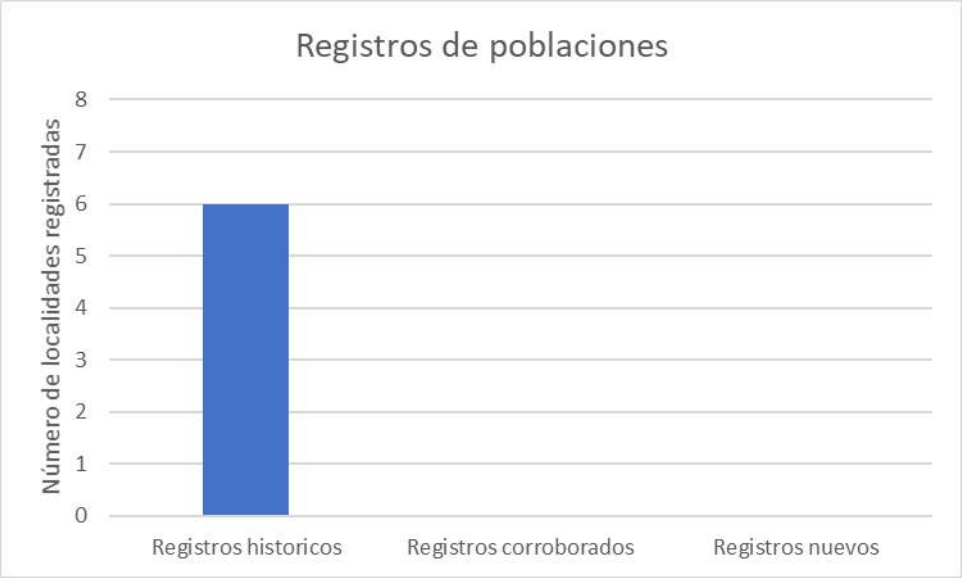


Figura 74. Corroboración de registros en el área de estudio de *Cistanthe chrysantha*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004662

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 18.42, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 1,3, por lo que se considera una influencia muy baja.

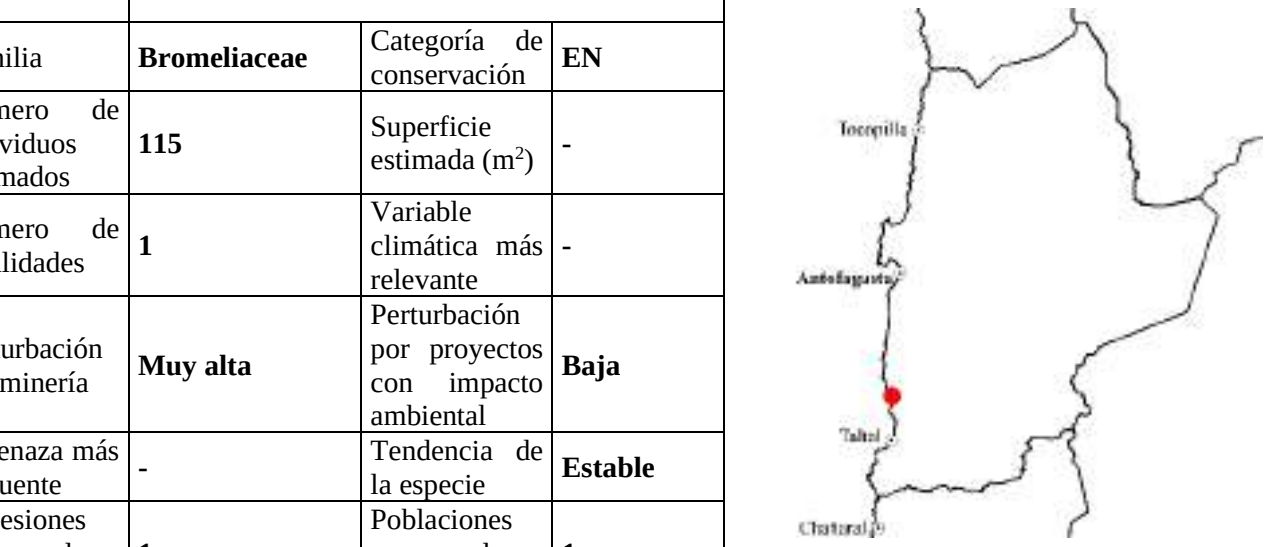
- Conservación en el BBS

Debido a que no se ha reencontrado esta especie, no ha podido ser conservada en el BBS.

Folio004663

8.- *Tillandsia tragophoba* M.O. Dillon

Ranking IPM			**8**
Especie	***Tillandsia tragophoba M.O. Dillon***		Distribución
Familia	**Bromeliaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**115**	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Estable**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**



Esta especie es descubierta recién a inicio de los años 90's por Dillon (1991). A pesar de lo altamente diversificado que es el género *Tillandsia* en Sudamérica, en Chile es bastante escaso. De manera adicional, esta especie es la única representante en el país de las *Tillandsia* que cuentan con tanques de agua, correspondiente a sitios de acumulación de agua en las vainas de las hojas. Esta especie se encuentra en categoría "En Peligro" según el DS 50/2008 MINSEGPRES.

- Presencia

Esta especie se encuentra restringida exclusivamente a la quebrada de El Rincón, donde sólo se conoce una pequeña comunidad de plantas que crecen en las paredes rocosas de la quebrada.

Cuadro 38. Localidades de presencia de *Tillandsia tragophoba*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Aguada, Quebrada Principal El Rincón (Inv_7)	350291	7243579	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
2	El Rincón, Qda Del Rincón	346832	7243388	Galvez et al. 66	1989
3	Sector Rinconada 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	350098	7242874	Gutierrez, G.	-
4	El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
5	El Rincón, Qda Del Rincon	349354	7241052	Galvez et al. 66	-
6	Qda al S de El Rincón, Qda Las Tórtolas			Rosas	2007
7	El Rincón			INIA	2021
8	Antofagasta: Rinconada De Paposo, Queb San Miguel	351948.706	7237943.25	HOFFMANN 306	-

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Abundancia

En el lugar de presencia de esta especie, se contaron alrededor de 30 individuos. Sin embargo, Dillon (1991) estima que deben existir entre 100 a 200 individuos, aunque no señala si estos fueron contados individualmente. Debido a estos valores, se concluye que deben existir entre 30 y 200 individuos.

Folio004665

- Análisis histórico

Para esta especie sólo se conocen cinco colectas, todas de la misma localidad. La primera corresponde a la del ejemplar tipo, realizada por M. O. Dillon. En la Figura 75 se muestran las colectas en el tiempo, las cuales no han sido abundantes, aunque si constantes.

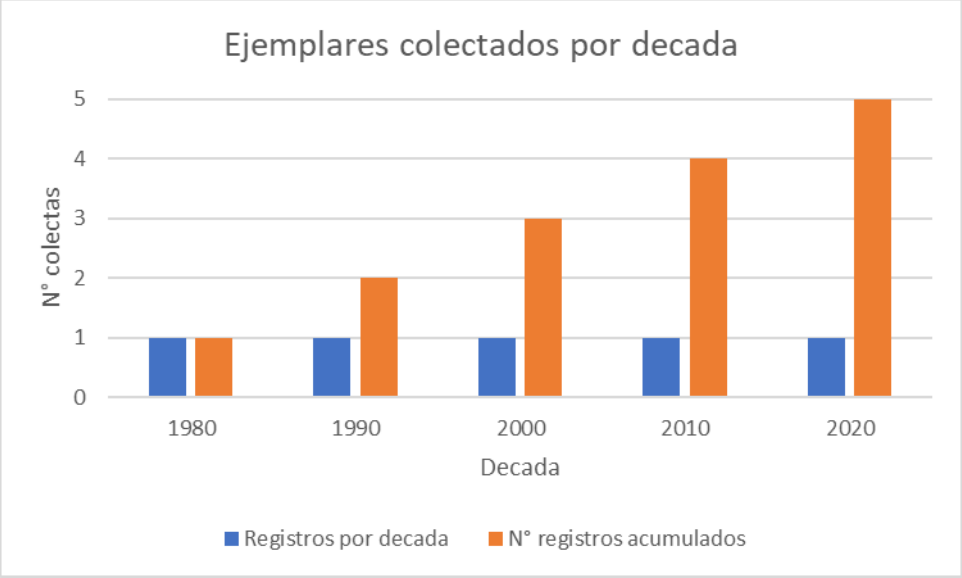


Figura 75. Registros de *Tillandsia tragophoba* realizados a través del tiempo.

Aunque esta especie sólo se conoce para una localidad, fue posible corroborar la presencia de *Tillandsia tragophoba* en el único lugar en el cual se conoce.

Folio004666

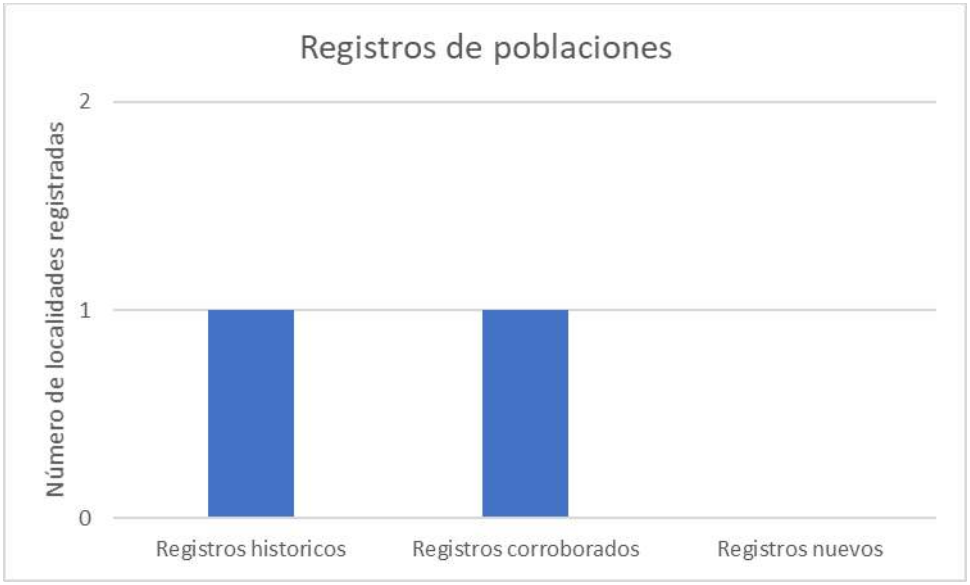


Figura 76. Corroboración de registros en el área de estudio de *Tillandsia tragophoba*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 118,93, por lo que se considera una influencia muy alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 5,51, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

En el BBS se conserva una accesión de esta especie (BB1581), correspondiente a la localidad de El Rincón.

Folio004667

9.- *Plantago johnstonii* Pilg.

Ranking IPM				9
Especie	***Plantago johnstonii*** Pilg.			Distribución
Familia	**Plantaginaceae**	Categoría de conservación	-	
Número de individuos estimados	**47**	Superficie estimada (m^2)	**30.000**	
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Estable**	
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**	

Folio004668

Plantago johnstonii es una especie sólo colectada por Iván Johnston en 1925 y descrita algunos años más tarde por Pilger (Werdermann, 1929). La única colecta conocida corresponde a la quebrada El Panul. Durante el año 2016, una expedición europea se dirige al lugar de colecta de *P. johnstonii*, pero la especie no es encontrada, por lo que Hassemer et al. (2018) la propone en la categoría de conservación "Extinta" (EX). Durante una campaña de terreno en el año 2020 bajo el marco del presente proyecto, esta especie es reencontrada en el mismo sitio de colecta del tipo.

- Presencia

Tal como se describió previamente, esta especie se conoce sólo para la quebrada El Panul, al norte de Paposo. Se conocen sólo las colectas provenientes de esta localidad.

Cuadro 39. Localidades de presencia de *Plantago johnstonii*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Quebrada El Panul	-	-	I. M. Johnston	1925
2	Quebrada El Panul	345302	7259580	INIA	2020

Fuente: Johnston (1929), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que se conoce sólo una población de esta especie, no puede calcularse su distribución potencial.

- Abundancia

Debido a lo restringido de esta especie, se realizó un censo de los individuos pertenecientes a la única población conocida. Aunque la especie es extremadamente poco conocida, sumado a la inaccesibilidad de la topografía en su localidad tipo, no se puede determinar exactamente los límites de su presencia, pero a partir de una búsqueda de individuos con ayuda de un lente de 300 mm, se pudo individualizar cada una de las plantas de *Plantago johnstonii*. Debido a que se observó creciendo únicamente en paredes de alta pendiente, enraizando en las fisuras de las rocas, es poco probable que se expanda mucho más lejos de los límites de la quebrada.
Gracias al censo, se determinó la presencia de 47 individuos, distribuidos en una superficie de 30.000 m^2.

Folio004669

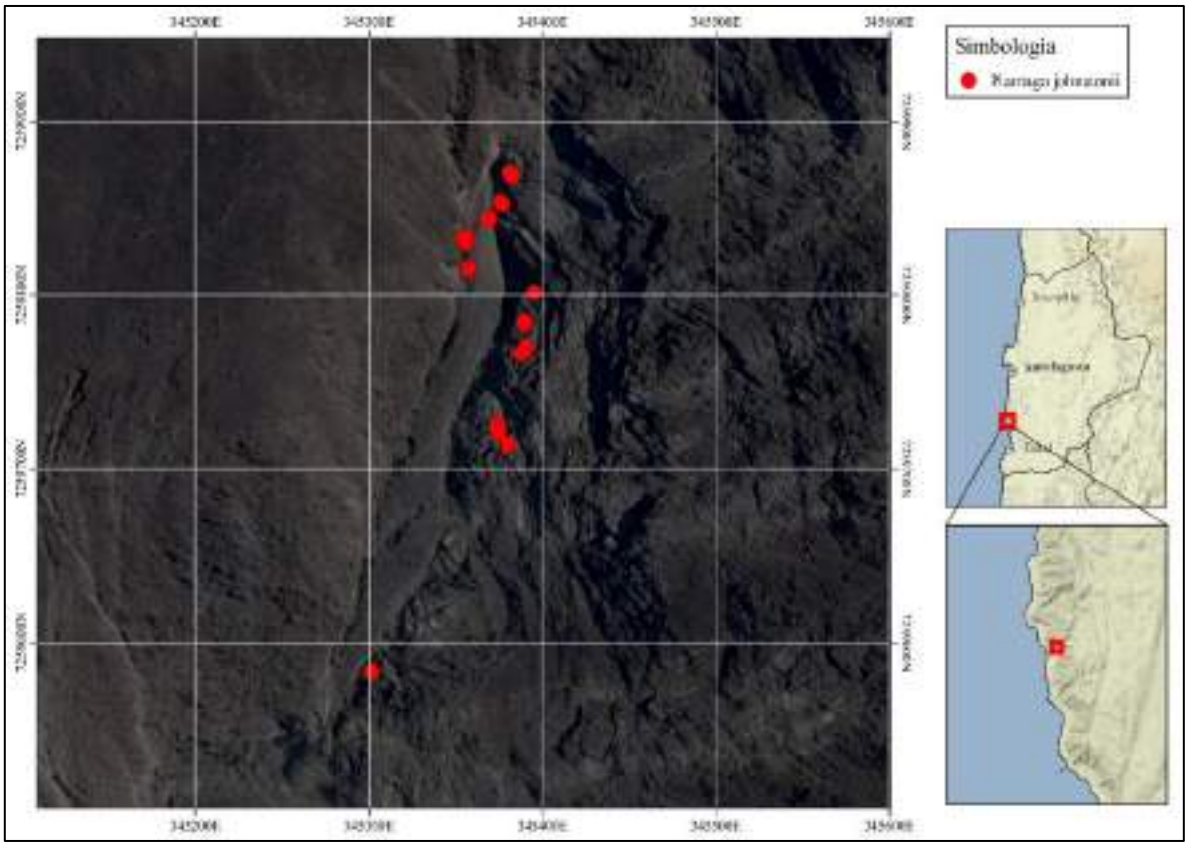


Figura 77. Distribución de presencias de *Plantago johnstonii*.

- Análisis histórico

Tal como se explicó previamente, esta especie sólo se ha registrado dos veces. La primera corresponde a la colecta realizada por I. Johnston en 1925, mientras que la segunda fue realizada durante la ejecución del presente proyecto (Figura 78).

Folio004670

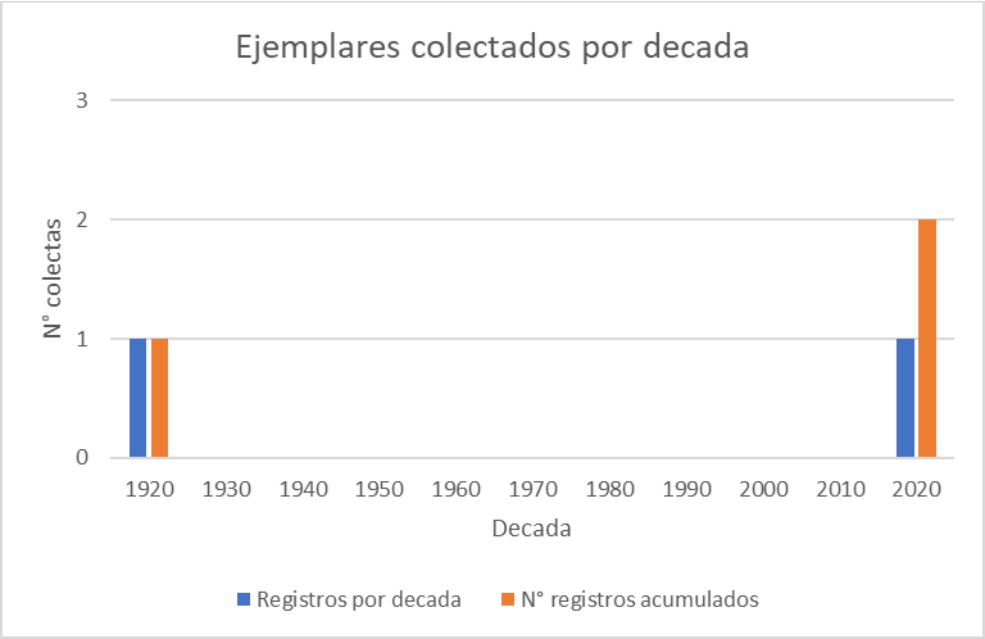


Figura 78. Registros de *Plantago johnstonii* realizados a través del tiempo.

A pesar de que esta especie se había reportado como extinta (Hassemer et al., 2018), fue posible corroborar la presencia de esta en la única localidad conocida (Figura 79).

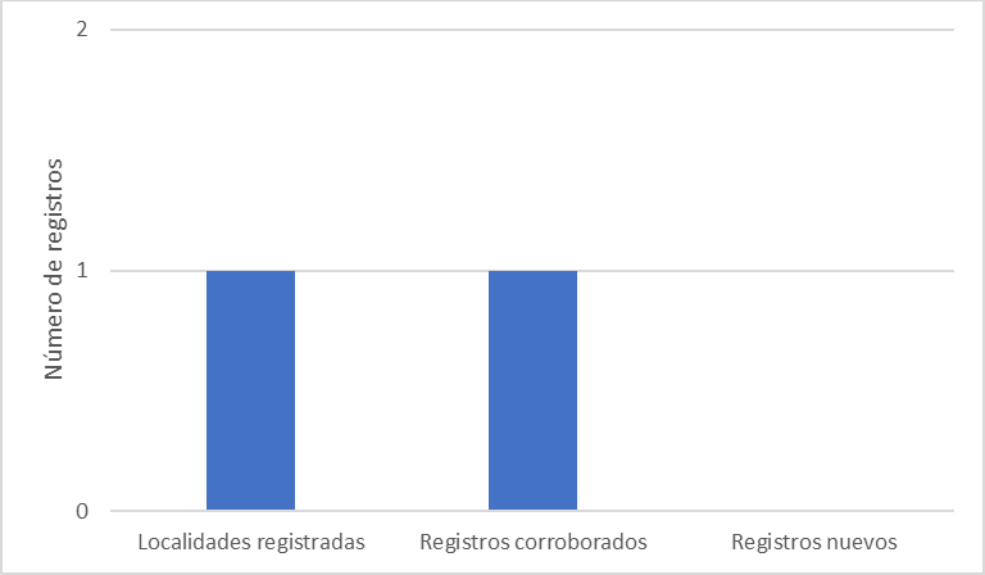


Figura 79. Corroboración de registros en el área de estudio de *Plantago johnstonii*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

Folio004671

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 46,21, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4,63, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

En el BBS se conserva una accesión de esta especie (BB1567), correspondiente a la localidad de El Panul.

Folio004672

10.- *Adesmia gracillima* I.M. Johnst.

Ranking IPM				**10**
Especie	***Adesmia gracillima*** I.M. Johnst.			Distribución
Familia	**Fabaceae**	Categoría de conservación	-	
Número de individuos estimados	**55**	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades	**2**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Aumentando**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Esta corresponde a una especie herbácea sin espinas de la serie *Lanatae*, las cuales se encuentran restringidas a la Patagonia, siendo esta un posible elemento relicto del grupo.

- Presencia

Esta especie había sido descrita por Johnston (1929), indicándola como endémico local de la quebrada El Panul. Sin embargo, gracias a campañas a terreno en el marco de este estudio, la especie fue encontrada también en El Rincón, creciendo a alrededor de los 850 msnm.

Cuadro 40. Localidades de presencia de *Adesmia gracillima*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Quebrada El Panul	345362	7259791	I. M. Johnston	1925
2	Quebrada El Panul	345351	7259721	INIA	2021
3	El Rincón	349062	7243535	INIA	2021

Fuente: Johnston (1929), datos propios.

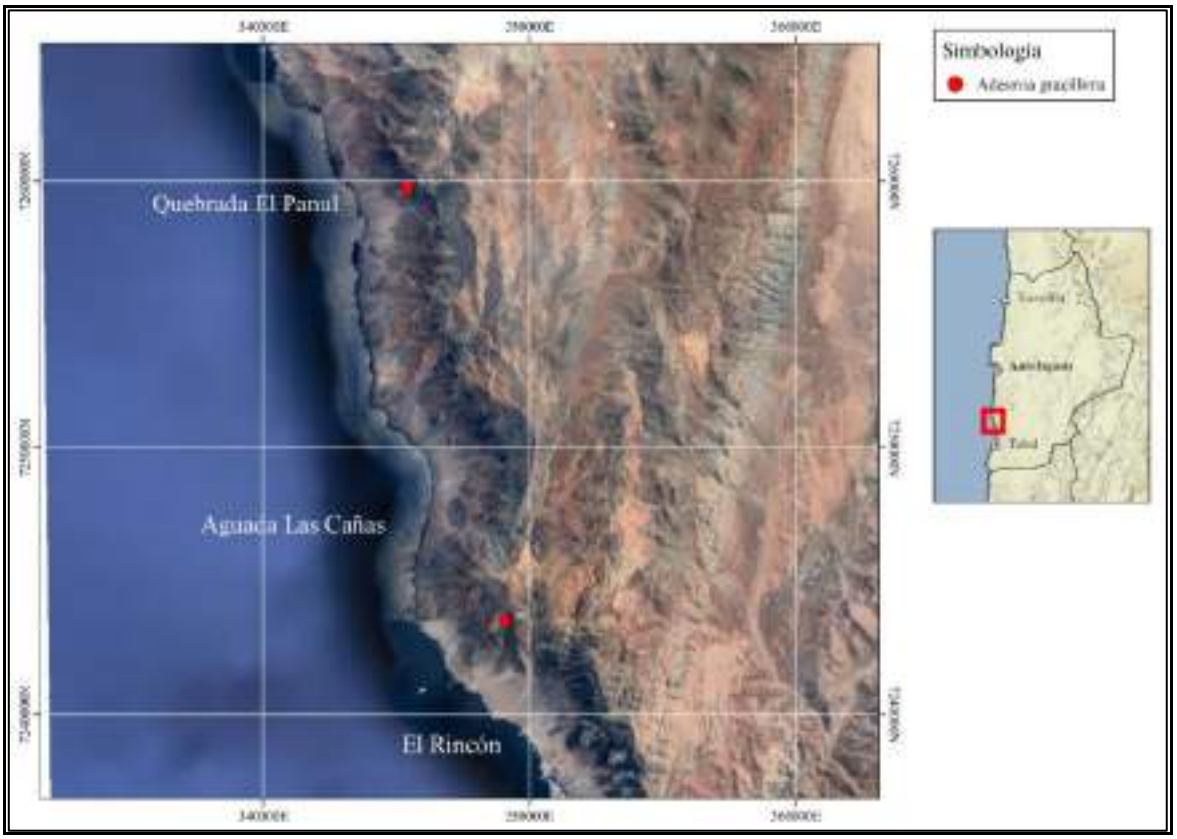


Figura 80. Distribución de presencias de *Adesmia gracillima*.

Folio004674

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie fue censada en ambas localidades en las que fue encontrada. En la quebrada El Panul se contaron 10 individuos, mientras que en El Rincón se contaron 45 individuos. Como no existen más referencias de la presencia de esta especie, no se extrapola el valor de su abundancia. En total, se conocerían 55 individuos en ambas localidades. No se georreferenciaron cada uno de los individuos, ya que estos crecen en comunidades agrupados el uno del otro.

- Análisis histórico

Esta especie sólo se conoce de 3 colectas. La primera de Johnston y las dos últimas corresponden a las realizadas en el marco de este proyecto, realizadas en El Panul y El Rincón.

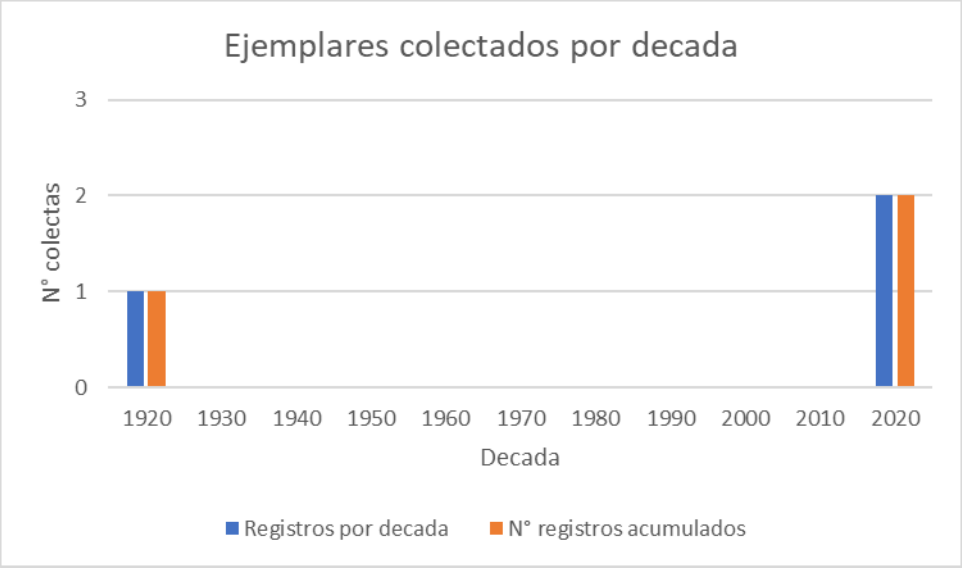


Figura 81. Registros de *Adesmia gracillima* realizados a través del tiempo.

La primera colecta en la localidad del ejemplar tipo, fue corroborada. Además, se encontró en El Rincón.

Folio004675

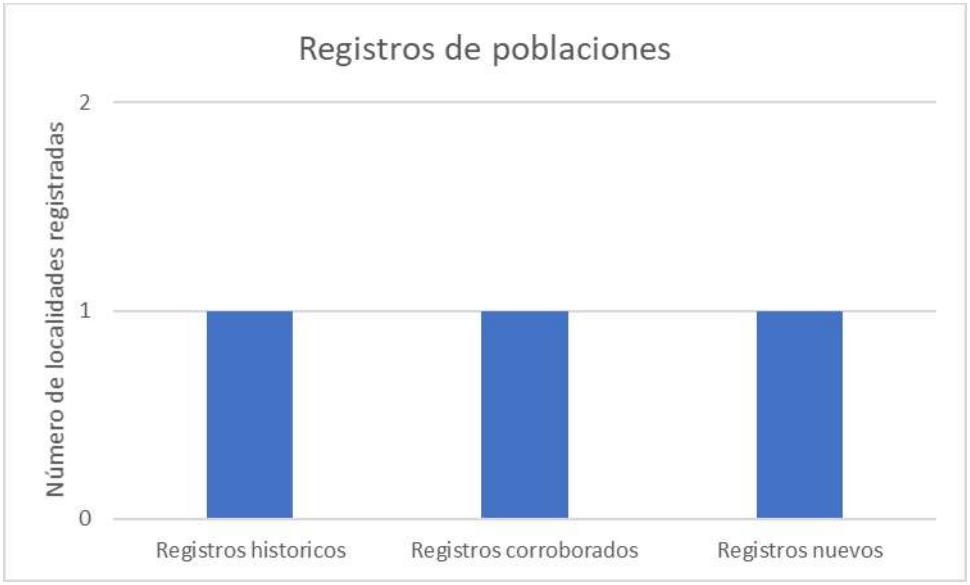


Figura 82. Corroboración de registros en el área de estudio de *Adesmia gracillima*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 56,77, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4,8, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

A pesar de que se pudo colectar una accesión para conservar esta especie, se pudieron colectar semillas para propagar *Adesmia gracillima*.

Folio004676

11.- *Plantago nebularis* Hassemer

Ranking IPM				**11**
Especie	***Plantago nebularis*** Hassemer			Distribución
Familia	**Plantaginaceae**	Categoría de conservación	-	
Número de individuos estimados	**36**	Superficie estimada (m^2)	**678**	
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy alta**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Estables**	
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**	

Folio004677

Esta especie es la más recientemente descrita para la zona de estudio. Corresponde a un endemismo del Morro Moreno. Esta especie fue colectada por primera vez en 1969, y llama la atención de Rahn (1983) al considerarla una especie nueva, pero no es descrita por él debido al mal estado de las muestras. Desde esa fecha, se realizaron campañas de exploración en su única localidad conocida de colecta, pero los intentos de encontrarla para colectarla no fueron exitosos (Hassemer et al., 2018). A pesar de no encontrar la especie para poder describirla adecuadamente, Hassemer et al., (2018) toma la decisión de publicarla como una nueva especie a partir de los pobres ejemplares existentes. Finalmente, gracias a una campaña de terreno en el contexto de este proyecto, la especie fue encontrada.

- Presencia

La especie sólo se conoce de una localidad, correspondiente al Morro Moreno, en la Península de Mejillones cerca de Antofagasta. Existen dos colectas históricas, ambas correspondientes a O. Zöllner las cuales provienen del Morro Moreno a las altitudes de los 800 y 1.000 msnm. Sólo se pudo corroborar el ejemplar que se presentaba a los 800 msnm (Cuadro 41).

Cuadro 41. Localidades de presencia de *Plantago nebularis*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Cerro Moreno (1000 m)	-	-	O. Zöllner	1969
2	Cerro Moreno (800 m)	-	-	O. Zöllner	1973
3	Cerro Moreno (800 m)	349062	7243535	INIA	2021

Fuente: Rahn (1983)

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

A partir de las campañas en terreno, se georreferenciaron todos los grupos de individuos de *Plantago nebularis* encontrados. Sólo se encontraron individuos a alrededor de 800 y 900 msnm, mientras que a mayor altitud no se observaron más grupos de esta especie. Sin embargo, no se descarta la presencia de esta especie en sitios no recorridos, ya que, debido a la dificultad de acceso al lugar, no fue posible revisar toda el área protegida.

Se registraron todos los individuos creciendo en un área de 113 m^2 (parcela de muestreo P90), donde se encontraron 6 individuos vivos. Luego, se georreferenciaron los grupos de individuos encontrados y se dividieron en un mapa con grillas de 10,6 x 10,6 m^2 cada uno (~113 m^2), donde se determinó que los grupos de individuos se encontraron en 6 cuadriculas, incluyendo la de presencia a los 1.000 msnm de Zöllner. A partir de esto, se determinó que existen a lo menos 36 individuos de *Plantago nebularis* en un área de 678 m^2.

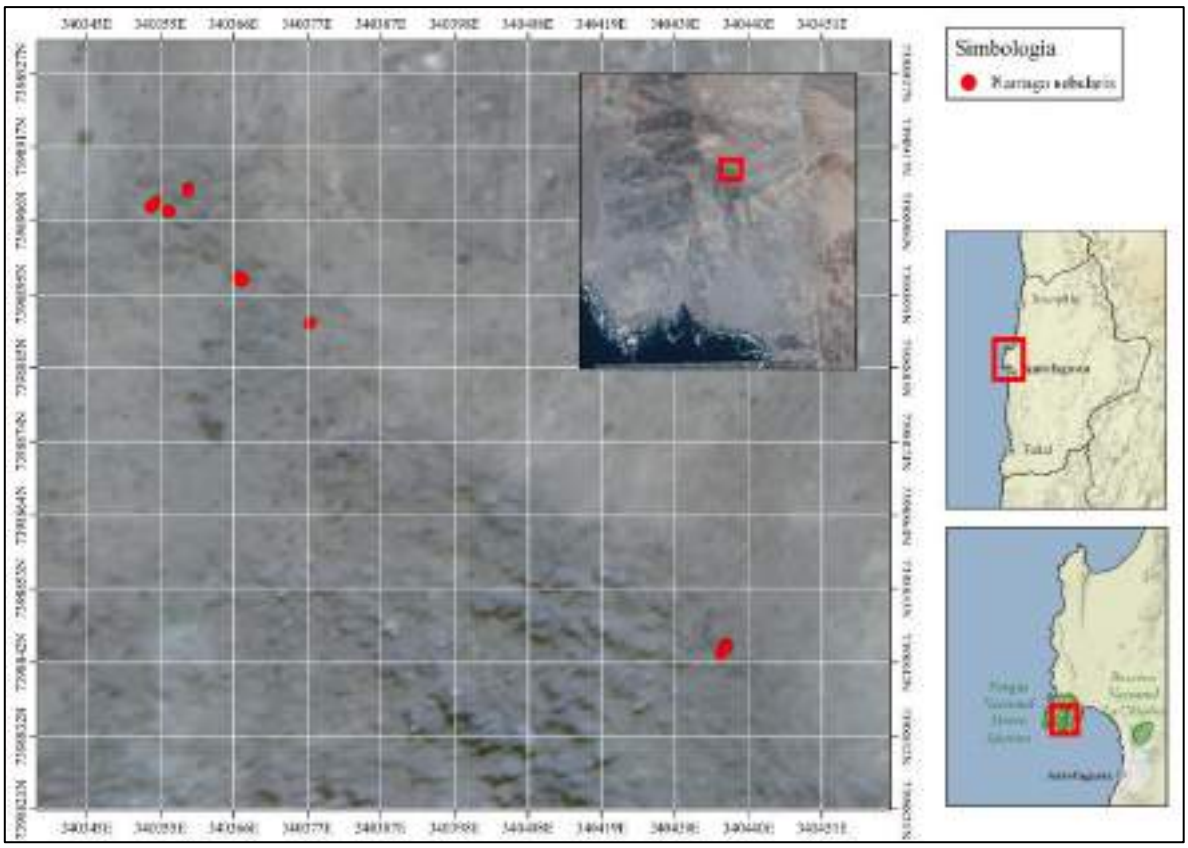


Figura 83. Distribución de presencias de *Plantago nebularis*.

- Análisis histórico

Como ya se mencionó previamente, esta especie fue colectada por primera vez en 1969, y luego otra vez en 1983. Desde esa fecha, no ha podido ser encontrada nuevamente (Hassemer et al., 2018). No obstante, en una campaña a terreno en el contexto de este proyecto, fue posible encontrar *Plantago nebularis* (Figura 84).

Folio004679

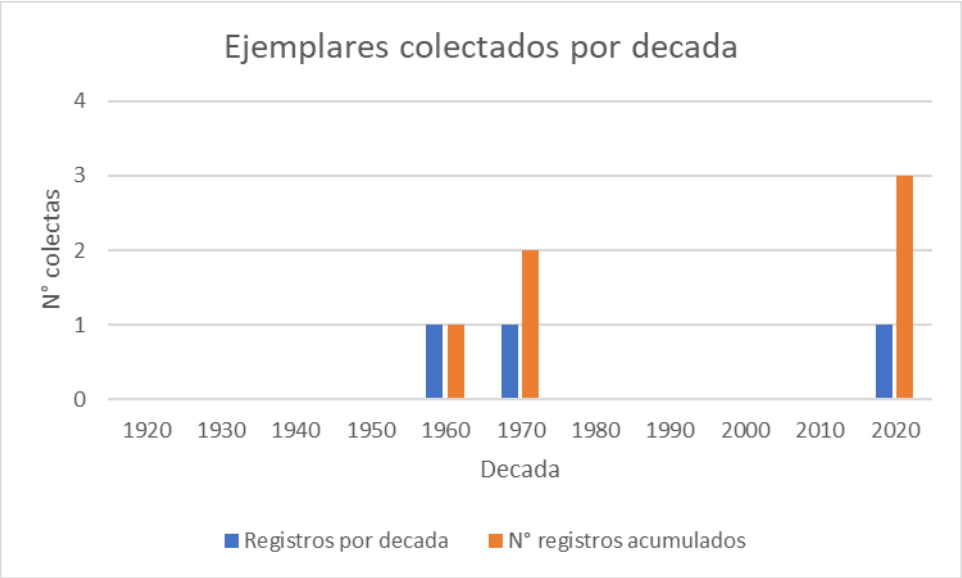


Figura 84. Registros de *Plantago nebularis* realizados a través del tiempo.

Esta especie pudo ser encontrada en la única localidad conocida para esta especie, correspondiente al Morro Moreno (Figura 85).

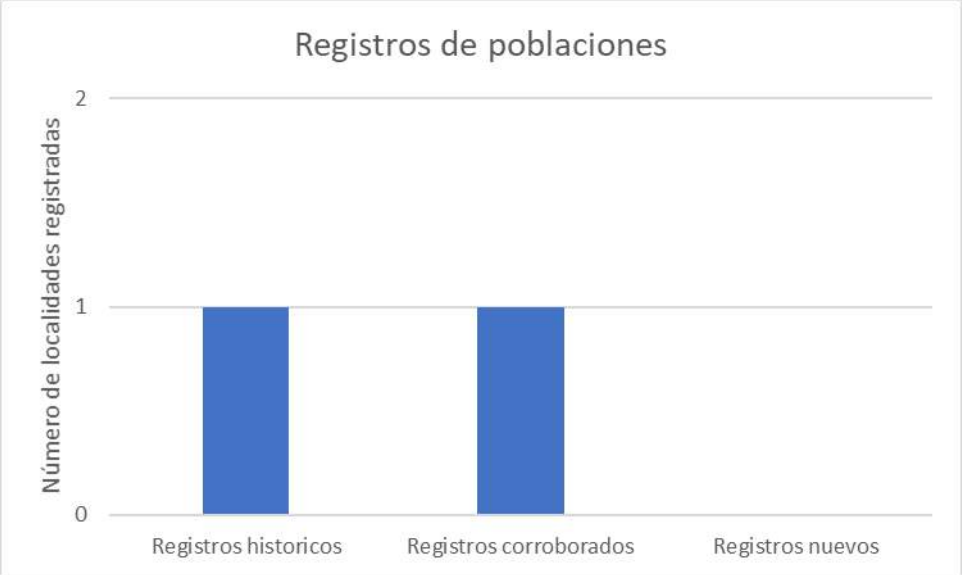


Figura 85. Corroboración de registros en el área de estudio de *Plantago nebularis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

Folio004680

- Amenazas

En la Figura 86 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la erosión.

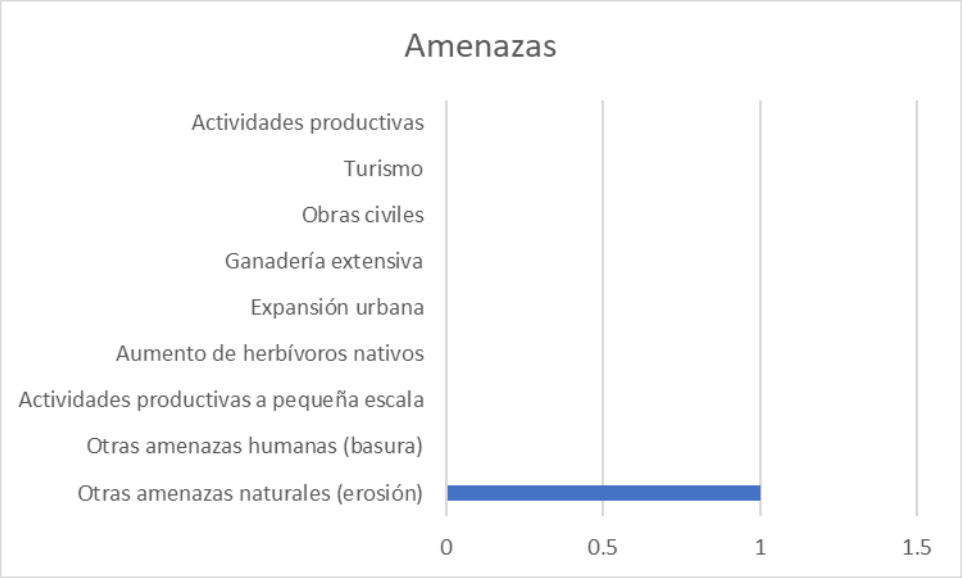


Figura 86 Amenazas registradas para *Plantago nebularis*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 17,7, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 21,05, por lo que se considera una influencia muy alta.

- Conservación en el BBS

Gracias al redescubrimiento de esta especie, fue posible colectar una accesión de semillas de *Plantago nebularis*, correspondiente a la accesión BB1575 y BB1576.

Folio004681

12.- *Reyesia cactorum* (I. M. Johnst.) D'Arcy

Ranking IPM			**12**
Especie	***Reyesia cactorum*** (I. M. Johnst.) D'Arcy		Distribución
Familia	**Solanaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**2**	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**2**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Erosión**	Tendencia de la especie	**Aumentando**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio004682

Esta especie se asemeja mucho a *Reyesia chilensis*, sólo diferenciada por el tamaño de sus flores. Al parecer es una especie muy rara, debido a lo escaso de sus colectas.

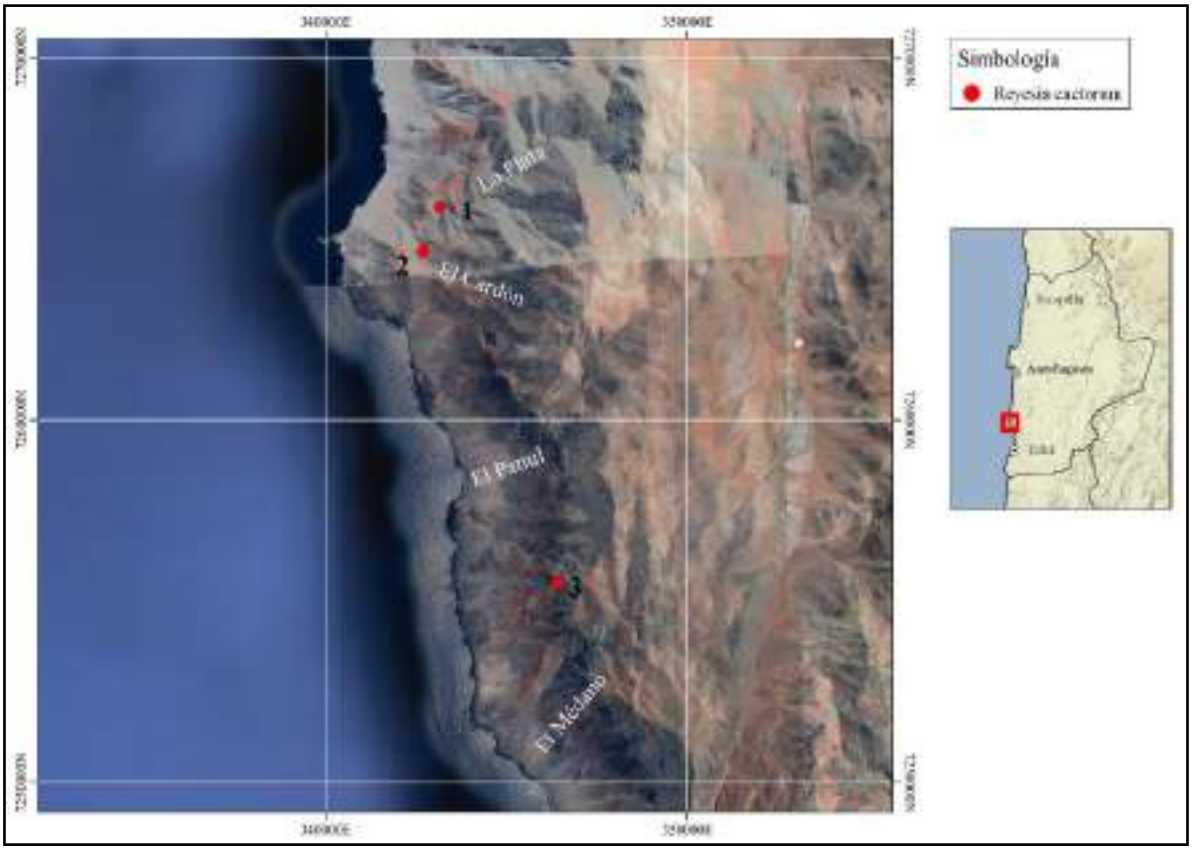
- Presencia

Esta especie es conocida sólo en su localidad tipo, donde fue colectado el ejemplar que usa Johnston (1929) para describirla, correspondiente al Aguada El Cardón. Además de este sitio, no se conoce otra localidad de presencia (Hunziker & Subils, 1979). A pesar de en las campañas de este proyecto no pudo ser encontrada en el Aguada El Cardón, si pudo ser encontrada en la Quebrada La Plata, una quebrada adyacente al Aguada El Cardón. Además, se encontró en la parte superior de la Quebrada El Médano, alrededor de 10 km al sur de las otras localidades.

Cuadro 42. Localidades de presencia de *Reyesia cactorum*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Quebrada La Plata	-	-	I. Johnston	1925
2	Aguada El Cardón	349062	7243535	INIA	2021
3	El Médano	346430	7255487	INIA	2021

Fuente: Hunziker & Subils (1979), datos propios.



Folio004683

Figura 87. Distribución de presencias de *Reyesia cactorum*.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

A pesar de que en ambas localidades en que se observó esta especie se revisó exhaustivamente , sólose encontró un individuo presente por localidad, creciendo entre las rocas. Dado que Johnston (1929) describe esta especie como anual, es probable que la escasez de individuos se deba a la ausencia de lluvias. Sin embargo, a partir de lo revisado en terreno, se podría afirmar que sólo dos individuos en total habrían podido ser registrados.

- Análisis histórico

La primera colecta de esta especie se realizó en El Cardón en año 1925. Desde esta fecha, la especie no se volvió a colectar, por lo que se considera extremadamente rara (Hunziker & Subils, 1979). La especie es reencontrada nuevamente después de 95 años sin ser registrada en dos campañas de terreno realizadas en el contexto de este proyecto.

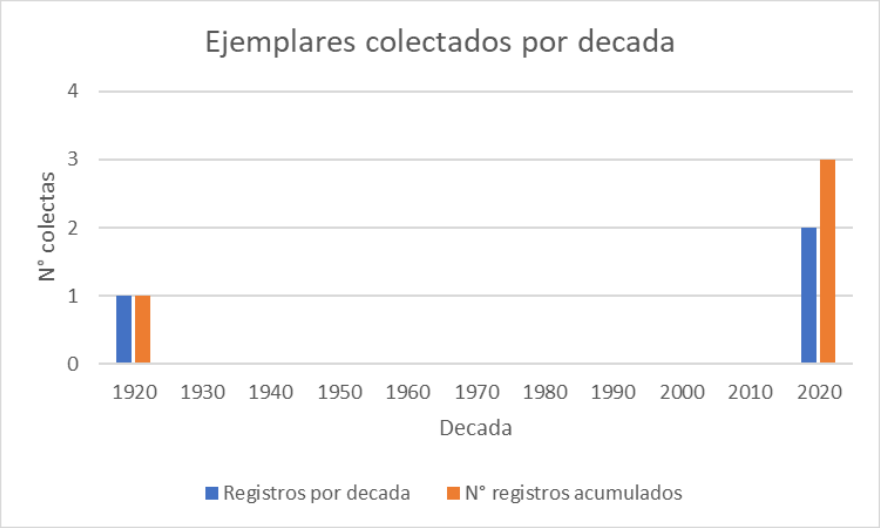


Figura 88. Registros de *Reyesia cactorum* realizados a través del tiempo.

Folio004684

Esta especie se conocía sólo para la Aguada El Cardón, población que pudo ser corroborada (aunque por sólo un individuo). Sin embargo, también pudo ser observada en El Médano, en sitios muy secos cercanos a los 800 msnm.

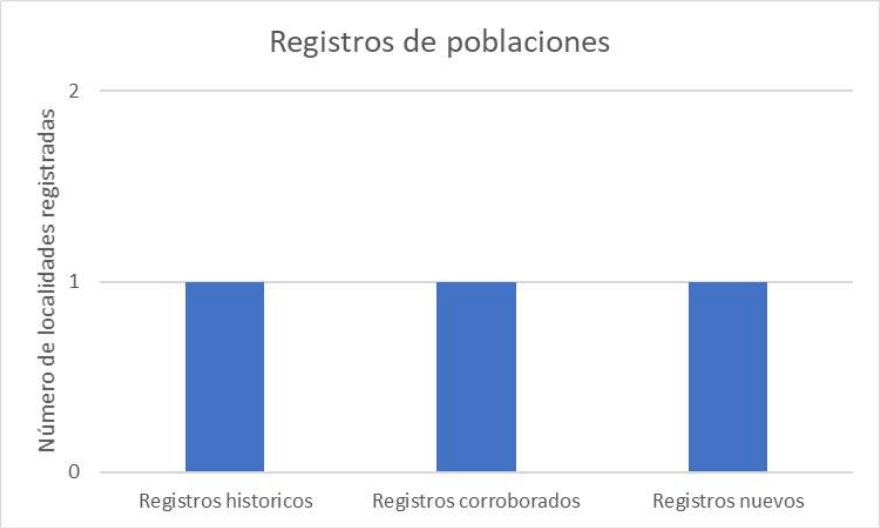


Figura 89. Corroboración de registros en el área de estudio de *Reyesia cactorum*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 31,63, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4,43, por lo que se considera una influencia baja.

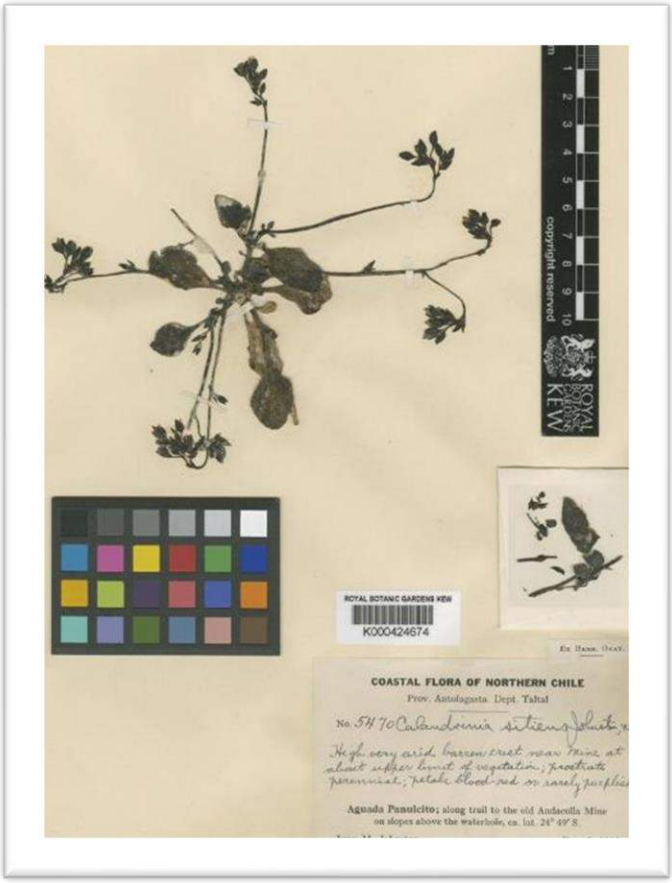
- Conservación en el BBS

Lamentablemente, debido al bajo número de individuos por población encontrada, no se pudo realizar una colecta para conservación de esta especie. Sin embargo, se colectaron las semillas del individuo encontrado en la quebrada La Plata para intentar multiplicarlo y poder generar una accesión de semillas lo suficientemente alto como para poder conservar.

Folio004685

13.- *Calandrinia sitiens* I. M. Johnst.

Ranking IPM			**13**
Especie	***Calandrinia sitiens*** I. M. Johnst.		Distribución
Familia	**Montiaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**



Fotografía: https://plants.jstor.org/fsi/img/size1/alukaplant/k/phase_01/k0004/k000424674.jpg

Folio004686

Esta especie también corresponde a una colecta rara realizada por Ivan M. Johnston. A pesar de la búsqueda de esta especie en lugares donde es probable que la habría colectado Johnston, no pudo ser encontrada. Esta especie debería ser incluida al género *Cistanthe*, debido a las características de sus flores. Sin embargo, será necesario la colecta de más material del ya existente para estudiar su real posición.

- Presencia

Esta especie se conocía sólo para el lugar de colecta del tipo, el cual corresponde a la parte alta de la aguada El Panul, cercano a los 1.000 msnm. Johnston (1929) describe su localidad de presencia como un sitio donde apenas algunas pocas especies xerofitas pueden sobrevivir, marcando esta especie el último piso vegetacional con plantas antes de entrar al desierto absoluto.

Cuadro 43. Localidades de presencia de *Calandrinia sitiens*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Aguada El Panul	-	-	I. Johnston	1925

Fuente: Johnston (1925).

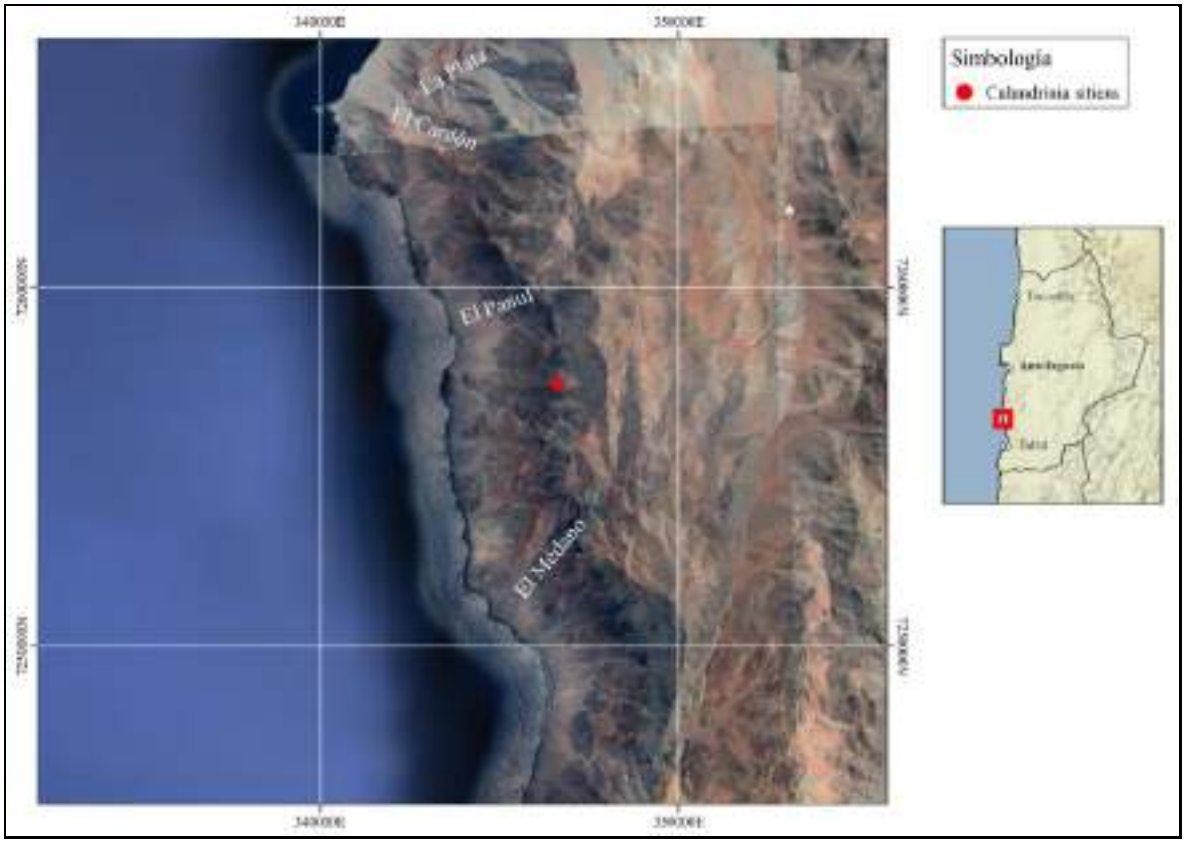


Figura 90. Distribución de presencias de *Calandrinia sitiens*.

Folio004687

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Debido a que no se pudo encontrar esta especie en el sitio donde la colectó Johnston, no se pudo determinar su abundancia. De manera adicional, Johnston (1929) no da detalles del número de individuos encontrados.

- Análisis histórico

Esta especie se colectó por primera vez el año 1925, y desde esa fecha no ha vuelto a ser colectada.

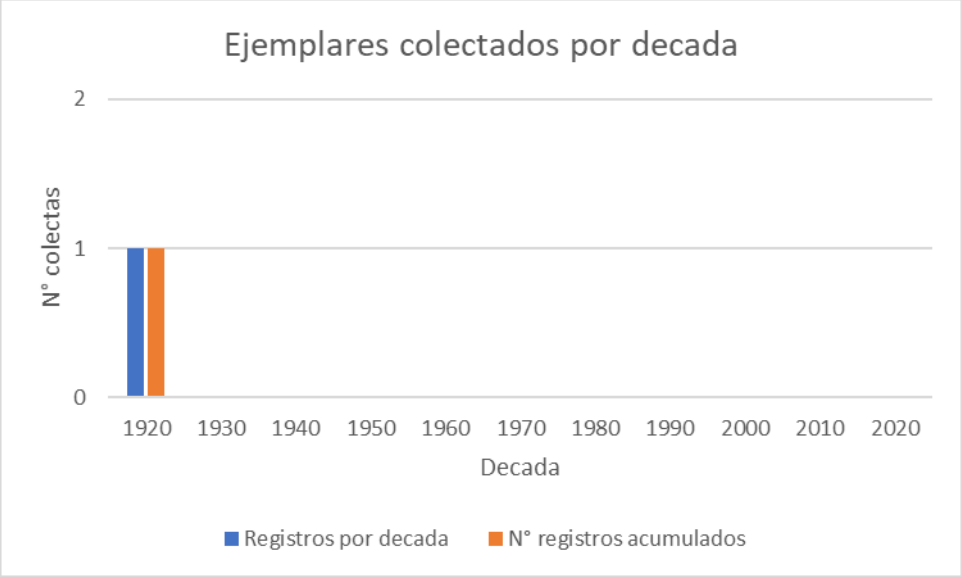


Figura 91. Registros de *Calandrinia sitiens* realizados a través del tiempo.

A pesar de ser buscada en el lugar de colecta, la única población de esta especie no pudo ser reencontrada.

Folio004688

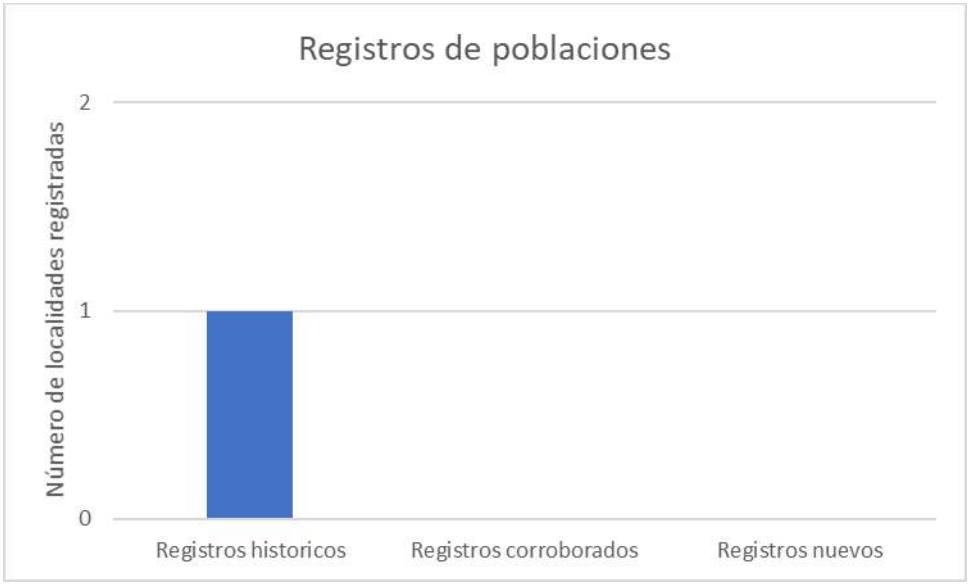


Figura 92. Corroboración de registros en el área de estudio de *Calandrinia sitiens*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 66,66, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4,95, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Debido a que no se han podido observar poblaciones de esta especie, no fue posible la conservación de semillas.

Folio004689

14.- *Copiapoa decorticans* N. P. Taylor & G. J. Charles

Ranking IPM			**14**
Especie	***Copiapoa decorticans*** N. P. Taylor & G. J. Charles		
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**3.720**	Superficie estimada (m^2)	**60.000**
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Estable**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Distribución

Folio004690

Esta especie es bastante distintiva por su hábito columnar rastrero y su mesófilo basal seco que se desprende. Esta especie no se encuentra incluida en ninguna categoría de conservación.

- Presencia

Esta especie sólo se ha registrado en Caleta Botija, cercana a Caleta Blanco Encalada. Se encuentra dentro de los límites del Monumento Natural Paposo Norte.

Cuadro 44. Localidades de presencia de *Copiapoa decorticans*.

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Caleta Botija	-	-	Tayler y Charles	2002
Caleta Botija	344200	7288799	INIA	2020

Fuente: https://www.tropicos.org/name/100315726

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

A partir de las campañas en terreno, se georreferenciaron todos los grupos de individuos de *Copiapoa decorticans* encontrados. Sólo se encontraron individuos entre los 250 y 330 msnm, mientras que a menor o mayor altitud no se observaron más grupos de esta especie. Sin embargo, no se descarta la presencia de esta especie en sitios no recorridos.

Se marcaron los grupos de individuos encontrados, y se estableció una parcela de muestreo vegetacional para contabilizar los individuos, donde en un área de ~113 m^2, se registraron 7 individuos vivos.

Posteriormente, se dividió el área en cuadriculas de 100 x 100 m, y se contó el número de cuadriculas en las cuales se presenta algún grupo de individuos. Finalmente se extrapolaron 619 individuos por grilla, y considerando que existen grupos de individuos en 6 grillas, por lo que se estima un total de 3.720 individuos distribuidos en un área de 60.000 m^2.

Folio004691

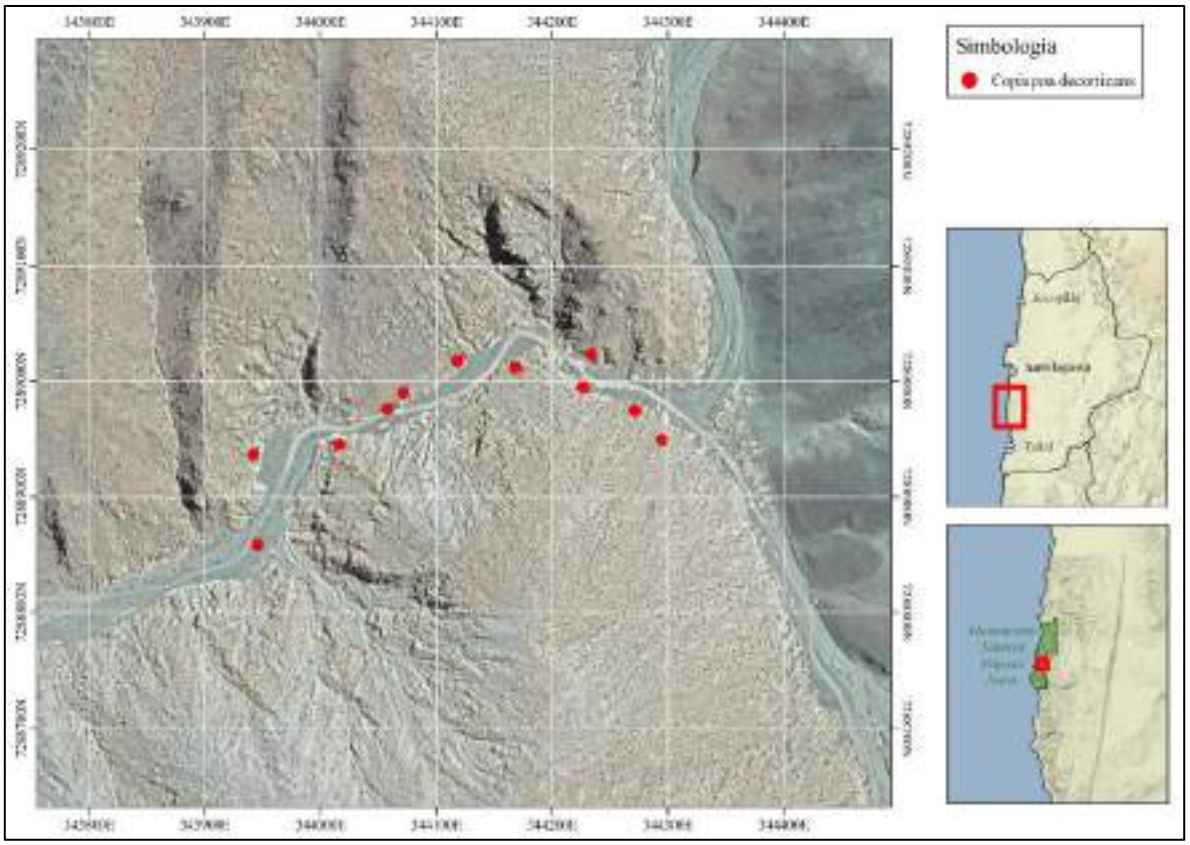
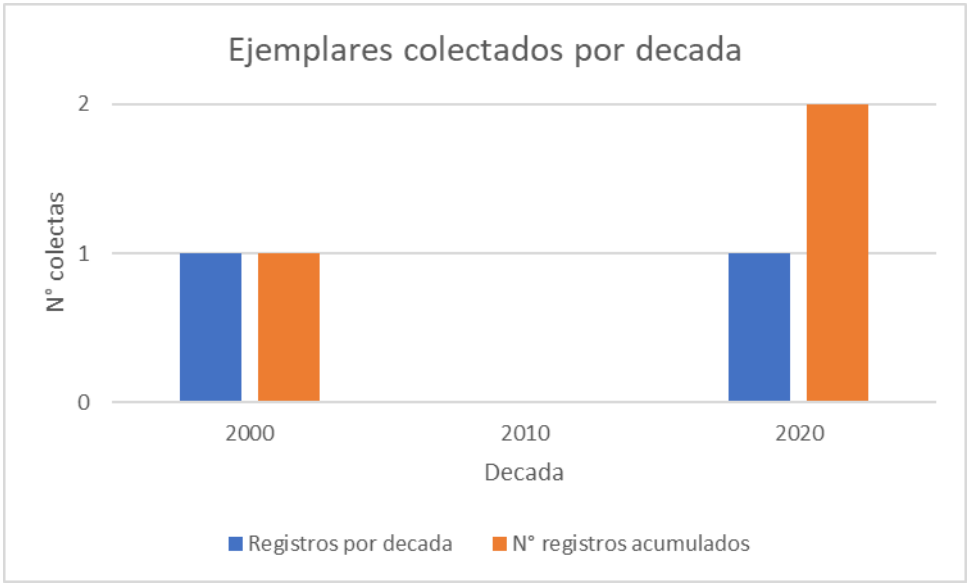


Figura 93. Distribución de presencias de *Copiapoa decorticans*.

- Análisis histórico

De esta especie sólo se tiene registro para una localidad, correspondiente a la Caleta Botija (Figura 94).



Folio004692

Figura 94. Registros de *Copiapoa decorticans* realizados a través del tiempo.

La localidad tipo de esta especie fue visitada, habiéndose corroborado este registro en terreno (Figura 95).

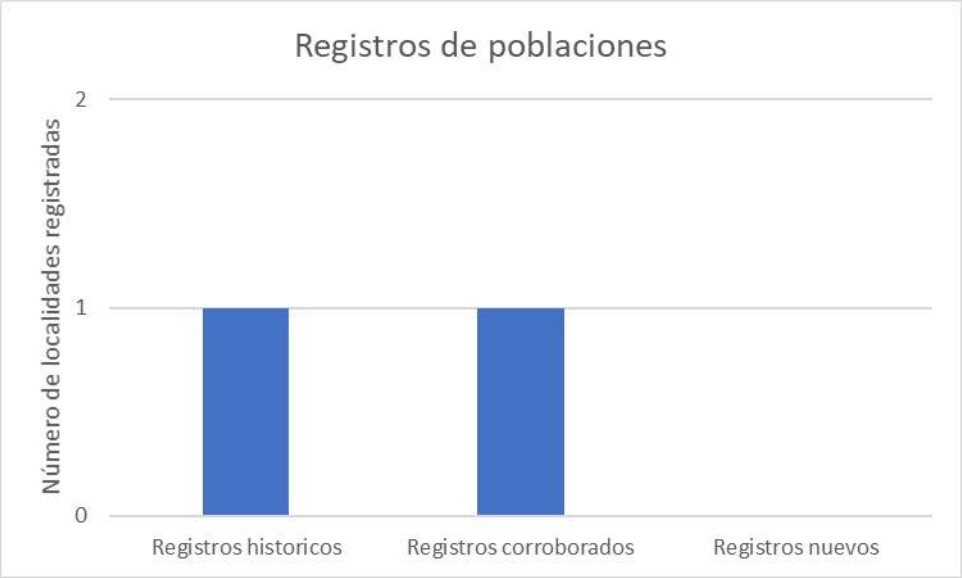


Figura 95. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa decorticans*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

- Amenazas

En la Figura 96 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue las obras civiles.

Folio004693

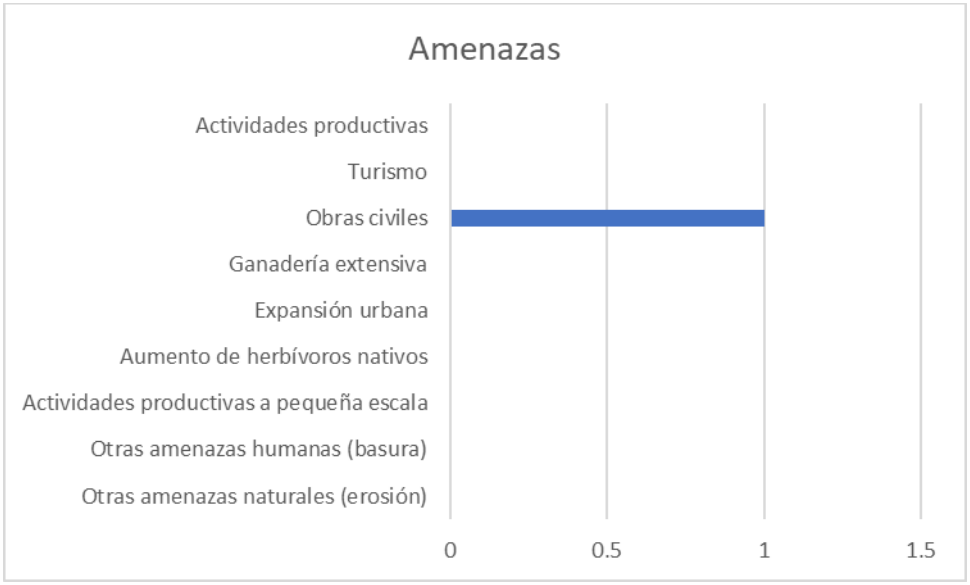


Figura 96. Amenazas registradas para *Copiapoa decorticans*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 4,99, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 2,5, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

A pesar de haber localizado la especie, no fue posible colectar, debido a la baja cantidad de frutos formados.

15.- *Lathyrus lomanus* I. M. Johnst.

Ranking IPM			**15**
Especie	***Lathyrus lomanus*** I. M. Johnst.		Distribución
Familia	**Fabaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**32**	Superficie estimada (m^2)	**45.000**
Número de localidades	**2**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Obras civiles**	Tendencia de la especie	**Aumentando**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio004695

Esta especie es encontrada por primera vez por I. M. Johnston en 1925 y considerada en un primer lugar como *Lathyrus magellanicus* por él. Más tarde, el mismo autor la considera como una nueva especie, publicándola bajo el nombre de *Lathyrus lomanus* en Johnston (1938).

- Presencia

Esta especie sólo se había registrado en la aguada El Panul, al norte de Paposo. En este lugar fue donde la encuentra Johnston. Sin embargo, la especie es observada en la quebrada Miguel Díaz durante una campaña de terreno en el contexto del presente estudio. En este sitio se observó creciendo en paredes rocosas de la quebrada, fuera de alcance sin el uso de equipo de escalada, por lo que no fue posible una colecta de herbario.

Cuadro 45. Localidades de presencia de *Lathyrus lomanus*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Aguada El Panul	-	-	I. Johnston	1925
2	Aguada El Panul	343519	7284935	INIA	2021
3	Quebrada Miguel Díaz	345352	7259803	INIA	2020

Fuente: Johnston (1929), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie fue censada en la aguada El Panul, donde se contabilizaron 16 individuos. Sin embargo, debido a la mala accesibilidad en la quebrada Miguel Díaz, no fue posible prospectar la cantidad de individuos, habiéndose observado sólo uno. Siguiendo la metodología Horvitz-Thompson, se asume que en la quebrada Miguel Díaz existe la misma cantidad de individuos que en El Panul. Debido a que el área de presencia de *L. lomanus* prospectada de El Panul es de alrededor de 150 x 150 m^2, en ese caso, se considera que en un área de 45.000 m^2 existen 32 individuos, distribuidos en dos localidades.

Folio004696

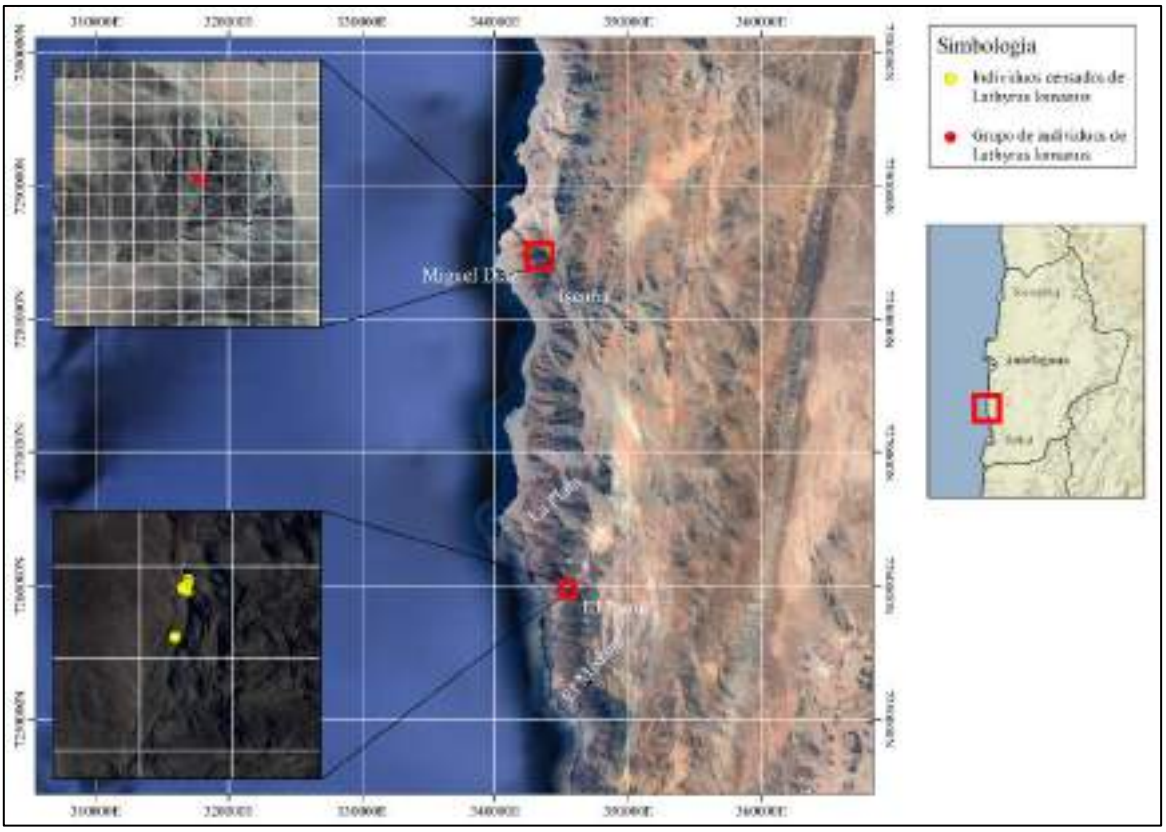
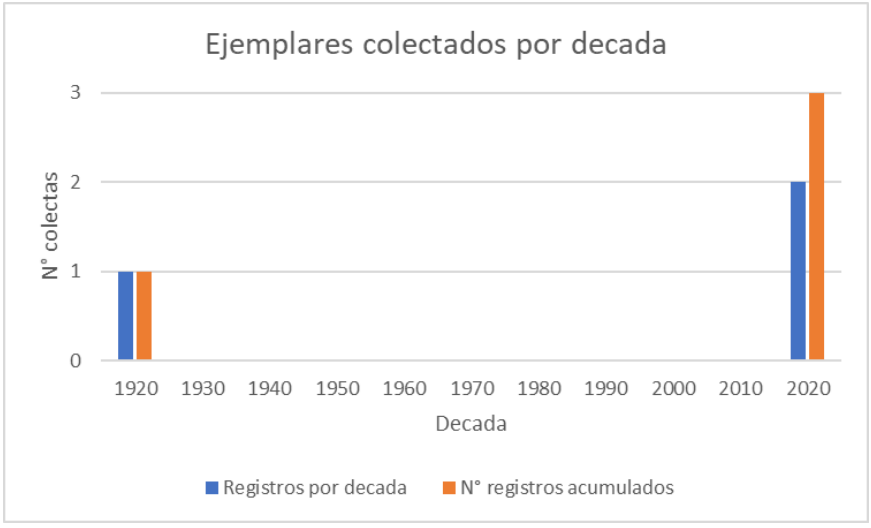


Figura 97. Distribución de presencias de *Lathyrus lomanus*.

- Análisis histórico

Esta especie fue colectada por primera vez en 1925. Luego de esta fecha, no ha vuelto a ser registrada nuevamente. Sin embargo, durante una campaña a terreno en el marco del presente estudio durante el año 2021, se vuelve a colectar en su localidad tipo, correspondiente a la aguada El Panul (Figura 98). De manera adicional, la misma especie es encontrada en una nueva localidad en el año 2020, en la quebrada Miguel Díaz (Figura 99).



Folio004697

Figura 98. Registros de *Lathyrus lomanus* realizados a través del tiempo.

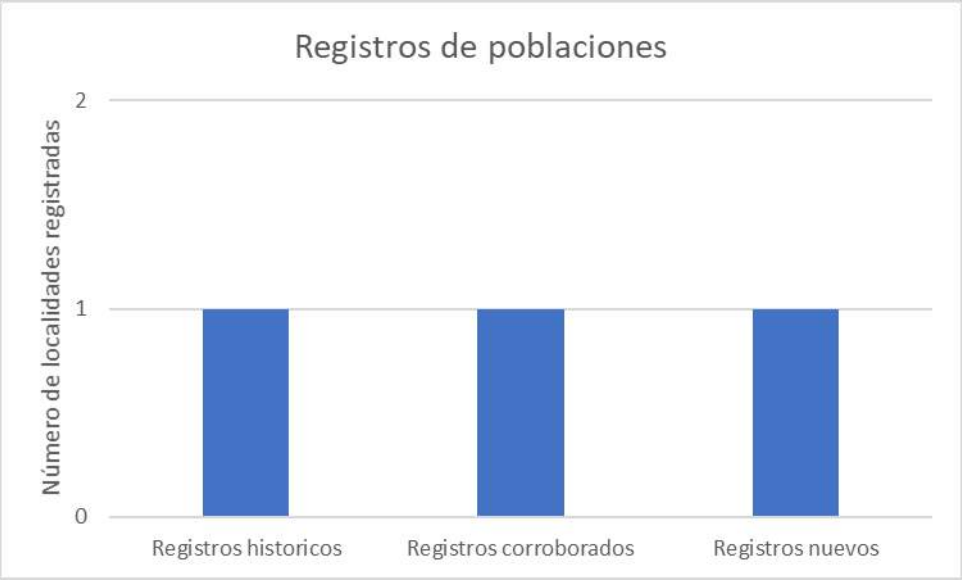


Figura 99. Corroboración de registros en el área de estudio de *Lathyrus lomanus*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 2,43, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 2,89, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004698

16.- *Oxalis ricardii* Lourteig

Ranking IPM			**16**
Especie	***Oxalis ricardii*** Lourteig		
Familia	**Oxalidaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**4**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Distribución

Folio004699

Esta especie pareciera ser muy rara, ya que es recién descrita el año 2000. Sin embargo, la dificultad de las especies de este género podría influir en la falta de reportes de estas especies.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre Paposo y Caleta Esmeralda. Se ha encontrado hasta el momento sólo en El Rincón, en Quebrada Bandurrias y en Quebrada Cascabeles. A partir de las campañas a terreno en el contexto del presente estudio, se encontró otra población en la Quebrada Las Lozas, cercana a Caleta Esmeralda.

Cuadro 46. Localidades de presencia de *Oxalis ricardii*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	El Rincón	-	-	Ricardi	1955
2	Quebrada Bandurrias	-	-	von Bohlen	1991
3	Quebrada Cascabeles	-	-	C. Heibl	2004
4	Quebrada Las Lozas	334316	7135300	INIA	2020

Fuente: Heibl (2005)

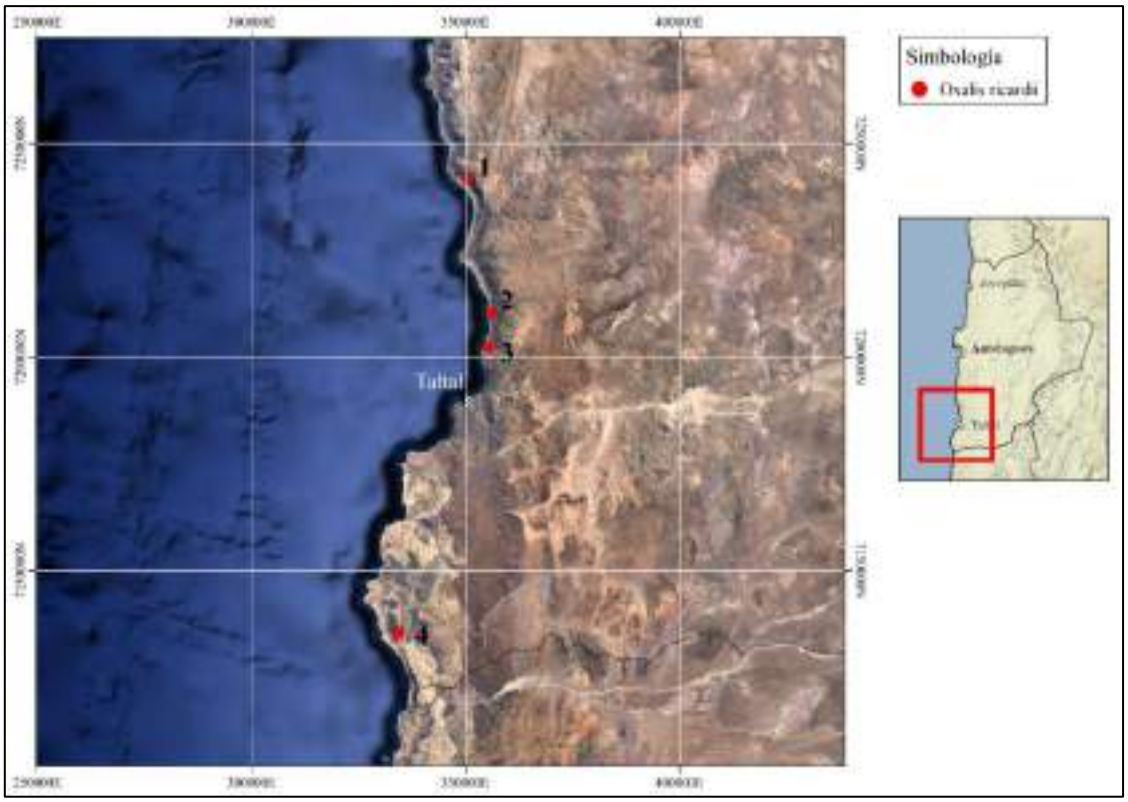


Figura 100. Distribución de presencias de *Oxalis ricardii*.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Lamentablemente, no se determinó la abundancia al ser encontrado en la Quebrada Las Lozas, debido a que la identificación fue posterior a su colecta en terreno. Sin embargo, a partir de lo observado, la especie es abundante en la población.

- Análisis histórico

A pesar de que esta especie es colectada por primera vez recién en 1955, ha vuelto a ser colectada periódicamente, aunque con una alta cantidad de años de diferencia.

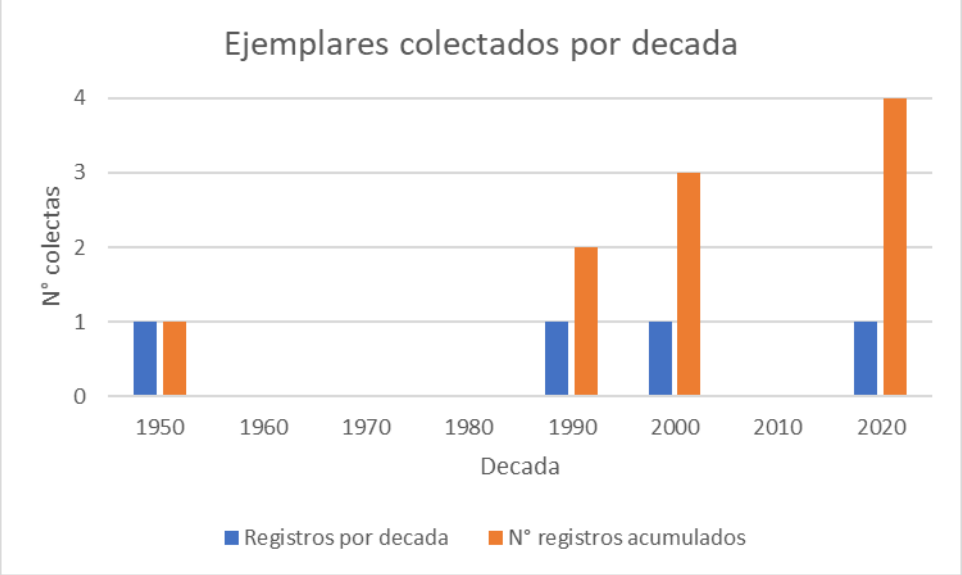


Figura 101. Registros de *Oxalis ricardii* realizados a través del tiempo.

Oxalis ricardii no pudo ser encontrado en ninguna de las poblaciones donde había sido registrada. Sin embargo, se localizó una población en una localidad no registrada previamente, correspondiente a la zona de Esmeralda.

Folio004701

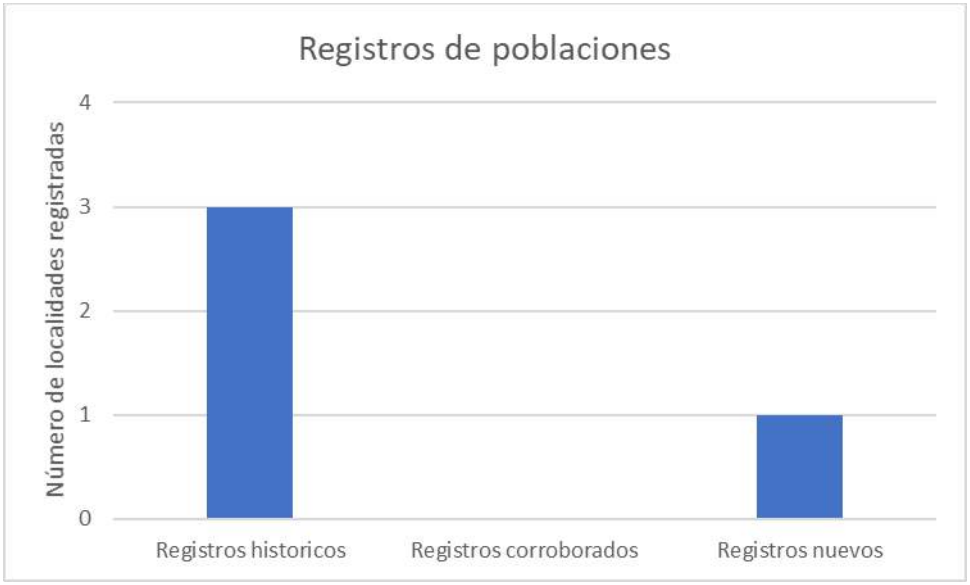


Figura 102. Corroboración de registros en el área de estudio de *Oxalis ricardii*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 60.53, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 3.66, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004702

17.- *Nolana onoana* M. O. Dillon & M. Nakaz.

Ranking IPM			**17**
Especie	***Nolana onoana*** M. O. Dillon & M. Nakaz.		
Familia	**Solanaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**57**	Superficie estimada (m^2)	**50.000**
Número de localidades	**6**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Media**
Amenaza más frecuente	**Obras civiles y basurales**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Distribución

Folio004703

Nolana onoana es una especie descrita recién en el año 2007 (Dillon et al., 2007). Corresponde a una especie anual que se encuentra desde cercana al mar hasta sitios interiores, donde se presenta como la única especie presente en el desierto.

- Presencia

Esta especie se encuentra principalmente en los alrededores de la ciudad de Antofagasta, encontrada sólo al norte y al sur de esta ciudad. Crece en sitios bastante al interior, donde no es posible encontrar otras especies de plantas.

Cuadro 47. Localidades de presencia de *Nolana onoana*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Entre Tocopilla y Antofagasta	-	-	M. Ono & T. Masuzawa	1991
2	Norte de Antofagasta	-	-	M. Ono & T. Masuzawa	1991
3	Bahía de los Tres Compadres	370055	7470682	M. O. Dillon & D. Dillon	1988
4	Entre el S de La Negra y la Quebrada de Mateo	367666	7356236	M. O. Dillon & D. Dillon	1988
5	Quebrada Coloso	357041	7366686	INIA	2020
6	Quebrada de Mateo	366276	7358961	M.O. Dillon & M. Finger C	2004

Fuente: Dillon et al. (2007)

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

A partir de los datos de presencias y la información recopilada en las parcelas de muestreo, se determinó la abundancia mediante grillas. En la parcela de muestreo se determinaron 119 individuos muertos, sin saber si

Folio004704

corresponden a germinaciones de la temporada de medición o anterior a esta, considerando que la especie es anual. Sólo un individuo fue encontrado vivo. Extrapolando esto a una grilla de 100 x 100 m, se tienen 1.356 individuos por grilla. Dado que se encontró la presencia de esta especie en 5 grillas, se tienen 6.780 individuos estimados a partir sólo de las localidades conocidas. Sin embargo, a partir de la baja proporción de individuos vivos registrados (0,834%), se estimarían sólo 57 individuos vivos. De cualquier manera, debido al habito anual de la especie, este número debe ser muy variable y dependiente de la disponibilidad hídrica de cada año.

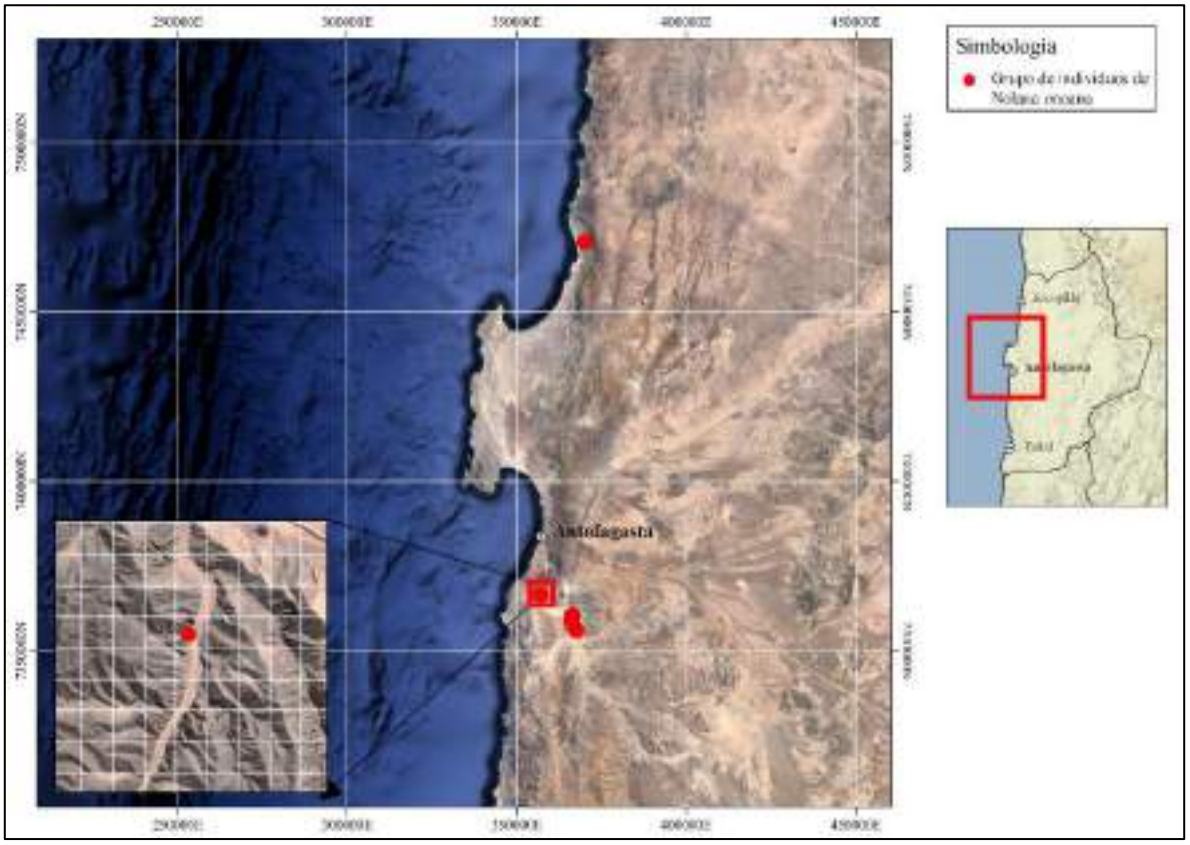


Figura 103. Distribución de presencias de *Nolana onoana*.

- Análisis histórico

Esta especie, a pesar de ser descrita recientemente, parece no ser muy rara, debido a las colectas realizadas a partir de los años 80s. Sin embargo, es posible que su presencia sea esporádica y sólo se encuentre cada cierta cantidad de años.

Folio004705

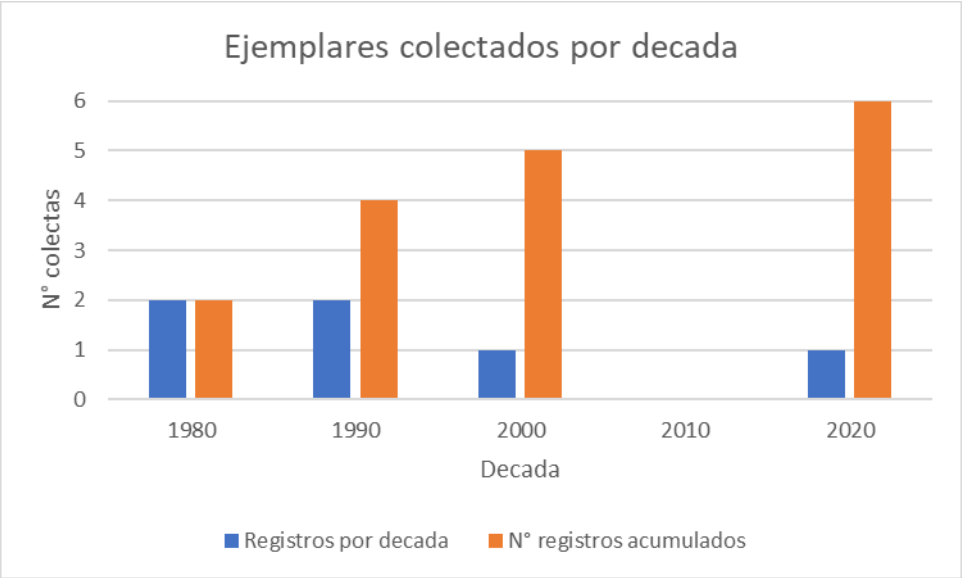


Figura 104. Registros de *Nolana onoana* realizados a través del tiempo.

A pesar de que sólo se pudo encontrar una población de la especie previamente registrada al sur de La Negra, se encontró una nueva población en la Quebrada Coloso.

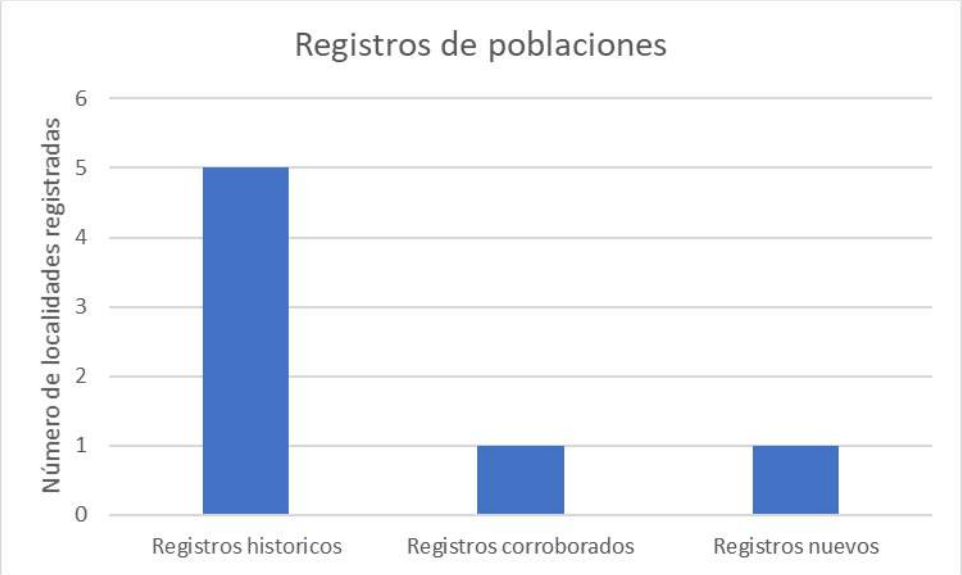


Figura 105. Corroboración de registros en el área de estudio de *Nolana onoana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004706

- Amenazas

En la Figura 106 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue las obras civiles y los basurales.

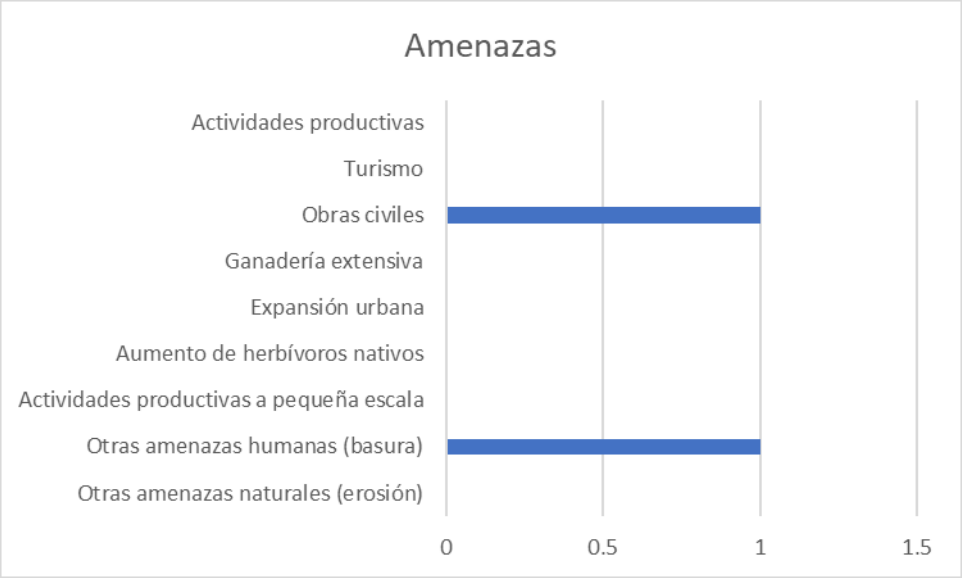


Figura 106 Amenazas registradas para *Nolana onoana*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 40,47, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 10,88, por lo que se considera una influencia media.

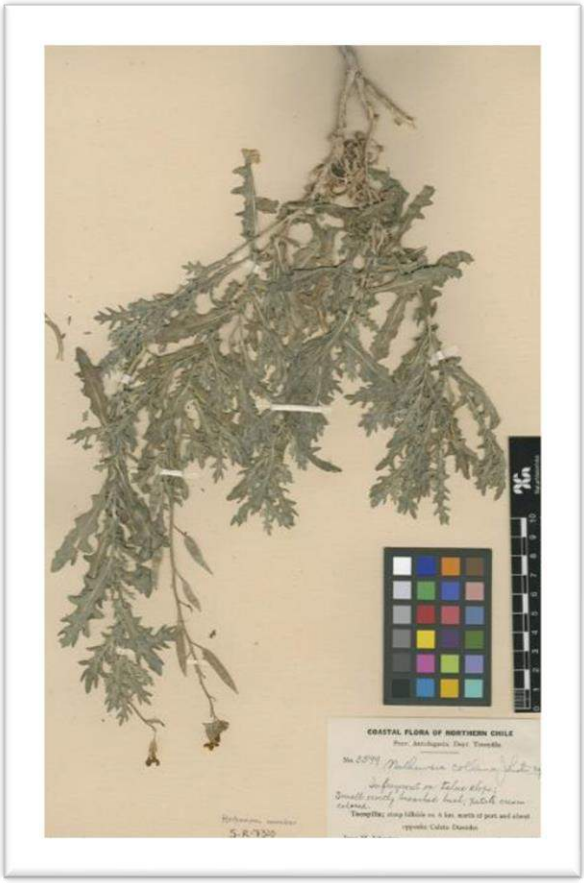
- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004707

18.- *Mathewsia collina* I. M. Johnst.

Ranking IPM			**18**
Especie	***Mathewsia collina*** I. M. Johnst.		Distribución
Familia	**Brassicaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**6**	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**3**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**



Fotografía: https://plants.jstor.org/fsi/img/size1/alukaplant/s/phase_01/s0000/s-r-7300.jpg

Folio004708

Mathewsia collina parece ser una especie muy escasa. Es posible que al igual que *Cistanthe chrysantha* y otras especies anuales de la zona de Tocopilla, su aparición dependa de la disponibilidad hídrica, la cual, al parecer, no ha sido lo suficiente a partir de los años en que fue colectada por primera vez.

- Presencia

Sólo se tiene información de pocas colectas, correspondientes a las del ejemplar tipo de la especie. Este fue colectado por Johnston en 1925 a los alrededores de Tocopilla, y luego por F. Jaffuel en la tercera quebrada al norte de Tocopilla. Según Toro-Núñez et al. (2013), existe otra colecta en el herbario de la Universidad de Concepción, realizada por Quezada y Ruiz #263, aunque no es especificada la localidad. Sin embargo, en el mapa de distribución, se indica que la colecta sería cercana a la Punta Plata.
No se pudo encontrar esta especie en ninguna localidad visitada. Sin embargo, lo que pareciera ser los restos secos de esta especie fueron encontrados cercanos a Michilla, al norte de Antofagasta. Lamentablemente, sin la planta para comprobar, no se puede asegurar esta presencia.

Cuadro 48. Localidades de presencia de *Mathewsia collina*.

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Alrededores de Tocopilla	-	-	Johnston	1925
Tercera quebrada al norte de Tocopilla	-	-	Jaffuel	1932
La Plata [?]	-	-	Quezada & Ruiz	1991

Fuente: Toro-Núñez et al. (2013), Rollins (1966). La localidad de colecta de Quezada & Ruiz no es especificada por Toro-Núñez et al. (2013), pero pareciera ser la Quebrada La Plata.

Folio004709

Figura 107. Distribución de presencias de *Mathewsia collina*.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Debido a que no pudo encontrarse esta especie en terreno, no se pudo determinar la abundancia. Sin embargo, a partir de lo observado por Jaffuel (1936), él habría encontrado sólo "uno o dos ejemplares".

- Análisis histórico

Esta especie no se ha colectado en los últimos años, desde 1991.

Folio004710

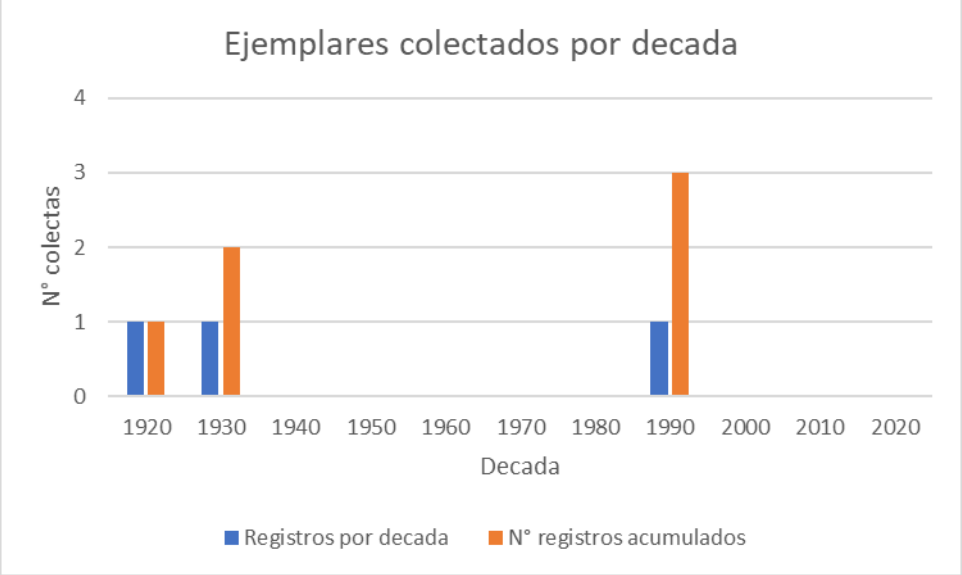


Figura 108. Registros de *Mathewsia collina* realizados a través del tiempo.

Probablemente debido a la progresiva sequía en las cercanías de Tocopilla, no ha podido sobrevivir en los sitios donde fue colectada por primera vez. Probablemente esto mismo sucede en la población al sur de la Región de Antofagasta.

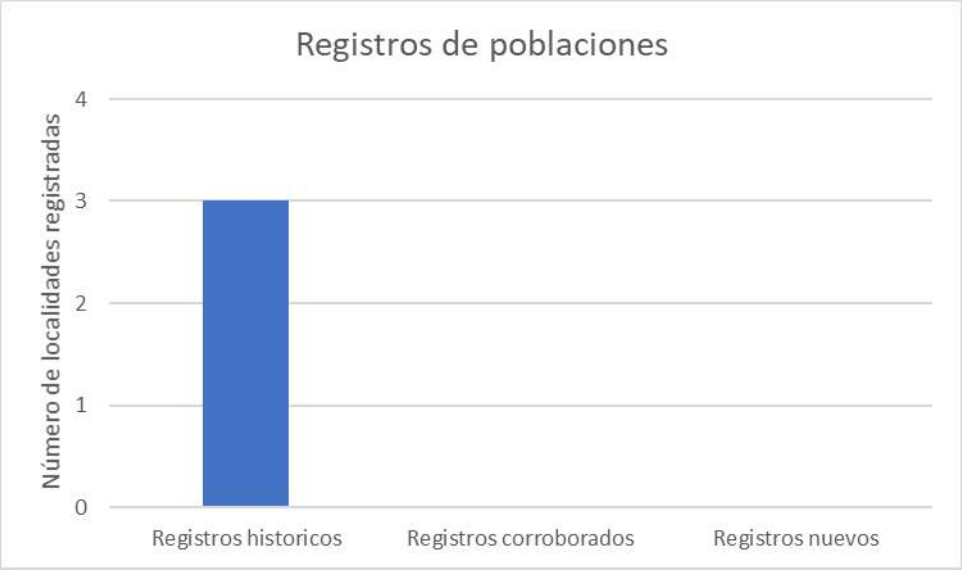


Figura 109. Corroboración de registros en el área de estudio de *Mathewsia collina*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004711

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 66.22, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 6,06, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004712

19.- *Copiapoa montana* F. Ritter

Ranking IPM				19
Especie	***Copiapoa montana*** F. Ritter			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**	
Número de individuos estimados	**2.483.445**	Superficie estimada (m^2)	**65.404.014**	
Número de localidades	**10**	Variable climática más relevante	**ES**	
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva**	Tendencia de la especie	**Aumentando**	
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**	

Folio004713

Esta especie corresponde a un endemismo de la Región de Antofagasta y se encuentra en categoría "En Peligro" según el D.S.42/2011 MMA. Según la ficha de clasificación de especies, esta presentaría una forma *mollicula* presente en la Región de Atacama. Sin embargo, a partir de la filogenia de Larridon et al. (2015), esta última forma correspondería a una especie distinta, por lo que la especie diagnosticada acá sería un taxón endémico de la Región de Antofagasta.

- Presencia

C. montana es endémica de la Región de Antofagasta, registrada desde El Rincón hasta Paposo. Se encuentra en El Rincón, Cerro Yumbes, Cerro Mirador, Quebrada Paposo, Quebrada Peralito, Quebrada El Cura, Quebrada La Oveja, Bandurrias, Caleta Oliva, Quebrada San Ramón y Quebrada del Hueso Parado.

Cuadro 49. Localidades de presencia de *Copiapoa montana*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Cerro Yumbes	345121	7258924	INIA	2020
2	El Rincón	349073	7243536	INIA	2020
3	Cerro Mirador	353556	7233289	INIA	2020
4	High Above and Inland Of Paposo 600-1300M	-	-	Alfred Bernhard Lau L 816	-
5	Quebrada Paposo	353604	7231444	INIA	2019
6	Quebrada Peralito	355205	7230792	INIA	2020
7	Quebrada El Cura	352157	7222712	INIA	2020
8	Quebrada La Oveja	353959	7219842	INIA	2020
9	Bandurrias	355499	7212566	INIA	2007
10	Norte de Taltal	-	-	F. Ritter	1954
11	N. Taltal	-	-	Jaromír Chvastek CH 76.1	-
12	Caleta Oliva, N. Taltal, 200 M	-	-	Andrea Piombetti APT 451	-
13	Quebrada San Ramón	355400	7193089	INIA	2007
14	Quebrada De San Ramón, 580M	-	-	Paul Hoxey PH 665.02	-
15	Cerro North Of Quebrada San Ramon 600M	-	-	Alan William Craig AWC 728	-
16	Quebrada Hueso Parado	-	-	Baldur Cornely BC 67	-

Fuente: Biota (2018), datos propios.

Folio004714

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Copiapoa montana* (Figura 110), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.999. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la humedad relativa en la estación más seca (Figura 111), la cual entre Paposo y Taltal a los 800 msnm corresponde al invierno, mientras que en este mismo rango a los 400 y los 200 msnm corresponde al verano.

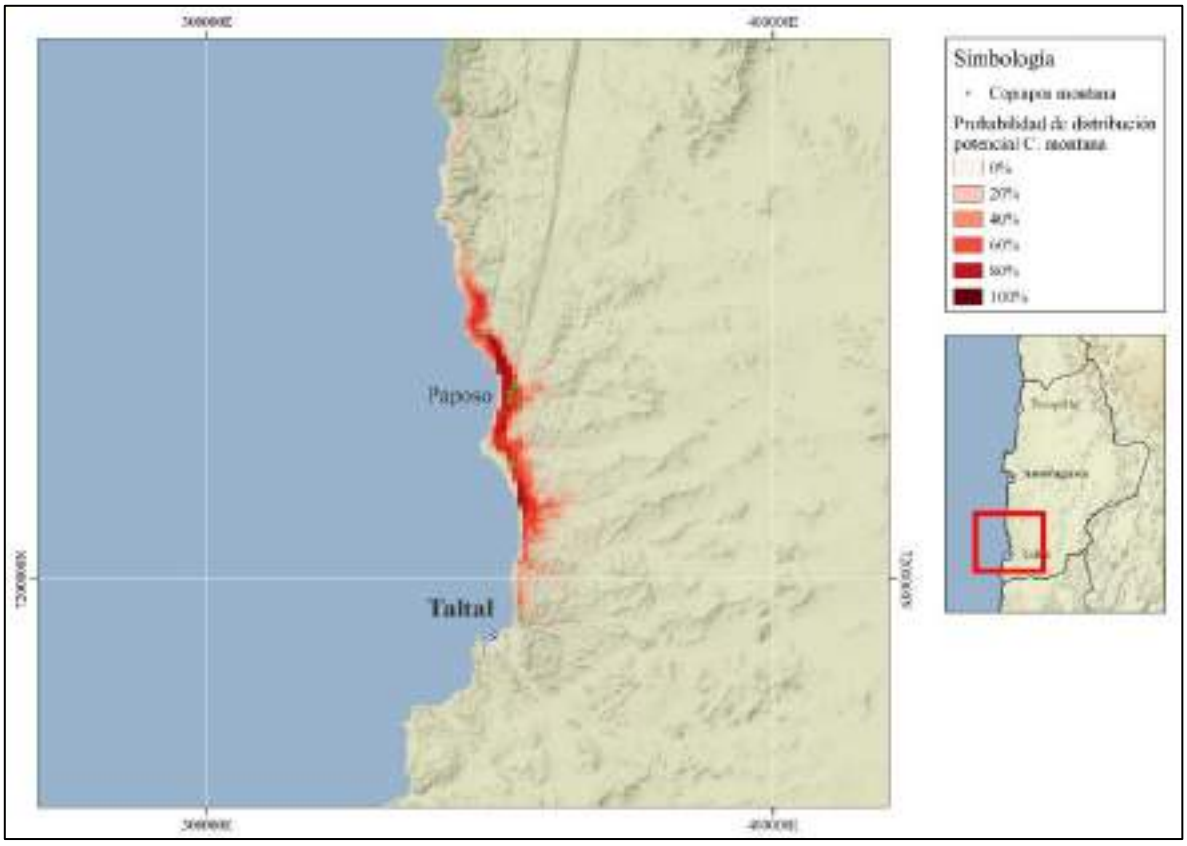


Figura 110. Modelación de nicho obtenida para *Copiapoa montana*.

Folio004715

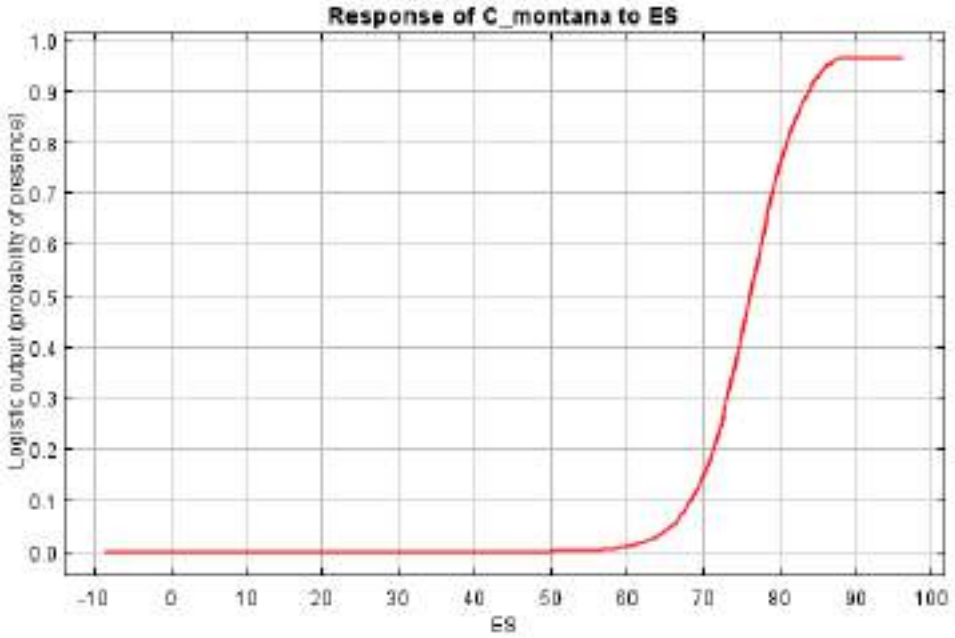


Figura 111. Respuesta de *C. montana* a la variable ES, correspondiente a la humedad relativa en la estación más seca.

- Abundancia

A pesar de que esta especie se encuentra restringida a una zona pequeña, la especie pareciese ser bastante común. A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 6,4 ± 6,54 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.671 (p = 6,388E-7). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 65.404.014 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 2.483.445 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

A pesar de que no se encontraron registros entre la fecha en que fue colectada por primera vez y la década de los 2000, pareciera ser una especie poco rara.

Folio004716

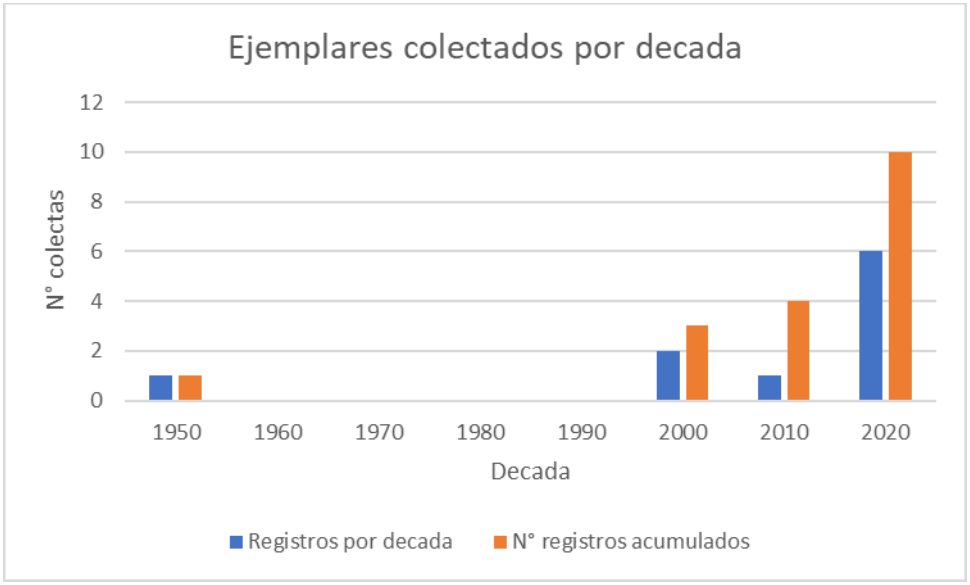


Figura 112. Registros de *Copiapoa montana* realizados a través del tiempo.

No se encontró *Copiapoa montana* en las localidades donde previamente se había registrado. Sin embargo, se incluyen localidades que, a pesar de no existir registro, probablemente ya se conocía debido a su abundancia en estos lugares (Figura 112).

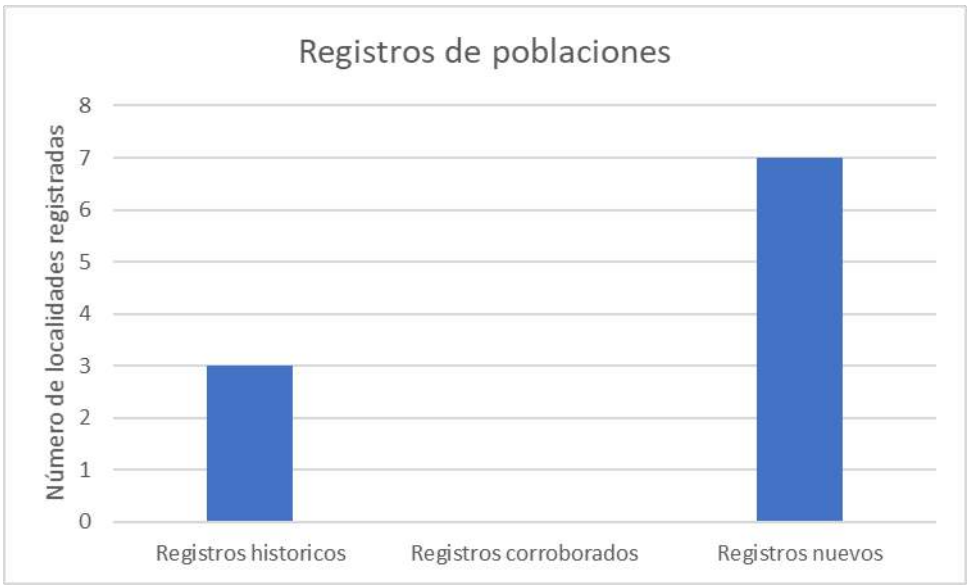


Figura 113. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa montana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

Folio004717

- Amenazas

En la Figura 114 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la ganadería extensiva.

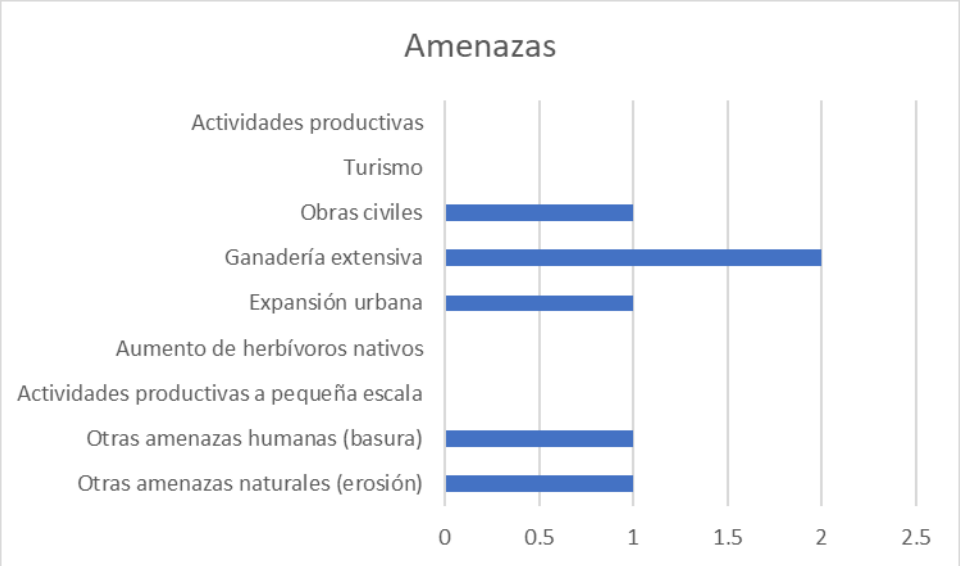


Figura 114 Amenazas registradas para *Copiapoa montana*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 86,16, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 5,2, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (Walter 386), proveniente de 30 km al norte de Paposo.

Folio004718

20.- *Sibara dilloniorum* Al-Shehbaz

Ranking IPM			**20**
Especie	***Sibara dilloniorum*** Al-Shehbaz		Distribución
Familia	**Brassicaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**18**	Superficie estimada (m^2)	**153.600**
Número de localidades	**4**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio004719

Esta corresponde a una especie de un pequeño genero de 12 especies de la familia Brassicaceae, las cuales se encuentran disyuntas entre Sudamérica y Norteamérica, en zonas áridas de estos. Esta especie es recién descrita en el 2010.

- Presencia

Esta especie se ha encontrado entre la Región de Tarapacá y la Región de Antofagasta. Los registros de la Región de Tarapacá son prácticamente recientes, debido a que las poblaciones de esta región se consideraban previamente como *Werdermannia anethifolia* (Pinto & Luebert, 2009).

Cuadro 50. Localidades de presencia de *Sibara dilloniorum*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Chipana	-	-	R. Pinto [fotografía]	-
2	Alto Loa	-	-	R. Pinto [fotografía]	-
3	Chinchilla	343242	7276091	M. Quezada & E. Ruiz 306 (CONC)	1991
4	Miguel Díaz	343074	7278458	M. O. Dillon & D. Dillon 5908 (F)	1988
5	Quebrada La Plata	-	-	M. Quezada & E. Ruiz 262 (CONC)	1991
6	Quebrada La Plata	656779	12734462	INIA	2021
7	Quebrada Cañas	-	-	Biese 3211	1949

Fuente: Al-Shehbaz (2010), Pinto y García (2020).

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Para esta especie existen 6 localidades de registro. Sólo se encontró esta especie en la Quebrada La Plata, donde se contaron 3 individuos. Estos individuos se encontraron en un área de 160 x 160 m. Debido a que se encuentran 3 individuos por grilla, podría estimarse que se existirían 18 individuos de esta especie en 153.600 m^2. A pesar de

Folio004720

que Al-Shehbaz (2010) indica que esta especie es anual, se ha observado en terreno el mismo individuo floreciendo dos veces en distintas temporadas, por lo que podría ser perenne facultativa. De cualquier manera, si es correcto el hábito anual de esta especie, su abundancia podría depender de las precipitaciones anuales.

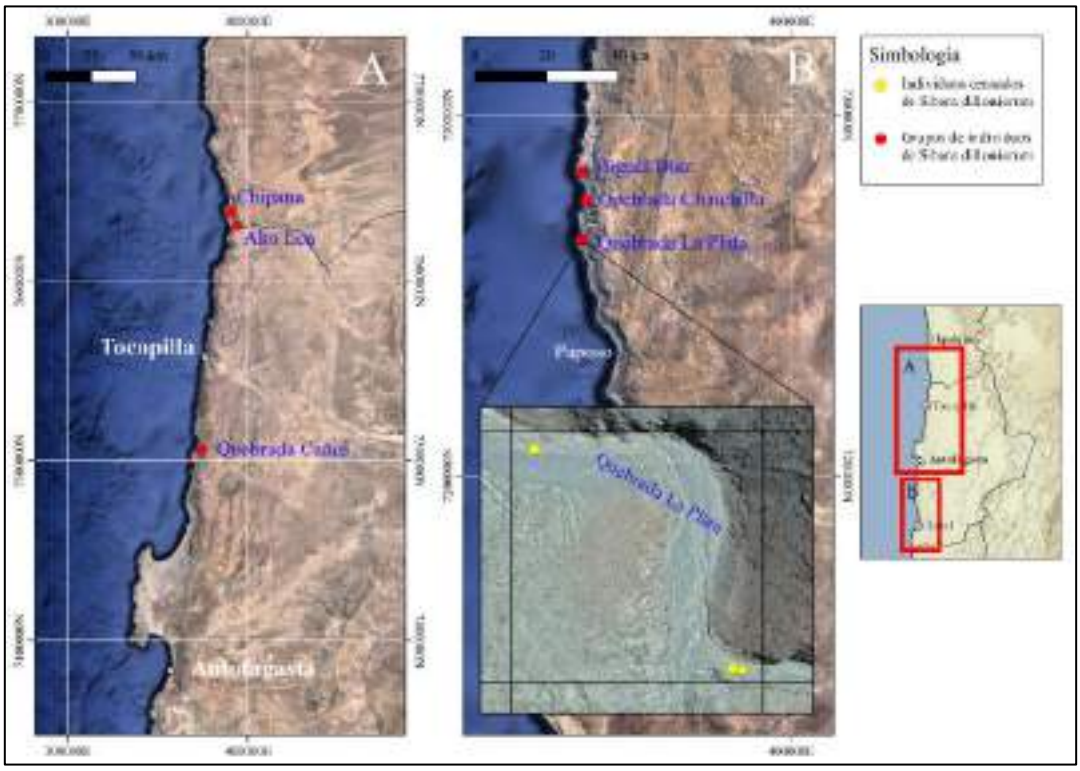
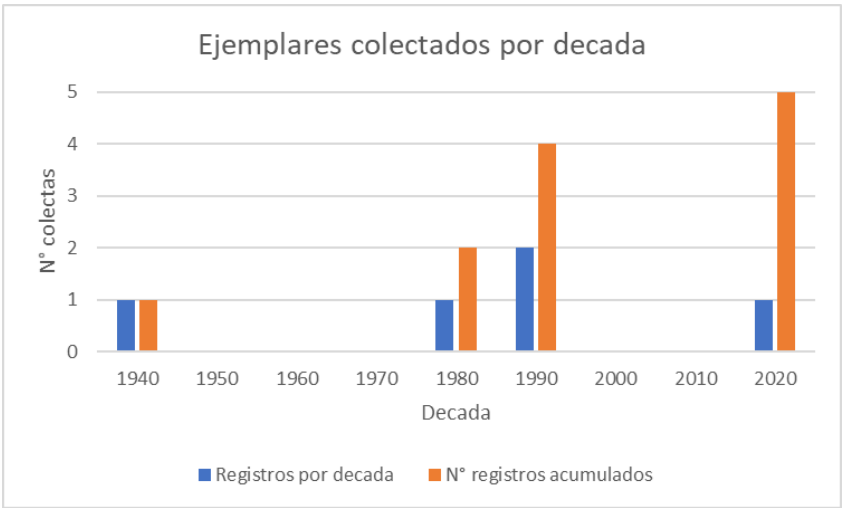


Figura 115. Distribución de presencias de *Sibara dilloniorum*.

- Análisis histórico

Corresponde a una especie bastante escasa, colectada sólo cinco veces.



Folio004721

Figura 116. Registros de *Sibara dilloniorum* realizados a través del tiempo.

De las localidades registradas, sólo se corroboró la presencia de esta especie en la Quebrada La Plata (Figura 117).

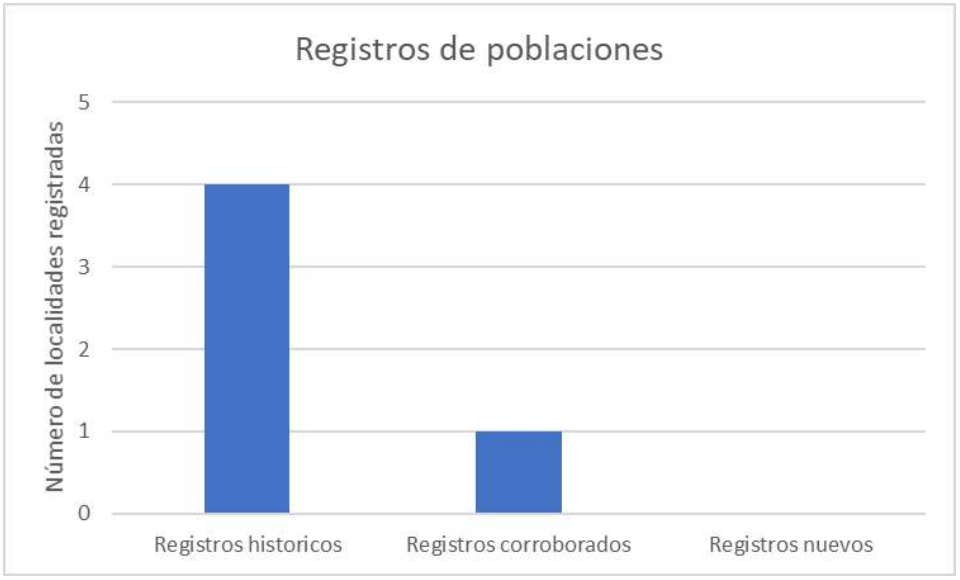


Figura 117. Corroboración de registros en el área de estudio de *Sibara dilloniorum*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 11.38, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 5,14, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004722

21.- *Spergularia aberrans* I.M.Johnst.

Ranking IPM			**21**
Especie	***Spergularia aberrans*** I.M.Johnst.		Distribución
Familia	**Caryophyllaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**215**	Superficie estimada (m^2)	**312.500**
Número de localidades	**6**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Alta**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio004723

Spergularia aberrans es una especie de corta distribución descrita por I. M. Johnston. A pesar de su corta distribución, no se encuentra en ninguna categoría de conservación.

- Presencia

Esta especie se encuentra en la zona entre la ciudad de Antofagasta y Tocopilla. A pesar de que no es un endemismo extremadamente localizado, existen pocas colectas de esta especie. Se ha registrado en Punta Aña, Tocopilla, Quebrada Cañas, Morro Moreno, Quebrada La Chimba y Antofagasta (probablemente referido así por los colectores a La Chimba).

Cuadro 51. Localidades de presencia de *Spergularia aberrans*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Punta Aña	-	-	A. Brinsk (SGO)	1991
2	Tocopilla	-	-	Jaffuel 1007 (G)	1930
3	Quebrada Aguada Cañas	-	-	W. Biese (SGO)	1949
4	Morro Moreno	340239	7398919	INIA	2020
5	Antofagasta	-	-	Johnston 3631 (GH)	1925
6	Antofagasta	-	-	Jaffuel 1136 (G)	1930
7	Quebrada de La Chimba	-	-	C. Muñoz (SGO)	1941

Fuente: Rossbach (1943), SGO, datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Se conocen 5 localidades de presencia para esta especie (ya que la colecta de Johnston y Jaffuel probablemente fue en la Quebrada La Chimba o a los alrededores). Esta especie sólo fue encontrada en el Morro Moreno, donde en un recorrido intenso, se encontraron 43 individuos en una grilla de dimensiones de 250 x 250 m. El número de grillas totales que incluyen la presencia de esta especie son 5, por lo que se puede estimar que existen 215 individuos de esta especie en 312.500 m^2.

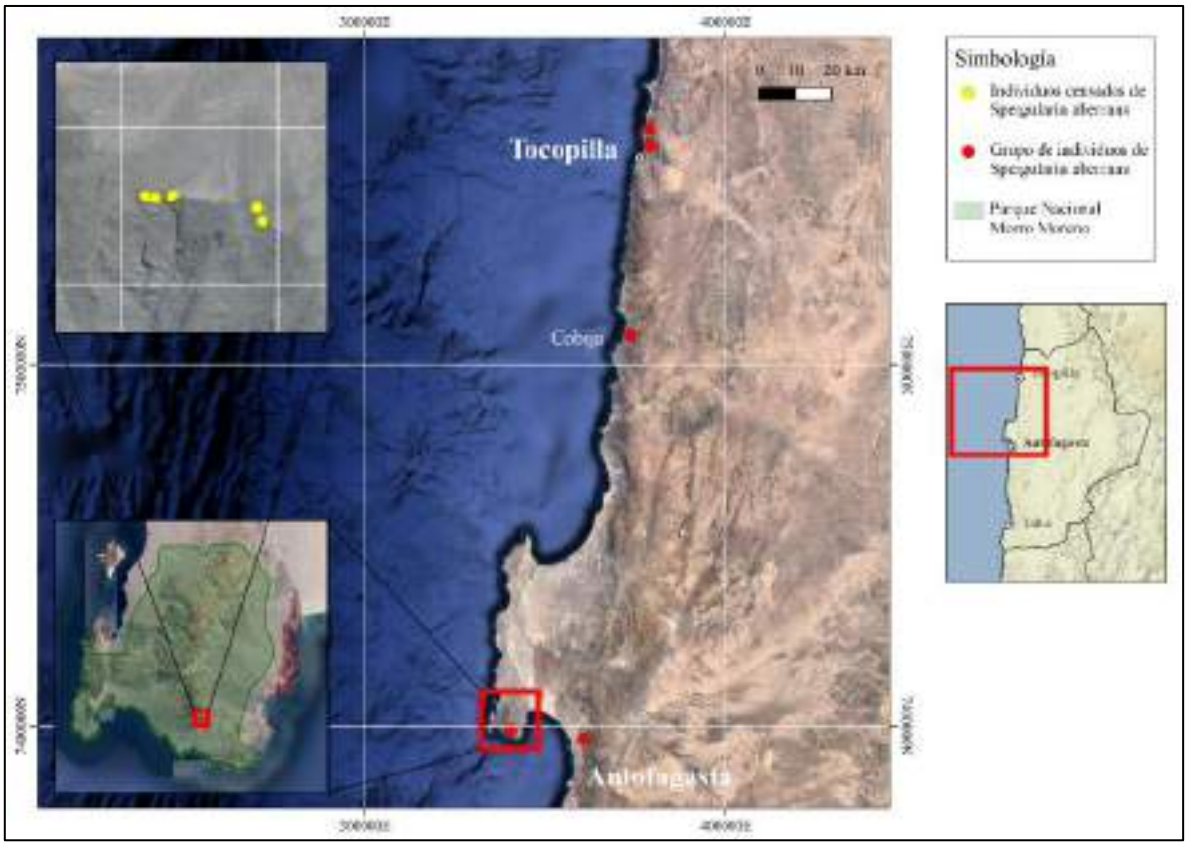
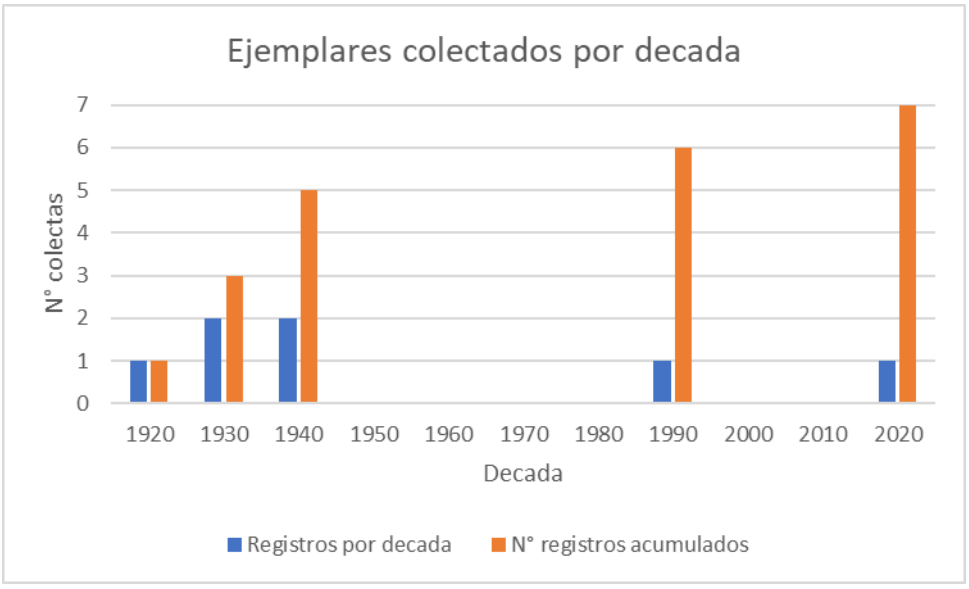


Figura 118. Distribución de presencias de *Spergularia aberrans*.

- Análisis histórico

Esta especie fue colectada por primera vez por Johnston en 1925, y las décadas posteriores fue regularmente colectada. Sin embargo, en las últimas décadas no ha sido abundantemente registrada.



Folio004725

Figura 119. Registros de *Spergularia aberrans* realizados a través del tiempo.

A pesar de que la especie sólo se conocen 6 localidades, sólo se pudo corroborar su presencia en una población, correspondiente al Morro Moreno.

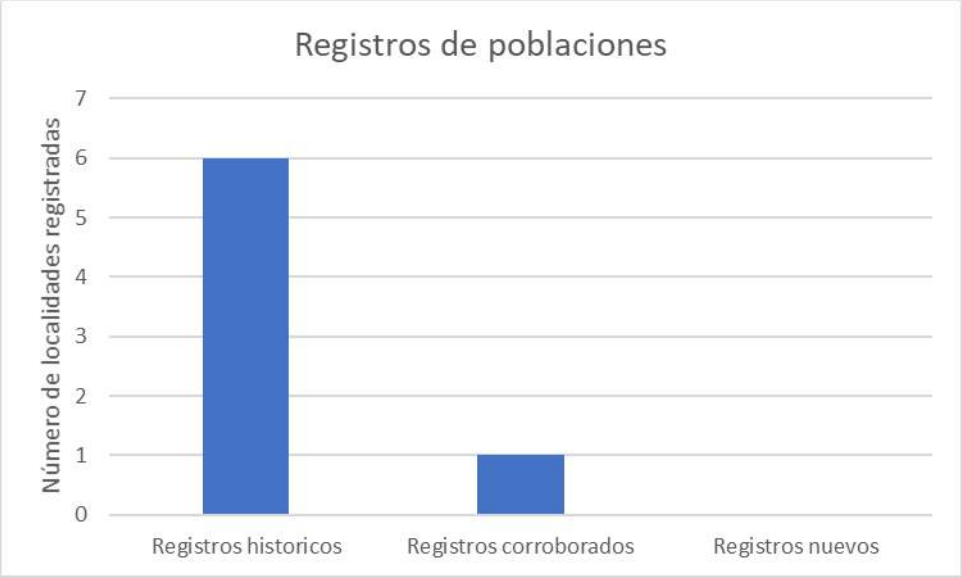


Figura 120. Corroboración de registros en el área de estudio de *Spergularia aberrans*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 121 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la erosión.

Folio004726

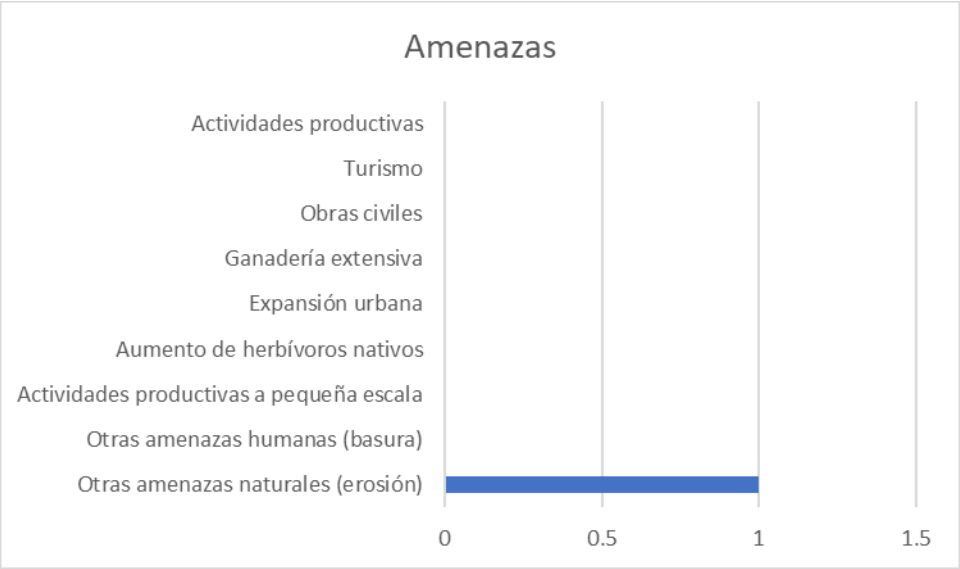


Figura 121. Amenazas registradas para *Spergularia aberrans*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 78.68, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 15.27, por lo que se considera una influencia alta.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004727

22.- *Senecio botijae* C. Ehrh.

Ranking IPM				**22**
Especie	***Senecio botijae*** C. Ehrh.			Distribución
Familia	**Asteraceae**	Categoría de conservación	-	
Número de individuos estimados	**2**	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades	**2**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	**Erosión**	Tendencia de la especie	**Estable**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Folio004728

Esta especie es descrita por Ehrhart (1998), indicándola para la Sección *Xeroxenecio*, subsec. *Microcephali* de la clasificación de Cabrera (1949). No se encuentra en ninguna categoría de conservación.

- Presencia

Hasta este estudio, la presencia de esta especie sólo se conocía para la Quebrada Botija. Sin embargo, durante las campañas de terreno para este estudio, se encontró un individuo de esta especie en la Quebrada La Plata.

Cuadro 52. Localidades de presencia de *Senecio botijae*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Quebrada Botija			Ehrhart y Sonderegger 96/992 (MSB)	1991
2	Quebrada La Plata	343696	7265666	INIA	2020

Fuente: Ehrhart (1998), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie se encontró sólo en la Quebrada La Plata, donde a pesar de una búsqueda exhaustiva, se encontró sólo un individuo. Lamentablemente, en la Quebrada Botija no fue posible encontrarla, y como el descriptor de esta especie en esta localidad (Ehrhart, 1998) no indica la abundancia de la población. Si es que se utiliza la metodología Horvitz-Thompson para estimar abundancia, se calcula que existirían tan solo dos individuos de esta especie.

Folio004729

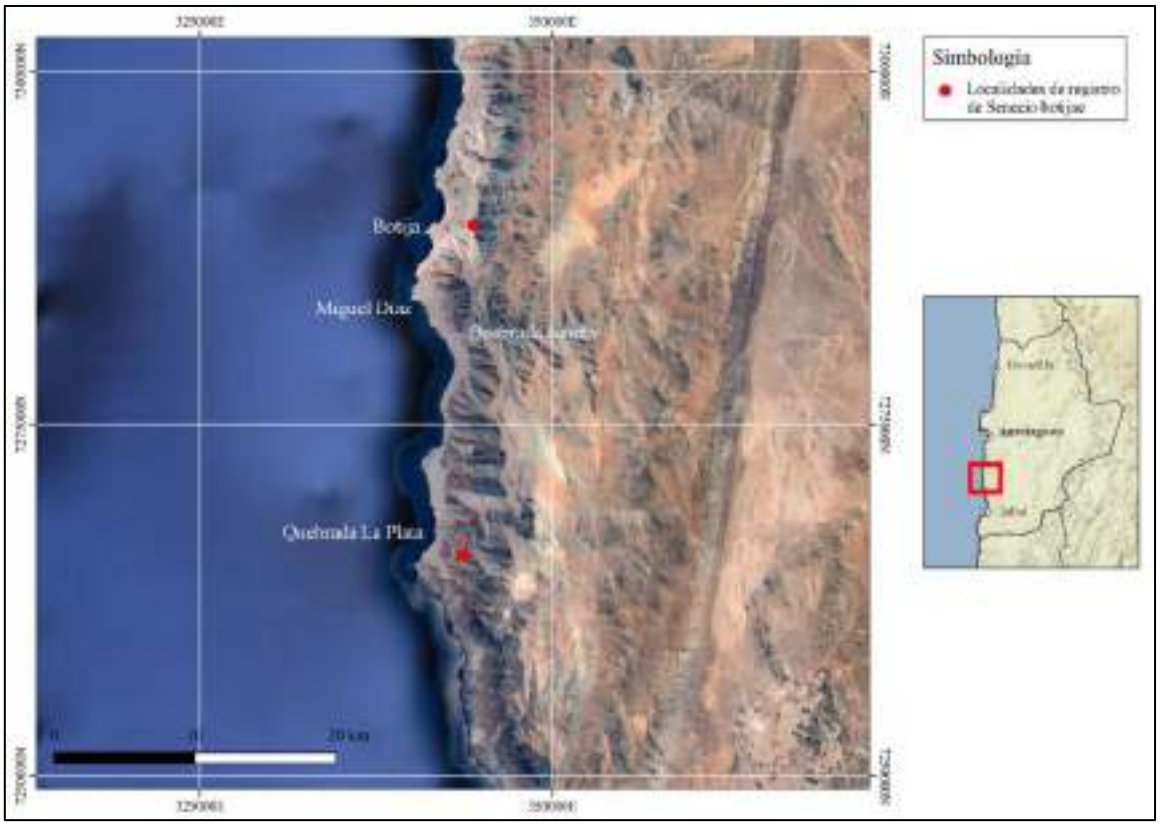
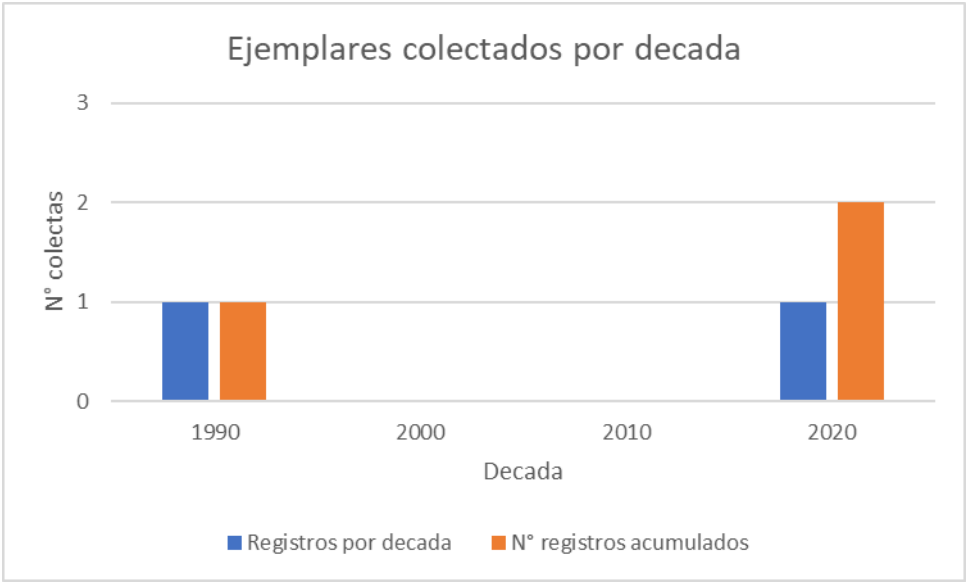


Figura 122. Distribución de presencias de *Senecio botijae*.

- Análisis histórico

Esta especie sólo se había colectado una vez en la década de los noventa. Sin embargo, en el contexto de este estudio, se pudo colectar nuevamente.



Folio004730

Figura 123. Registros de *Senecio botijae* realizados a través del tiempo.

Hasta antes de este proyecto, *Senecio botijae* se conocía solo para la quebrada de Botija. Sin embargo, en este estudio se encontró en una nueva localidad, correspondiente a la quebrada La Plata.

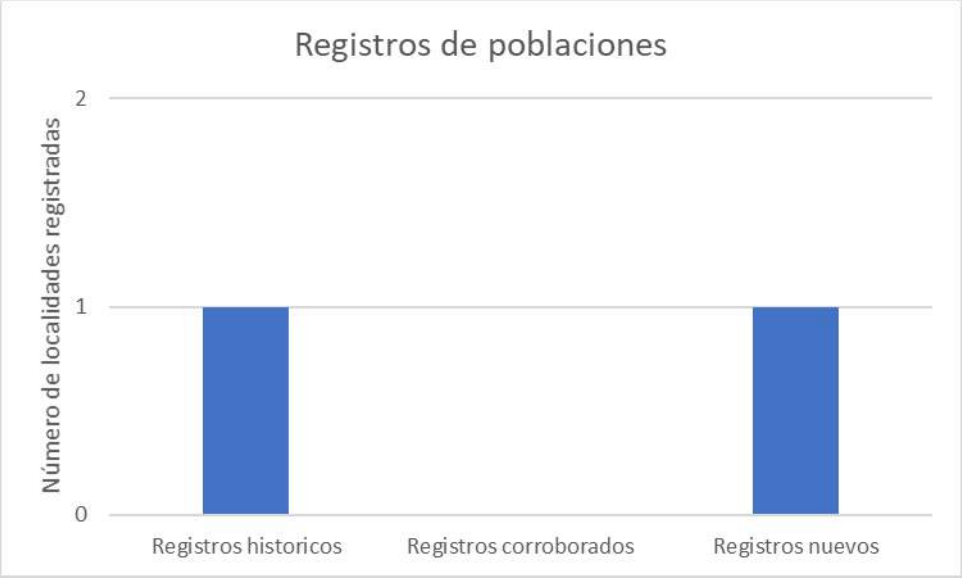


Figura 124. Corroboración de registros en el área de estudio de *Senecio botijae*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 8.76, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 3.33, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS, debido a que la población encontrada sólo cuenta con un individuo.

23.- *Dioscorea cylindrostachya* I.M. Johnst.

Ranking IPM			**23**
Especie	***Dioscorea cylindrostachya*** I.M. Johnst.		Distribución
Familia	**Dioscoreaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**4**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Media**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Fotografía: https://plants.jstor.org/fsi/img/size1/alukaplant/gh/phase_01/gh0005/gh00030385.jpg

Folio004732

Dioscorea cylindrostachya es una especie que se ha considerado como sinónimo de *D. fastigata*, la cual es bastante común en las regiones de Atacama y Coquimbo. Sin embargo, acá se utilizará el criterio de Johnston (1929), el cual considera *D. cylindrostachya* como una especie distinta debido a lo notoriamente distinto de sus inflorescencia, la cual es linear y apretada, a diferencia de *D. fastigata* que tiene una inflorescencia amplia y glomeruliforme.

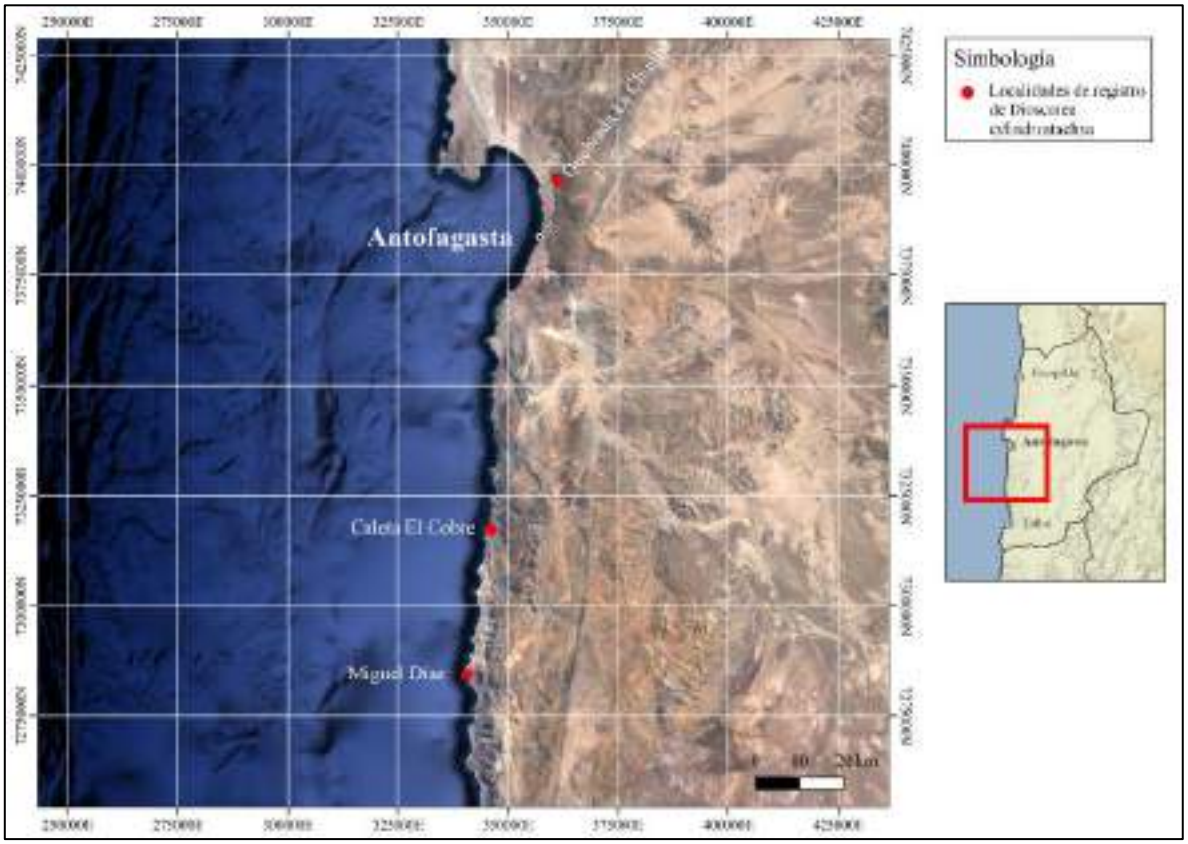
- Presencia

Esta especie se ha colectado sólo entre la ciudad de Antofagasta y el sector de Miguel Díaz. Según Johnston (1929), se encuentra principalmente cercana a la playa, en sitios arenosos.

Cuadro 53. Localidades de presencia de *Dioscorea cylindrostachya*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Antofagasta	-	-	Johnston 3645	1925
2	Quebrada La Chimba	-	-	Johnston 4635 (GH)	1925
3	El Cobre	346494	7317166	M. Quezada y E. Ruiz 121 (SGO)	1991
4	Punta Dos Reyes	-	-	Johnston 5394	1925

Fuente: Johnston (1929), SGO.



Folio004733

Figura 125. Distribución de presencias de *Dioscorea cylindrostachya*.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Lamentablemente esta especie no pudo ser encontrada en el área de estudio. Debido a esto, no se tienen parámetros de abundancia de *Dioscorea cylindrostachya*.

- Análisis histórico

Dioscorea cylindrostachya ha sido colectada casi exclusivamente por Johnston en 1925, a excepción de una colecta en los años noventa. Al parecer, esta especie dependería de las lluvias para poder emerger.

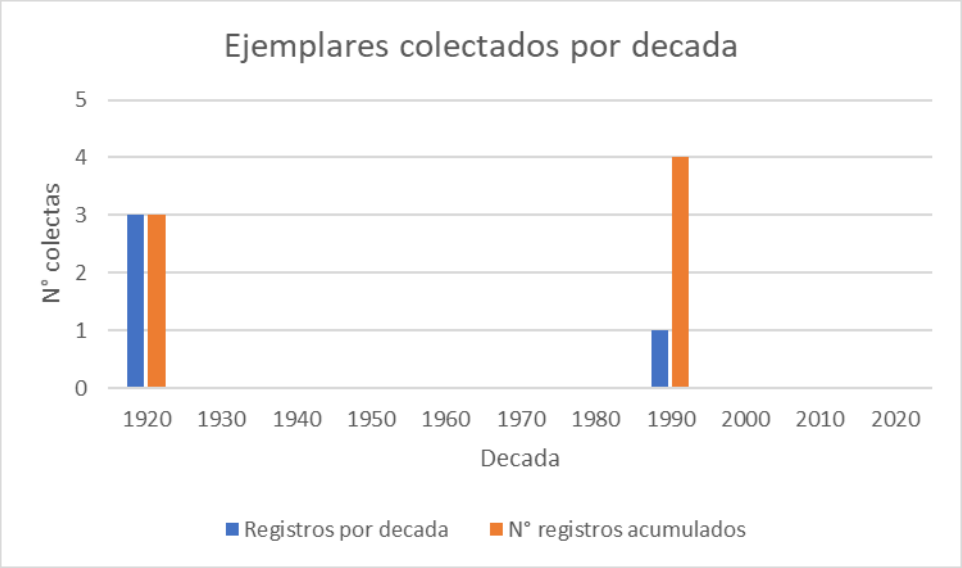


Figura 126. Registros de *Dioscorea cylindrostachya* realizados a través del tiempo.

Lamentablemente, no pudo ser reencontrada esta especie en las localidades citadas en las referencias.

Folio004734

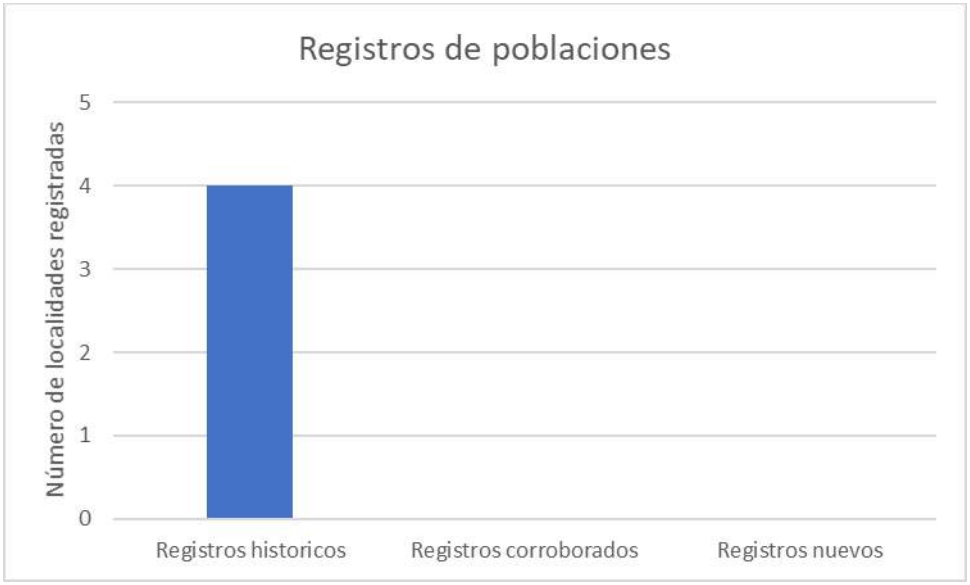


Figura 127. Corroboración de registros en el área de estudio de *Dioscorea cylindrostachya*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 30.65, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 8.91, por lo que se considera una influencia media.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004735

24.- *Griselinia carlomunozii* M. O. Dillon & Muñoz- Schick

Ranking IPM			**24**
Especie	***Griselinia carlomunozii*** M. O. Dillon & Muñoz- Schick		
Familia	**Griseliniaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**5**	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**3**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva**	Tendencia de la especie	**Aumentando**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Distribución

Folio004736

Esta especie es descrita recién en el año 1993, por M. Dillon y M. Múñoz. Es una especie dioica que actualmente se encuentra catalogada “En Peligro” según el DS 50/2008 MINSEGPRES.

- Presencia

Esta especie es muy escasa, existiendo algunos pocos individuos. Según Dillon & Muñoz-Schick (1993), sólo existiría un individuo hembra en El Médano y uno masculino en El Rincón. En el año 2021, el equipo INIA encuentra otra población de esta especie en El Panul, aunque debido a la topografía, es imposible llegar a las plantas para poder determinar si los individuos son pistilados o estaminados.

Cuadro 54. Localidades de presencia de *Griselinia carlomunozii*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Aguada El Panul	345388	7259797	INIA	2021
2	Qda El Médano	-	-	J. Flores 4 (SGO)	1990
3	Qda El Médano	-	-	Quezada, M. & E. Ruiz 335	1991
4	Rinconada	-	-	HOFFMANN 297	1988
5	Rinconada	-	-	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
6	Rinconada	-	-	Dillon, M. O. & D. Dillon 5864	1988
7	Rinconada	-	-	Dillon, M. O.	1991
8	Rinconada	-	-	Múñoz & Johnson 2890 (SGO)	1941
9	Rinconada	-	-	Hoffmann & Flores s.n. (SGO)	1988

Fuente: Dillon & Muñoz-Schick (1993), datos propios.

Folio004737

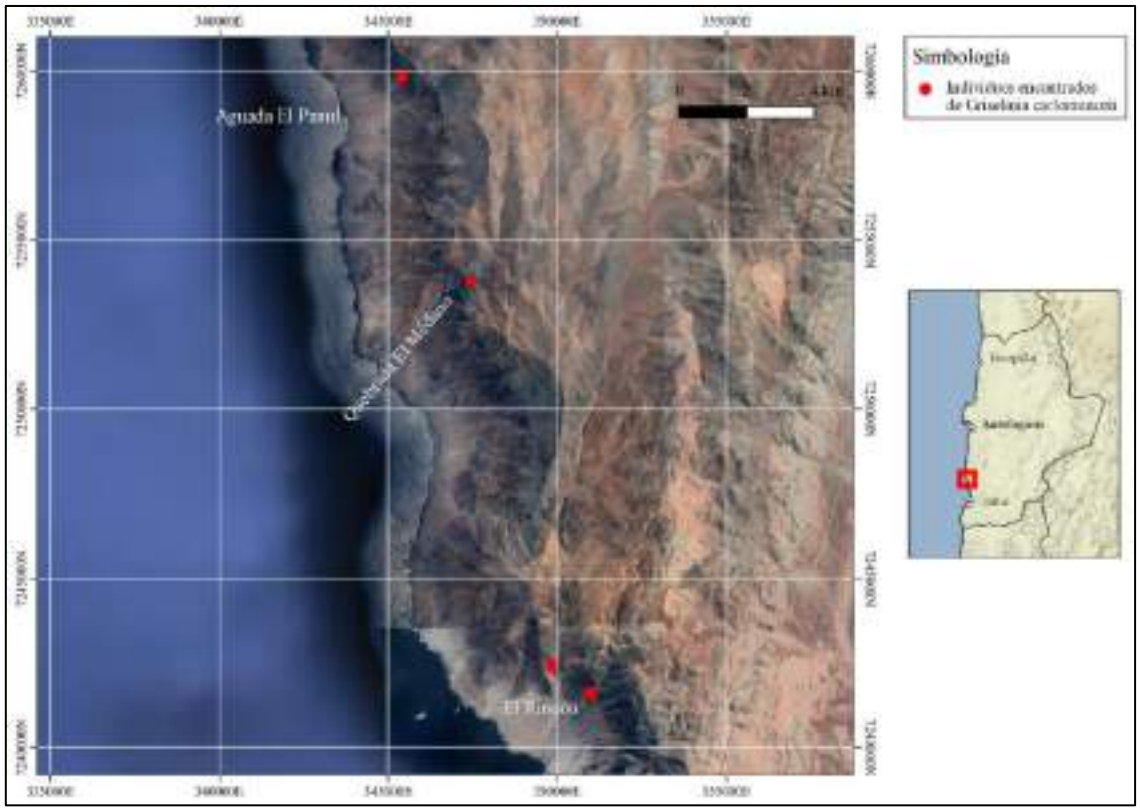


Figura 128. Distribución de presencias de *Griselinia carlomunozii*.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Según Dillon & Muñoz-Schick (1993), esta especie sólo tendría dos individuos conocidos. Los autores registran un individuo masculino en la quebrada El Rincón y otro femenino en la Quebrada El Médano. De manera adicional, en una campaña a terreno en el contexto de este estudio, el equipo INIA encuentra otros dos individuos en una quebrada cercana a la cual Dillon & Muñoz-Schick (1993) reportan el individuo masculino, también en la localidad de El Rincón. Por último, el mismo equipo encuentra (al menos) un individuo en la localidad de El Panul, ampliando así en 6 km la distribución de la especie hacia el norte.

Por lo tanto, existirían 5 individuos de esta especie conocidos hasta el momento.

Folio004738

- Análisis histórico

A pesar de ser colectada por primera vez en la década de los cuarenta, esta especie es redescubierta en los ochenta y descrita recién en los años noventa.

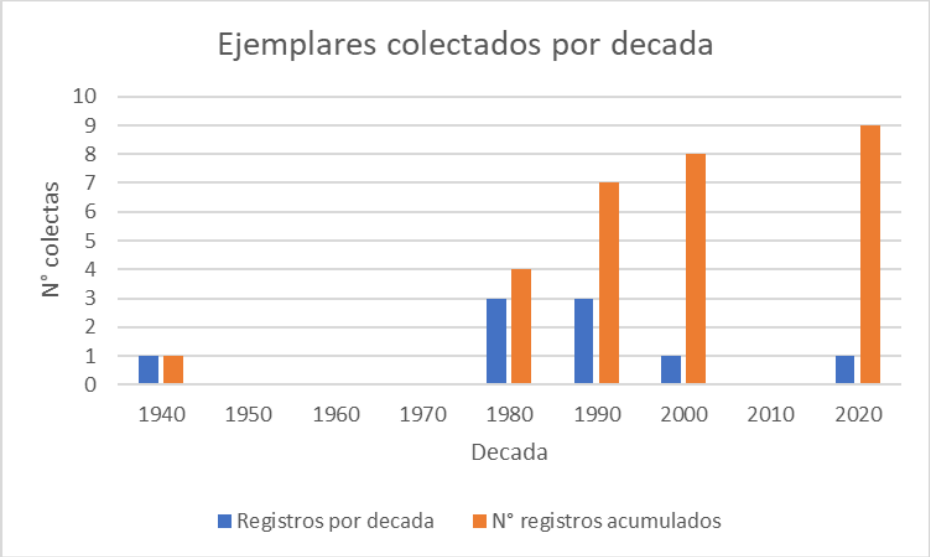
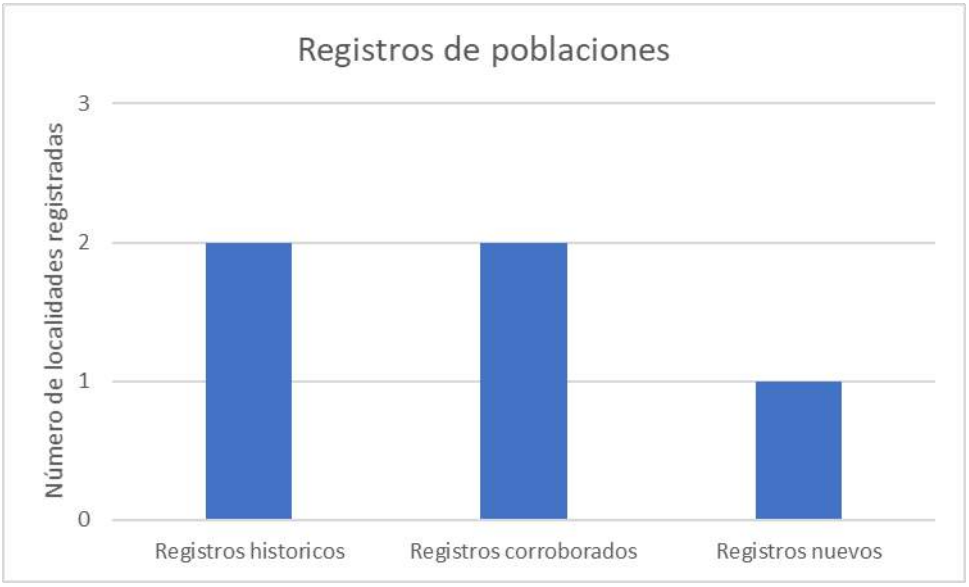


Figura 129. Registros de *Griselinia carlomunozii* realizados a través del tiempo.

Esta especie se registraba sólo para El Rincón y El Médano, localidades en las cuales se pudo corroborar su presencia. De manera adicional, se encontró una localidad adicional, correspondiente a la Aguada El Panul.



Folio004739

Figura 130. Corroboración de registros en el área de estudio de *Griselinia carlomunozii*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

- Amenazas

En la Figura 123 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la ganadería extensiva.

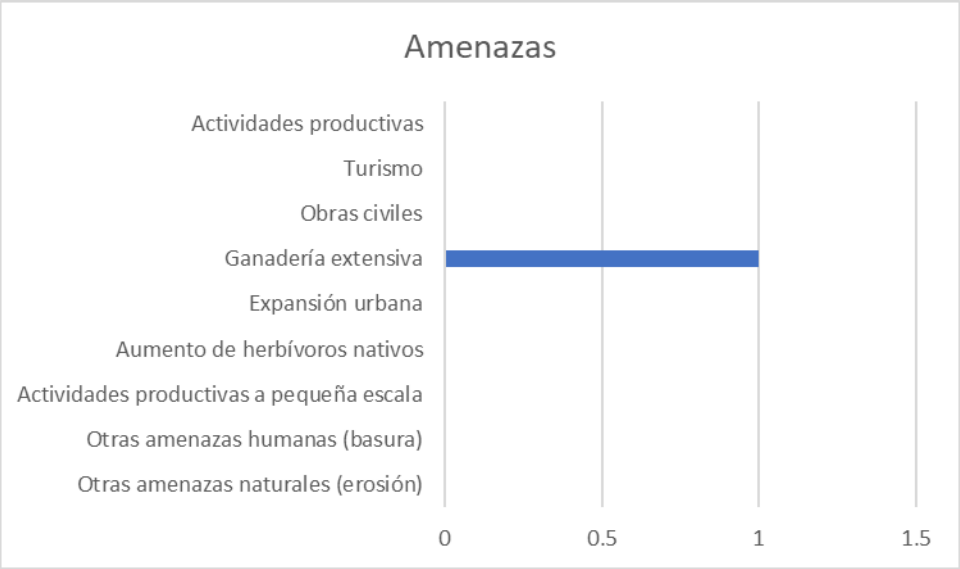


Figura 131. Amenazas registradas para *Griselinia carlomunozii*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 88.9, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 5.2, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004740

25.- *Calceolaria rinconada* Ehrh.

Ranking IPM			**25**
Especie	***Calceolaria rinconada*** Ehrh.		Distribución
Familia	**Calceolariaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**14**	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**7**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Media**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Folio004741

Esta especie es descrita recién en el año 1997, no porque no hubiese sido colectada, sino porque había sido confundida con *C. kingii* o *C. racemosa*. Es muy escasa, siendo colectadas pocas veces en la zona de estudio.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre el área de la ciudad de Antofagasta hasta Taltal. Al parecer, estaría restringida a la zona de incidencia de la niebla.

Cuadro 55. Localidades de presencia de *Calceolaria rinconada*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Morro Moreno	-	-	Barros 3523 (CONC)	1941
2	Quebrada La Chimba	-	-	Barros 3523 (CONC)	1941
3	Miguel Díaz	-	-	Richter 94/6 (M)	1994
4	Quebrada del Médano	-	-	Pisano & Bravo 401 (SGO)	1941
5	El Rincón	-	-	Muñoz & Johnson 2863 (SGO)	1941
6	El Rincón	-	-	Muñoz & Johnson 2872 (SGO)	1941
7	Quebrada La Oveja	354429	7220681	INIA	2006
8	Quebrada La Oveja	354419	7220604	INIA	2011
9	Quebrada Taltal	-	-	Worth & Morrison 16102 (G)	1938

Fuente: Ehrhart (1997), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie ha sido registrada en 7 localidades hasta ahora. En las campañas de terreno, no fue posible encontrarla en ninguno de los sitios indicados, a excepción de la población de Miguel Díaz. En este lugar, a pesar de una búsqueda exhaustiva, sólo pudieron encontrarse dos individuos en toda la localidad. Si se usa el estimador Horvitz-Thompson a partir de estos parámetros, se puede asegurar que existen sólo 14 individuos de esta especie.

Folio004742

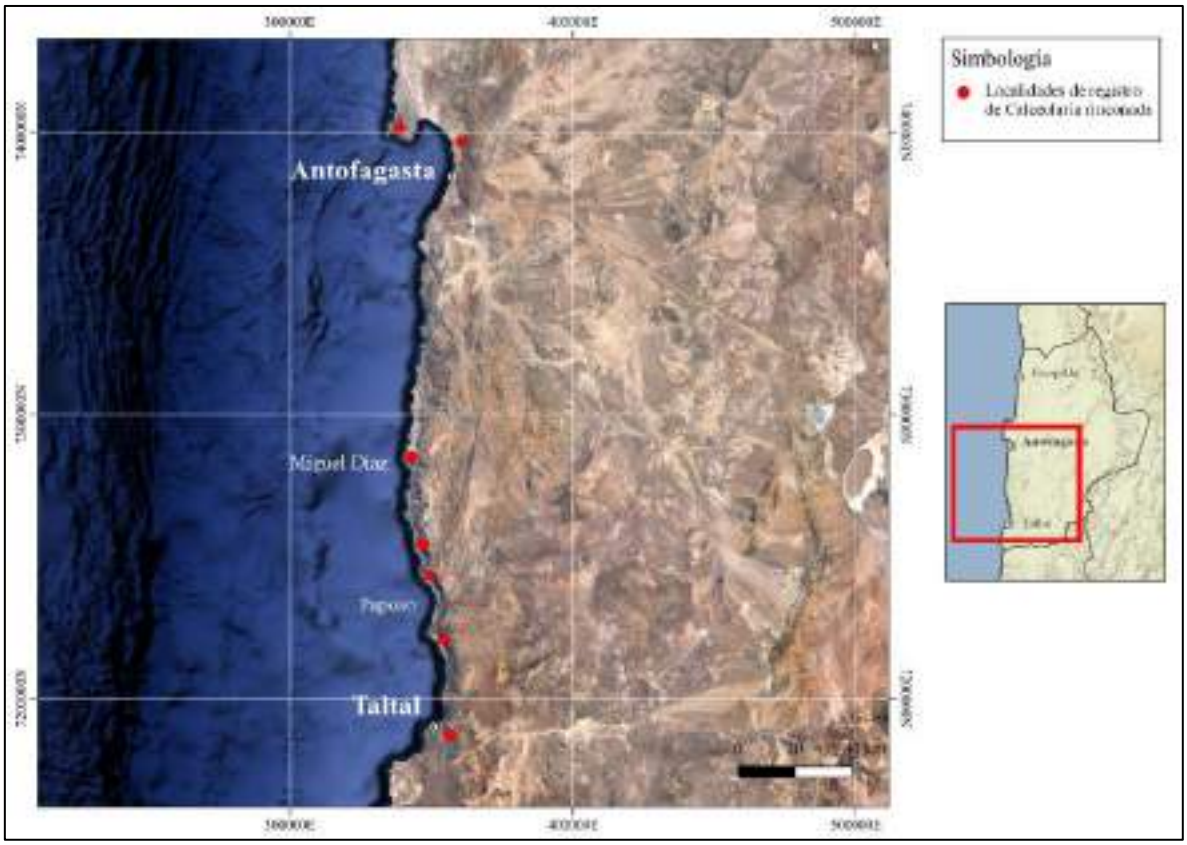


Figura 132. Distribución de presencias de *Calceolaria rinconada*.

- Análisis histórico

Tras las primeras colectas, esta especie ha sido continuamente registrada en las últimas décadas.

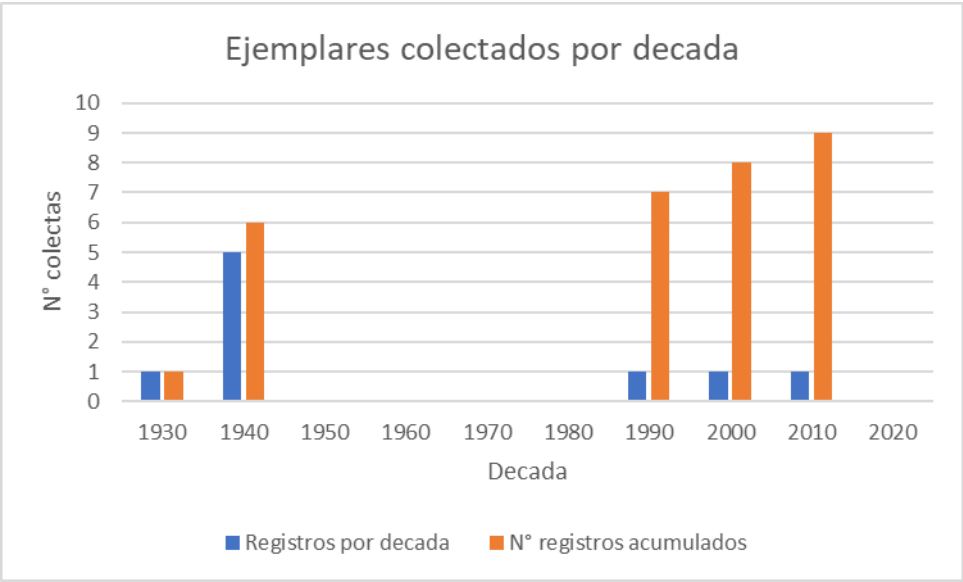


Figura 133. Registros de *Calceolaria rinconada* realizados a través del tiempo.

Folio004743

De las 7 localidades previamente registradas, sólo se pudo corroborar la presencia de la población en Miguel Díaz.

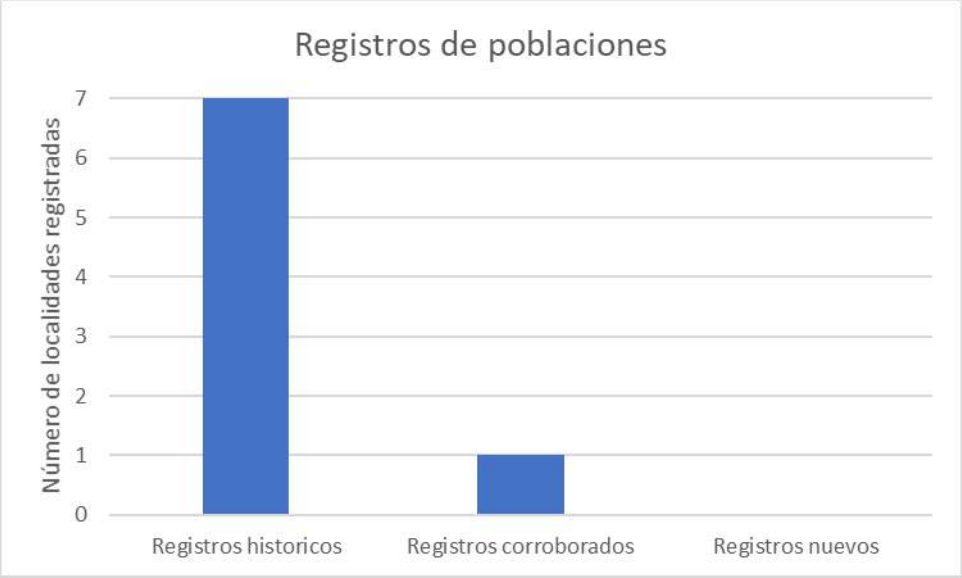


Figura 134. Corroboración de registros en el área de estudio de *Calceolaria rinconada*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 59.76, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 9.02, por lo que se considera una influencia media.

- Conservación en el BBS

En el BBS se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB482), proveniente de la Quebrada de La Oveja.

26.- *Bipinnula taltalensis* I. M. Johnst.

Ranking IPM			**26**
Especie	***Bipinnula taltalensis*** I. M. Johnst.		Distribución
Familia	**Orchidaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**2**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Fotografía: https://plants.jstor.org/fsi/img/size1/alukaplant/sgo/phase_01/sgo0006/sgo000001356.jpg

Esta especie pareciera ser de las más raras de la costa de Antofagasta, ya que sólo se ha encontrado muy pocas veces. De acuerdo con Novoa et al. (2015), a pesar de crecer exclusivamente en sitios con alta incidencia de niebla, necesita precipitaciones significativas para desarrollarse, por lo que se puede observar sólo los años en que llueve. Esta especie se encuentra catalogada como “En Peligro” según el DS 50/2008 MINSEGPRES.

- Presencia

Esta especie se ha colectado tan solo dos veces. La primera colecta fue realizada en Miguel Díaz, mientras que la segunda fue cercana a Paposo, en la quebrada Las Minitas.

Cuadro 56. Localidades de presencia de *Bipinnula taltalensis*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Vicinity Of Aguada De Miguel Diaz			Johnston 5372 (S)	1925
2	Quebrada Las Minitas			G. Gutiérrez	1993

Fuente: Gutiérrez (2005), Johnston (1929)

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

De esta especie se conocen sólo dos registros. Lamentablemente, no fue posible encontrarla durante las campañas a terreno. Sin embargo, Gutiérrez (2005), quien encuentra la población en la Quebrada Las Minitas, indica que sólo se encontraron dos ejemplares. Si se calcula la abundancia usando el estimador Horvitz-Thompson, se obtiene que sólo existen 4 individuos.

- Análisis histórico

Esta especie es muy rara debido a que sólo aparece en años muy húmedos. Sólo ha sido encontrada dos veces.

Folio004746

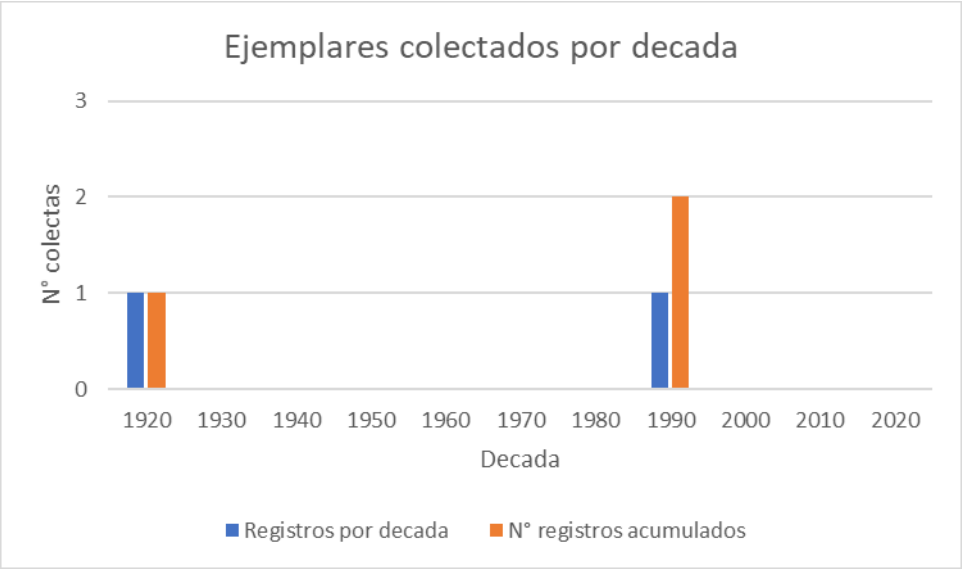


Figura 135. Registros de *Bipinnula taltalensis* realizados a través del tiempo.

De las dos poblaciones conocidas de esta especie, no se ha podido encontrar ninguna de las poblaciones conocidas.

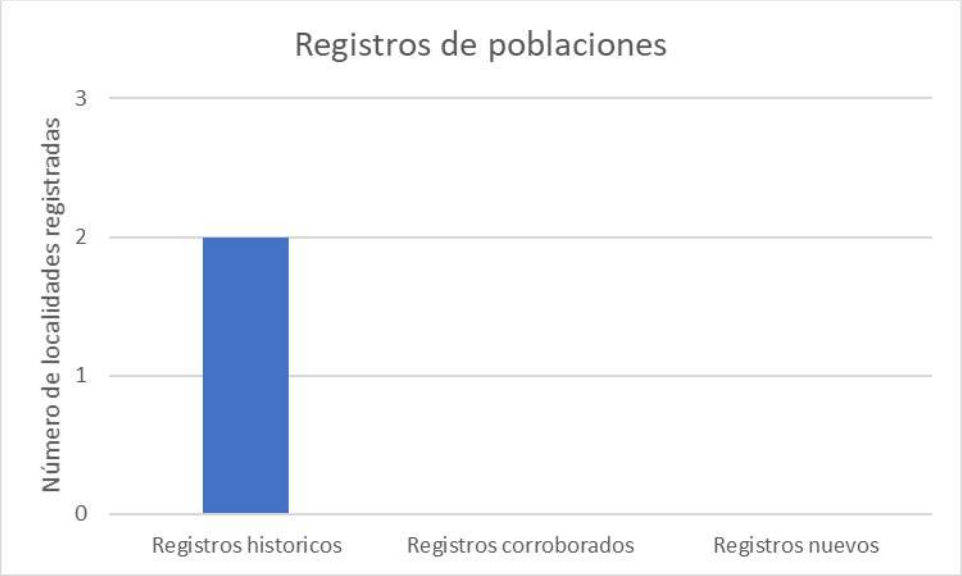


Figura 136. Corroboración de registros en el área de estudio de *Bipinnula taltalensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004747

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 60.68, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.2, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

En el BBS se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB482), proveniente de la Quebrada de La Oveja.

Folio004748

27.- *Copiapoa humilis* subsp. *tenuissima* (F. Ritter) G. Charles

Ranking IPM				**27**
Especie	***Copiapoa humilis* subsp. *tenuissima*** (F. Ritter) G. Charles			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**	
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades	**5**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Este taxon, al ser una subespecie de *C. humilis*, se encuentra en categoría "Vulnerable" según el DS 19/2012 MMA.

- Presencia

Esta especie ha sido colectada desde el norte de Antofagasta hasta Caleta Blanco Encalada. Lamentablemente, no se pudo obtener coordenadas para ninguna de las colectas incluidas en la Cuadro 57. Existen registros al norte de la ciudad de Antofagasta, al sur de la misma ciudad, en Caleta El Cobre, Blanco Encalada, y Caleta Botija.

Cuadro 57. Localidades de presencia de *Copiapoa humilis* subsp. *tenuissima*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	North Of Antofagasta, Mountains Near Coast	-	-	Friedrich Ritter FR 539	1956
2	Near Antofagasta, Chile	-	-	International Succulent Introductions (previously International Succulent Institute) ISI 992	-
3	South Of Antofagasta, Mountains	-	-	Friedrich Ritter FR 540	1956
4	25 km South Of Antofagasta	-	-	Wolfgang Colotti WCO 213	-
5	East Of El Cobre	-	-	Alan William Craig AWC 272, 711, 876	-
6	Punta Cobre 100-150M	-	-	Alfred Bernhard Lau L 876	-

Folio004749

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
7	El Cobre, 500 M	-	-	Andrea Piombetti APT 111	-
8	Blanco Encalada	-	-	Andrea Piombetti APT 112	-
9	Caleta El Cobre Se	-	-	Baldur Cornely BC 73	-
10	El Cobre, Chile	-	-	Edward (Ed George Gay and Betty Gay EG 4391	-
11	El Cobre	-	-	Fred (Friedrich Kattermann FK 779, 1079	-
13	El Cobre. Chile 500M	-	-	Graham Charles GC 293.03, 738.03	-
14	Caleta Botija, 150 M	-	-	Grzegorz Matuszewski GM 1411	-
15	El Cobre, 700 M	-	-	Ignazio Blando BIG 186	-
16	El Cobre E 5Km	-	-	Isabella, Carlo Doni D 65, 66	-
17	El Cobre, 660 M	-	-	Marco Giani MGi 10.1	-
18	Road Descending To El Cobre, 560-660M	-	-	Paul Hoxey PH 251.02	-
19	Coastal Hills On Road To Mina Nora, El Cobre, 830M	-	-	Paul Hoxey PH 655.04	-
20	El Cobre, Chile 650M	-	-	Roger M. Ferryman RMF 318	-
21	Oestl. El Cobre	-	-	Wendelin Mächler WM 176	-
22	Blanco Encalada, Caleta	-	-	Ritter	-

Fuente: Biota (2018)

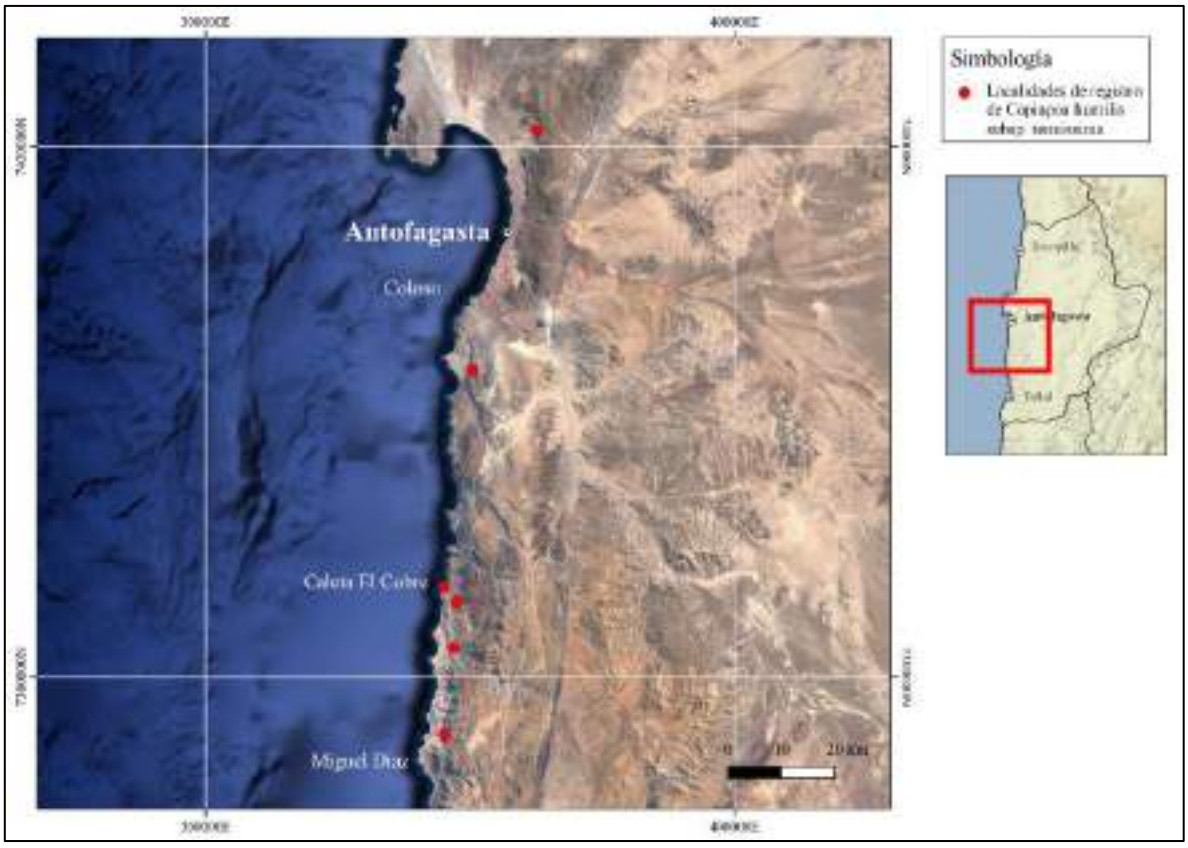


Figura 137. Distribución de presencias de *Copiapoa humilis* subsp. *tenuissima*.

Folio004750

- Distribución potencial

Debido a que los puntos citados por Biota (2018) no incluyen coordenadas, no fue posible realizar una modelación de nicho. A pesar de que se citan localidades, se prefirió no basarse en el nombre topográfico para asignar una coordenada especifica.

- Abundancia

Esta especie no ha podido ser encontrada en las campañas a terreno. Debido a esto, sumado a que la literatura no indica números de individuos de las poblaciones, no fue posible calcular su abundancia debido a la falta de estos parámetros.

- Análisis histórico

A pesar de que Biota (2018) indica varios registros de este taxón, sólo se cuenta con el registro del ejemplar tipo colectado por F. Ritter en 1956.

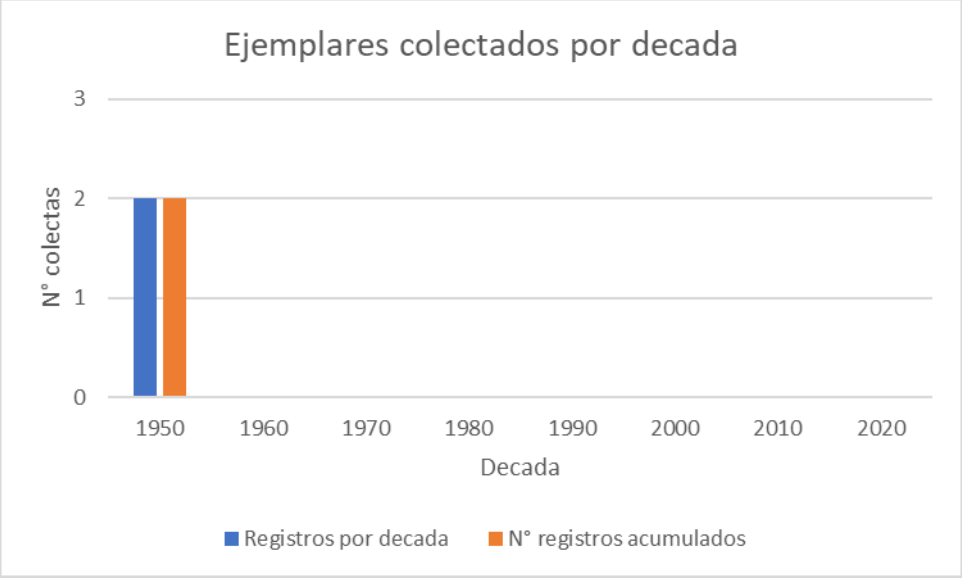


Figura 138. Registros de *Copiapoa humilis* subsp. *tenuissima* realizados a través del tiempo.

Folio004751

De las cinco localidades en que se ha registrado, no se pudo corroborar la presencia de este taxón.

Figura 139. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa humilis* subsp. *tenuissima*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 30.79, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 6.65, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Este taxón no se encuentra conservado en el BBS.

28.- *Nolana lachimbensis* M. O. Dillon & Luebert

Ranking IPM				**28**
Especie	***Nolana lachimbensis*** M. O. Dillon & Luebert			Distribución
Familia	**Solanaceae**	Categoría de conservación	-	
Número de individuos estimados	**257.831**	Superficie estimada (m^2)	**810.000**	
Número de localidades	**2**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy alta**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Estable**	
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**2**	

Folio004753

Esta especie es descrita por Dillon et al. (2007), designando como tipo una población de plantas con hojas cubiertas de pelos simples. En la misma publicación, se hace alusión a otras poblaciones de plantas con hojas cubiertas de pelos estrellados. Al igual que en la publicación original, se considerará estas dos formas como pertenecientes a *N. lachimbensis*.

- Presencia

Esta especie ha sido registrada tan sólo en dos localidades, distanciadas por sólo 20 km. En la Cuadro 58 se indican las presencias registradas. En la Quebrada La Chimba se encuentran poblaciones de la especie con pelos simples, mientras que la población del Morro Moreno se encuentran las poblaciones de plantas con pelos estrellados.

Cuadro 58. Localidades de presencia de *Nolana lachimbensis*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Morro Moreno	337753	7401637	Luebert & García 2591/895	2005
2	Morro Moreno	337753	7401637	INIA	2021
3	La Chimba	361259	7396282	M.O. Dillon & M. Finger C. 8591	2004
4	La Chimba	361259	7396282	INIA	2020

Fuente: Dillon et al. (2007)

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Para estimar la abundancia de esta especie, se marcaron los sitios de presencia en ambas localidades donde se encuentra *Nolana lachimbensis*. Debido a que es algo dominante en estos lugares, no se pudo censar cada individuo, sino que se estimó su densidad a partir de parcelas de muestreo. A través de estos, se determinó que hay 7,25 ± 3,4 individuos por parcela de muestro de diámetro de 12 m. Mediante los datos tomados, se determinó que la especie se encuentra presente en nueve grillas de 300 x 300 m. En esta superficie, se estima que existe un total de 257.831 individuos en 810.000 m^2.

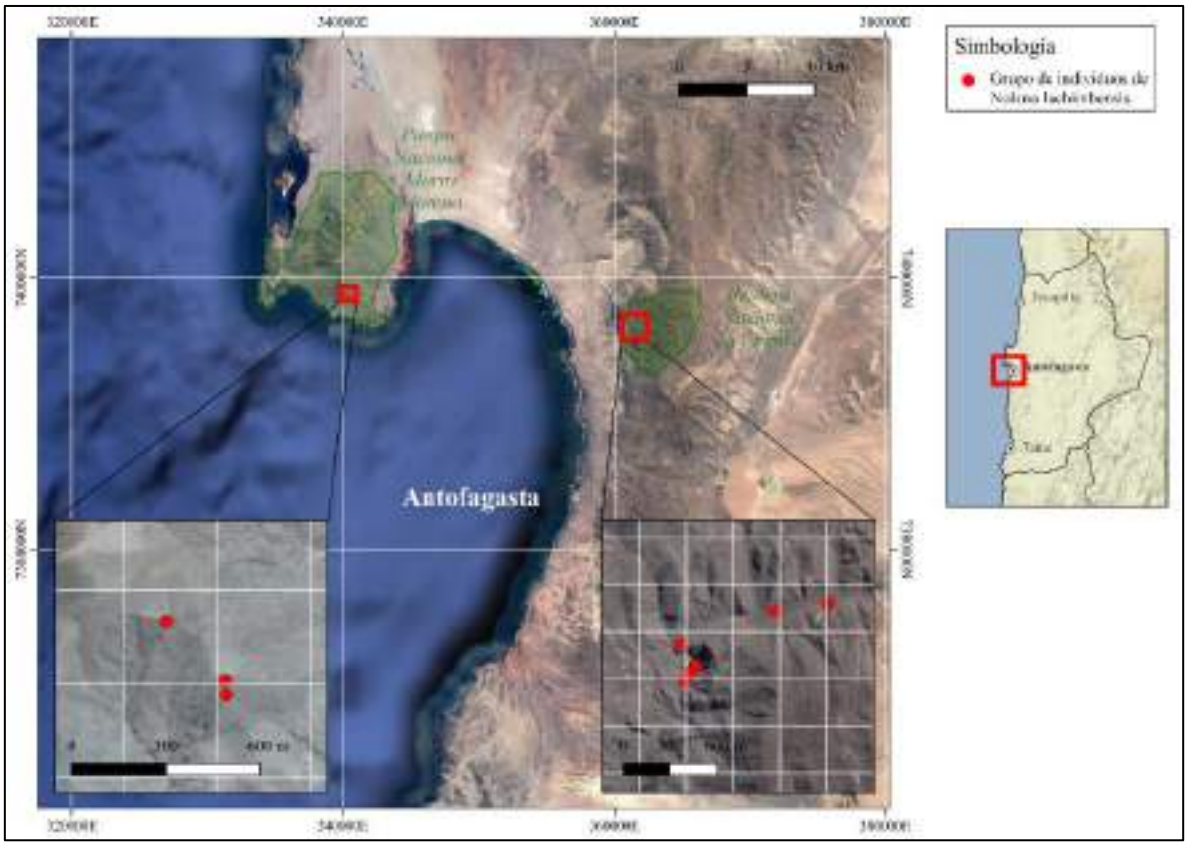


Figura 140. Distribución de presencias de *Nolana lachimbensis*.

- Análisis histórico

Esta especie tiene muy pocos registros debido a que fue colectada por primera vez recién en la década del 2000.

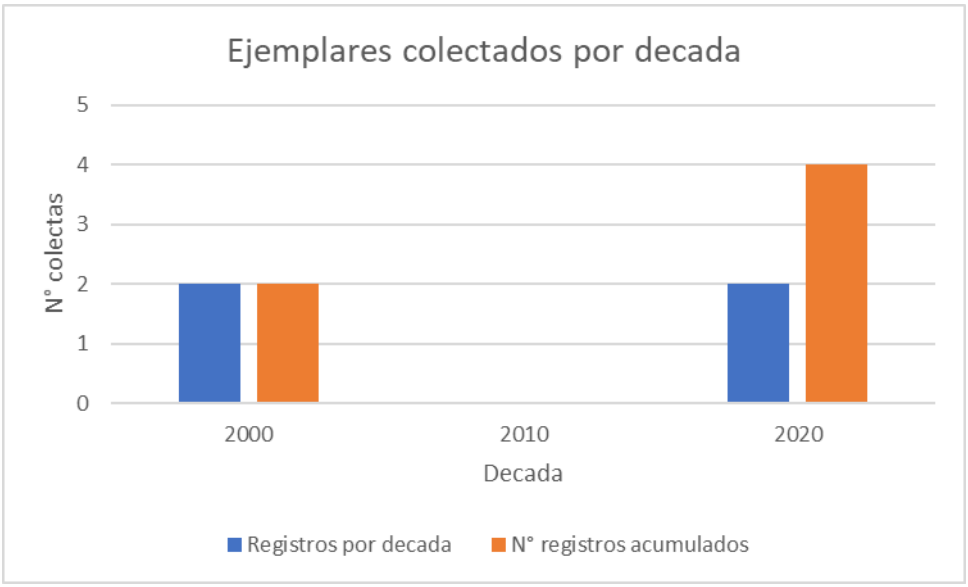


Figura 141. Registros de *Nolana lachimbensis* realizados a través del tiempo.

Folio004755

Ambas localidades en que la especie es registrada, pudieron ser corroboradas en los sitios en que fueron colectadas.

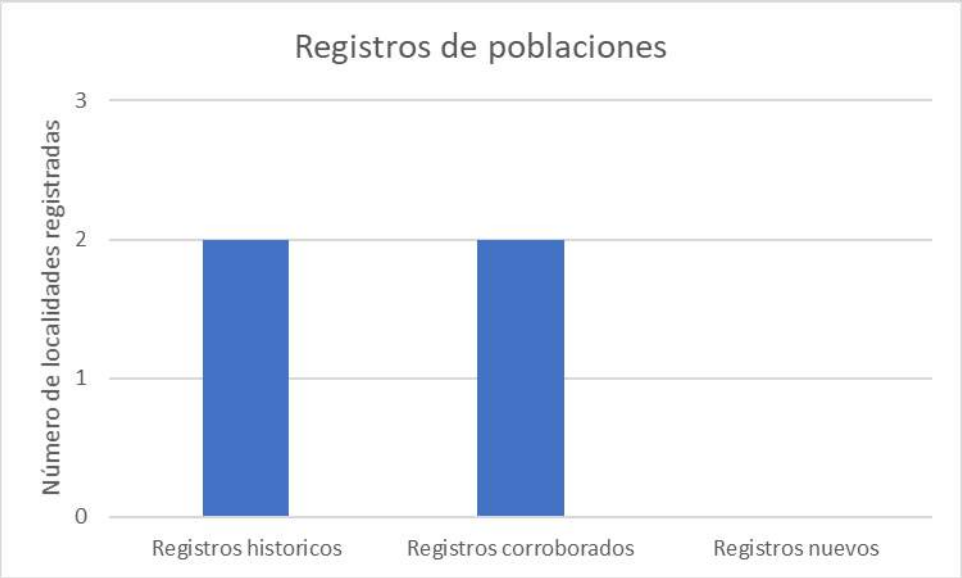


Figura 142. Corroboración de registros en el área de estudio de *Nolana lachimbensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

- Amenazas

En la Figura 143 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la erosión.

Folio004756

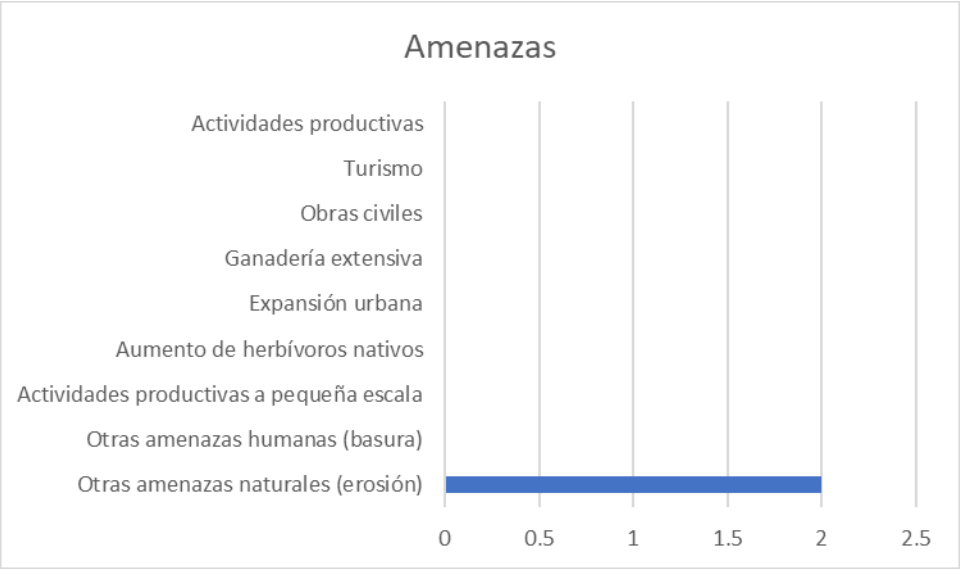


Figura 143 Amenazas registradas para *Nolana lachimbensis*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 51.43, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 21.37, por lo que se considera una influencia muy alta.

- Conservación en el BBS

En el BBS se encuentran conservadas dos accesiones de esta especie (BB1514 y BB1530), provenientes de las poblaciones de La Chimba y el Morro Moreno respectivamente, las dos únicas localidades conocidas.

Folio004757

29.- *Eriosyce recondita* (F. Ritter) Katt.

Ranking IPM			**29**
Especie	***Eriosyce recondita*** (F. Ritter) Katt**.**		Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**33.186**	Superficie estimada (m^2)	**2.500.000**
Número de localidades	**2**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy alta**
Amenaza más frecuente	**Erosión**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio004758

Corresponde a una cactácea geófita, considerada en categoría “Vulnerable” según el DS 33/2011 MMA.

- Presencia

Al igual que la especie anterior, *E. recondita* se encuentra distribuida sólo en la Quebrada La Chimba y el Morro Moreno, estos distanciados por sólo 20 km. Ambas localidades se observan en la Cuadro 59.

Cuadro 59. Localidades de presencia de *Eriosyce recondita*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Laderas Cordón Oeste, Morro Moreno (Terreno Nov 2004)	340257	7403038	Faúndez, L. & Torres-Mura, J.C.	2004
2	Inv 3 - Línea Cumbres Redondeadas del Morro Moreno	340257	7402476	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
3	Cerro Moreno; 300M	-	-	Karel Knize KK 1787	-
4	Morro Moreno	338148	7401352	INIA	2020
5	Antofagasta, La Chimba	-	-	Friedrich Ritter FR 204	1960

Fuente: Biota (2018), Ritter (1980)

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie fue censada en el Morro Moreno, donde se contabilizaron 1,5 ± 0,71 individuos por parcela de 12 metros de diámetro. Considerando para esto grillas de 500 x 500, se estiman 3318 individuos por grilla. Debido a que la especie está en 8 grillas, se estima que existen 33.186 individuos en 2.500.000 m^2.

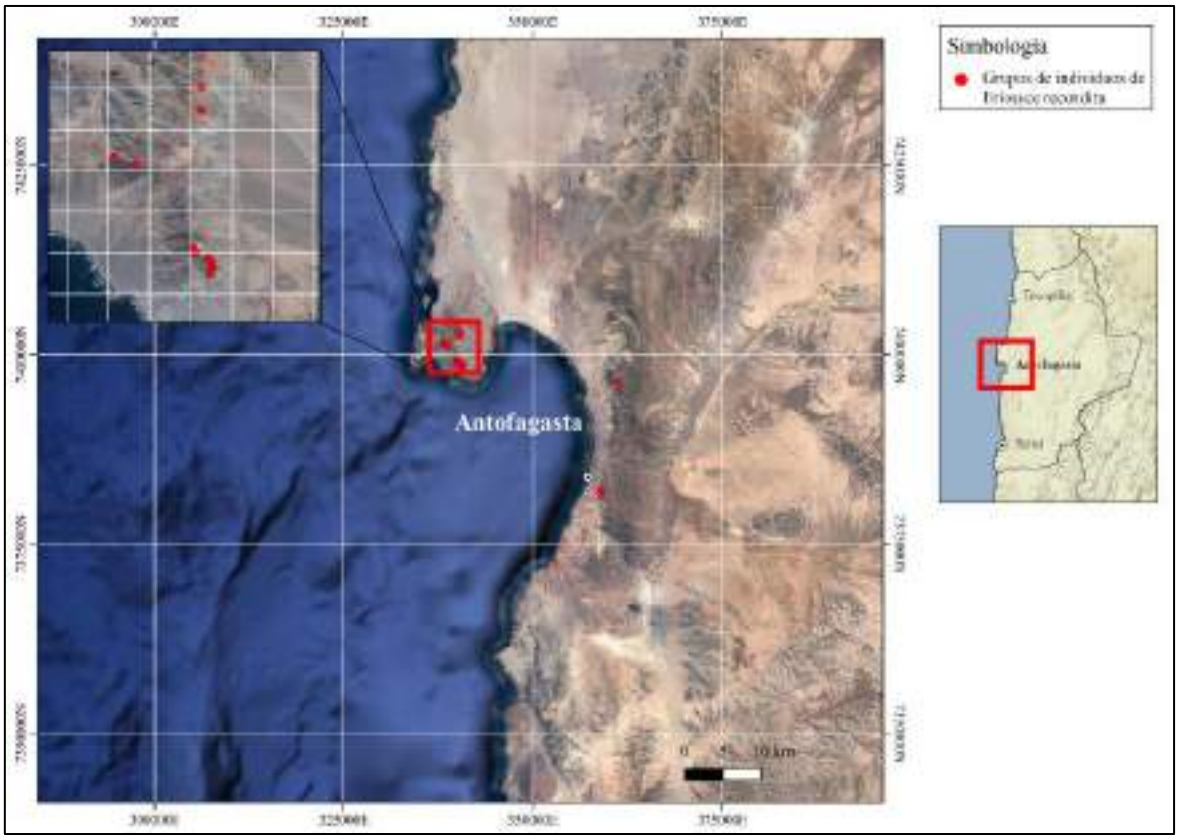
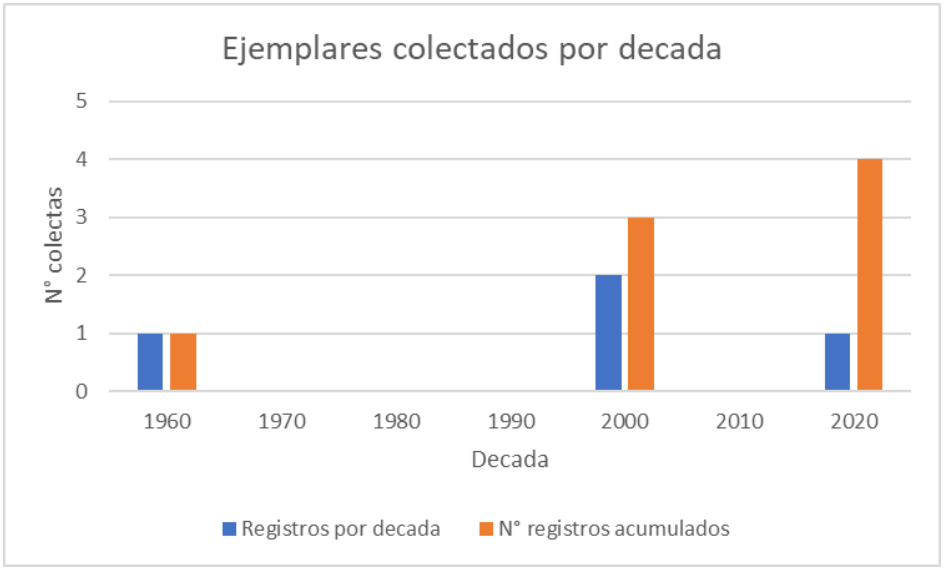


Figura 144. Distribución de presencias de *Eriosyce recondita*.

- Análisis histórico

A pesar de que la especie se colecto por primera vez en 1960, no se han encontrado registros antes de esa colecta hasta la década de los 2000.



Folio004760

Figura 145. Registros de *Eriosyce recondita* realizados a través del tiempo.

De ambas localidades en que se ha registrado la especie, esta especie sólo pudo ser observada en el Morro Moreno.

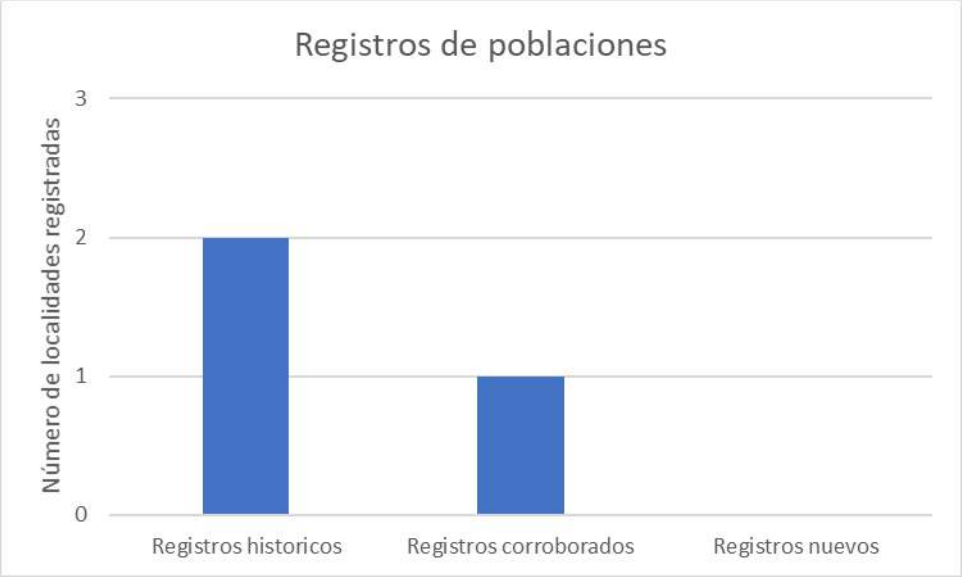


Figura 146. Corroboración de registros en el área de estudio de *Eriosyce recondita*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 147 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la erosión.

Folio004761

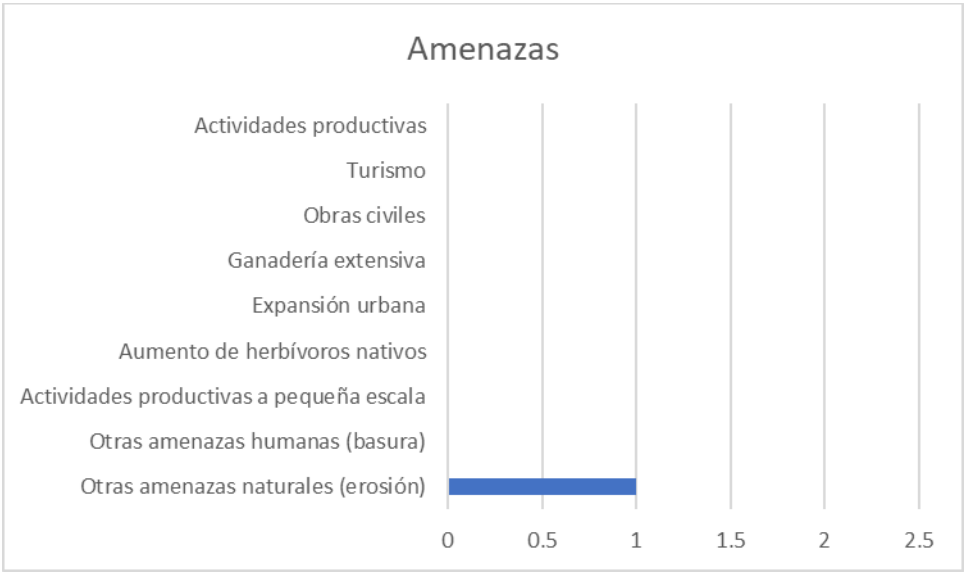


Figura 147 Amenazas registradas para *Eriosyce recondita*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 27.7, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 20.36, por lo que se considera una influencia muy alta.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004762

30.- *Palaua modesta* Reiche

Ranking IPM				**30**
Especie	***Palaua modesta*** Reiche			Distribución
Familia	**Malvaceae**	Categoría de conservación	**-**	
Número de individuos estimados	**42.481.932**	Superficie estimada (m^2)	**107.094.784**	
Número de localidades	**8**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa a las 8:00 pm**	
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	**Obras civiles y erosión**	Tendencia de la especie	**Aumentando**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Folio004763

Corresponde a una especie rastrera que se encuentra en sitios con alta incidencia de humedad. Generalmente se encuentra en quebradas, creciendo entre las rocas.

- Presencia

Esta especie se encuentra desde Miguel Díaz hasta la Quebrada de Taltal. Esta especie se ha colectado en Miguel Díaz, Aguada El Panul, El Médano, El Rincón, Paposo, Quebrada La Oveja, Aguada Cachinalcito y Quebrada Taltal. El listado de colectas se observa en la Cuadro 60.

Cuadro 60. Localidades de presencia de *Palaua modesta.*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Miguel Díaz	-	-	Philippi s.n.	1853
Miguel Díaz	-	-	Johnston 5362	1925
Aguada El Panul	345367	7259810	INIA	2021
Quebrada El Médano	346435	7253126	INIA	2020
El Rincón	-	-	Johnston 5500	1925
Paposo	-	-	Philippi s.n.	1853
Quebrada La Oveja	645718	7220178	INIA	2005
Aguada Cachinalcito	-	-	Johnston 5185	1925
Quebrada Taltal	-	-	Philippi s.n.	1853

Fuente: Johnston (1929), Philippi (1860), datos propios.

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Palaua modesta* (Figura 148), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.999. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la humedad promedio a las 8:00 pm (Figura 149). Se observa que P. modesta alcanza el 90% de presencia en lugares que a las 8:00 pm la humedad presenta una humedad relativa promedio del 100%.

Folio004764

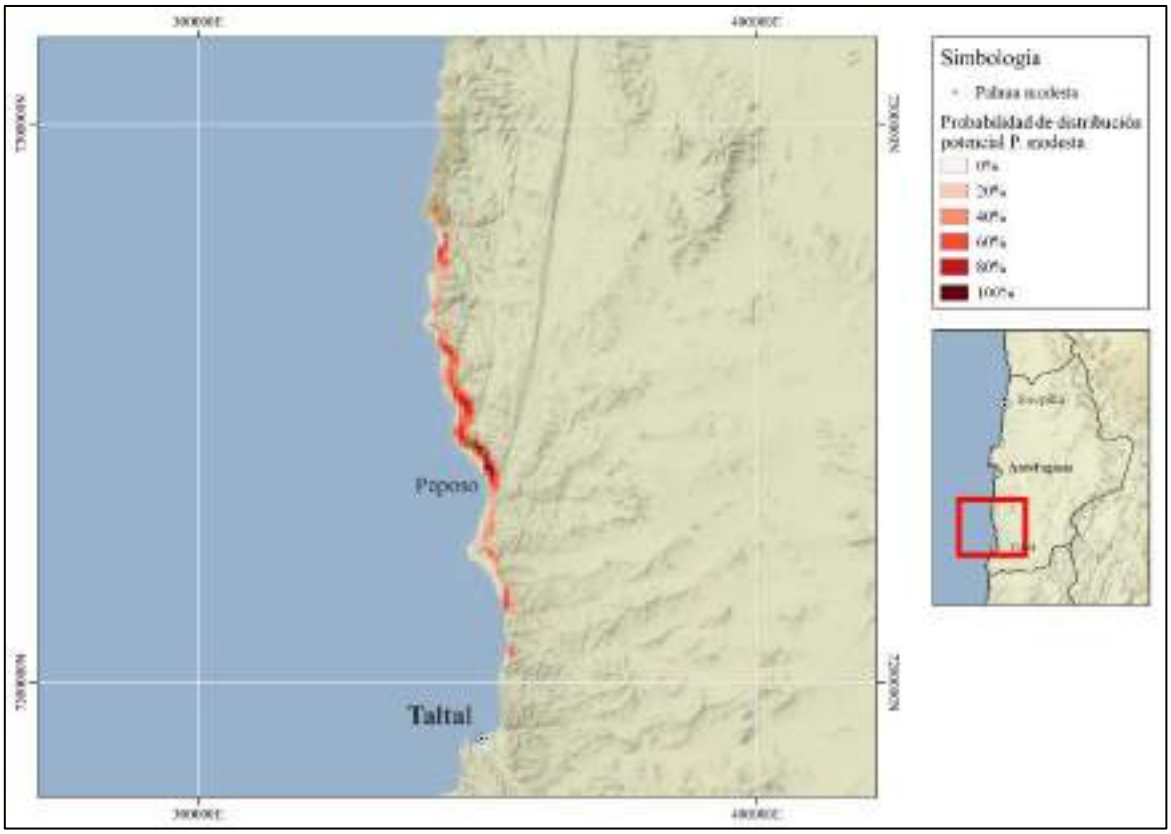


Figura 148. Modelación de nicho obtenida para *Palaua modesta*..

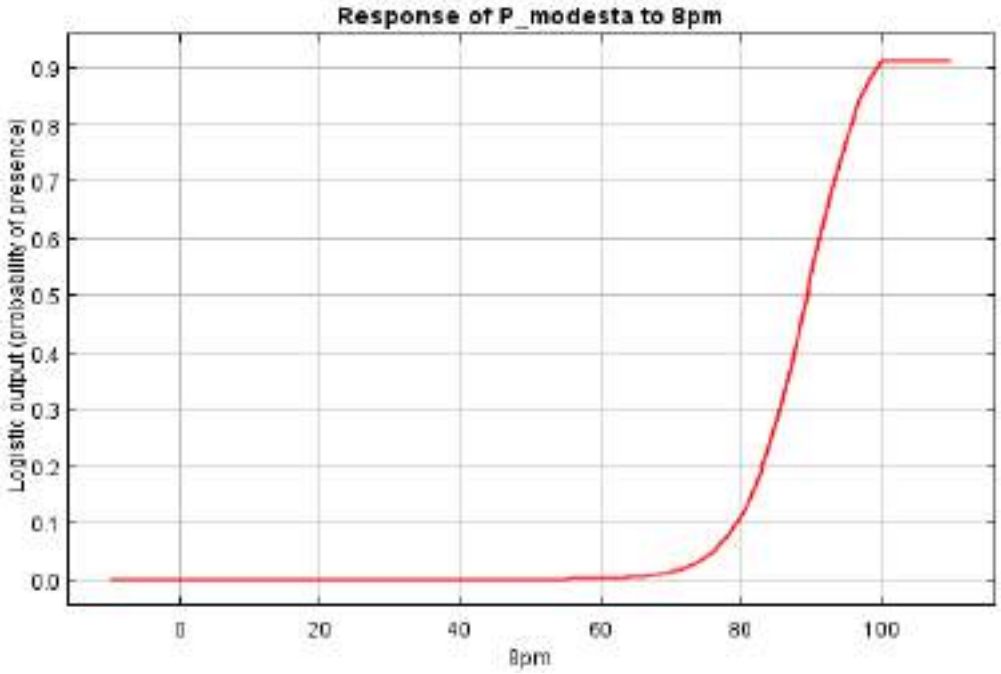


Figura 149. Respuesta de *P. modesta* a la variable 8pm, correspondiente a la humedad relativa a las 8:00 pm.

Folio004765

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 119 ± 193,14 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.
Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.377 (p = 2.246E-6). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 107.094.784 m^2.
Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 42.481.932 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

A pesar de que esta especie es común en las localidades en que se encuentra, no ha tenido muchos registros.

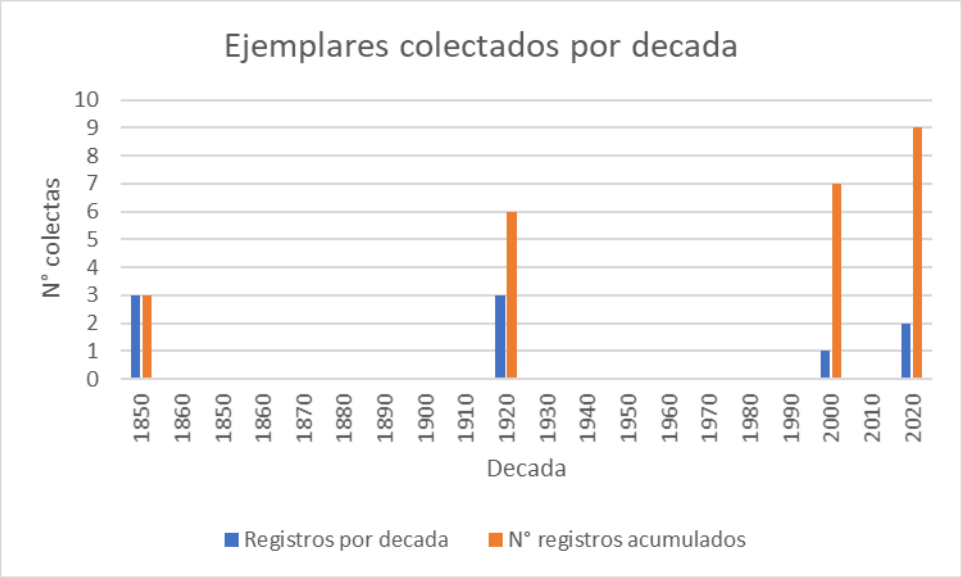


Figura 150. Registros de *Palaua modesta* realizados a través del tiempo.

A partir de los registros, esta especie se encuentra en cinco localidades, de las cuales solo se ha corroborado en tres de estas. De manera adicional, se encontró esta especie en tres localidades no indicada en los registros previamente.

Folio004766

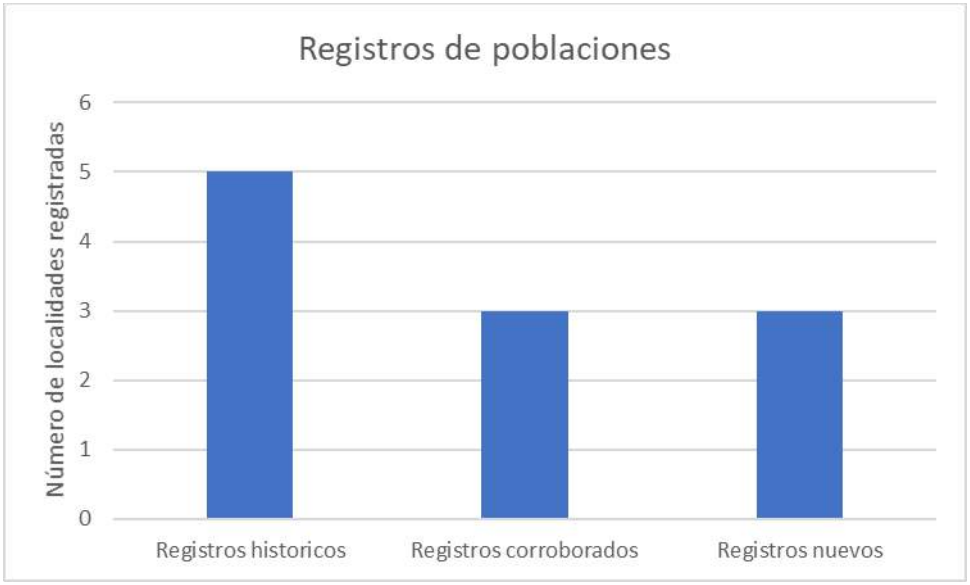
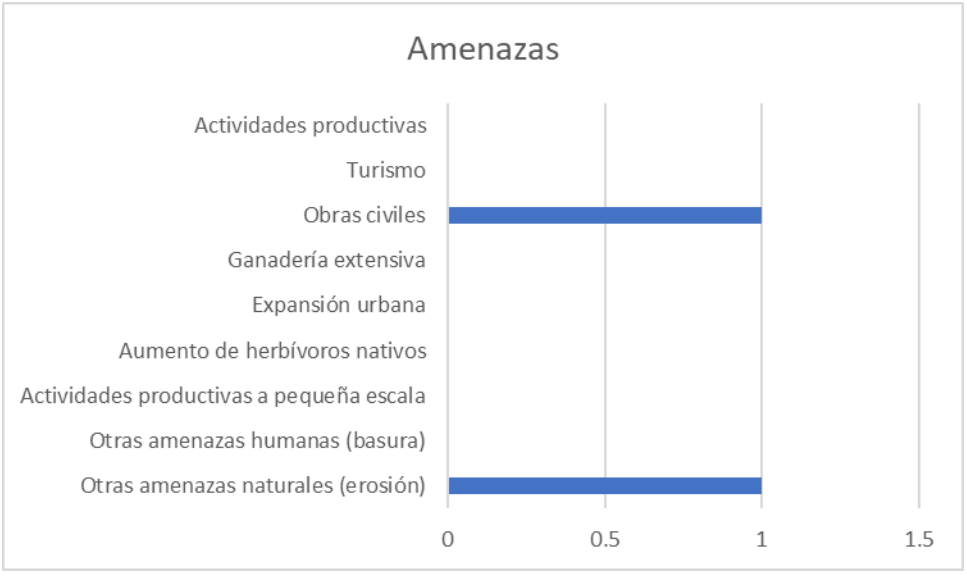


Figura 151. Corroboración de registros en el área de estudio de *Palaua modesta.*

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

- Amenazas

En la Figura 152 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fueron las obras civiles y la erosión.



Folio004767

Figura 152 Amenazas registradas para *Palaua modesta*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 66.89, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.75, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004768

31.- *Oxalis ericoides* R. Knuth

Ranking IPM				31
Especie	***Oxalis ericoides*** R. Knuth			Distribución
Familia	**Oxalidaceae**	Categoría de conservación	-	
Número de individuos estimados	**2.122**	Superficie estimada (m^2)	**30.000**	
Número de localidades	**3**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Aumentando**	
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**	

Esta especie fue colectada por primera vez por I. M. Johnston en 1925, y corresponde a una de las más raras especies del

Folio004769

género *Oxalis*, de la cual incluso se sospechaba como extinta (Heibl, 2005). Aún no ha sido incluida en ninguna categoría de conservación.

- Presencia

Esta especie se conocía sólo a partir de su ejemplar tipo, el cual fue colectado por sobre la zona de niebla en la Aguada El Panul. Sin embargo, a partir de una campaña en terreno realizada por el equipo INIA, se encontró otra población de esta especie en la localidad de Botija (Cuadro 61) y cercano a la quebrada El Médano.

Cuadro 61. Localidades de presencia de *Oxalis ericoides*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Botija	345414	7287153	INIA	2021
2	Aguada Panulcito	-	-	Johnston 5466	1925
3	El Médano	347012	7255328	INIA	2021

Fuente: Johnston (1929), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad de 8 individuos de esta especie por parcela de muestreo de 12 m de diámetro. En grillas de 100 x 100 m, se encontró la presencia de esta especie en 3 de ellas, todas en localidades diferentes. Por lo tanto, se puede afirmar que existen 2.122 individuos en una superficie de 30.000 m^2.

Folio004770

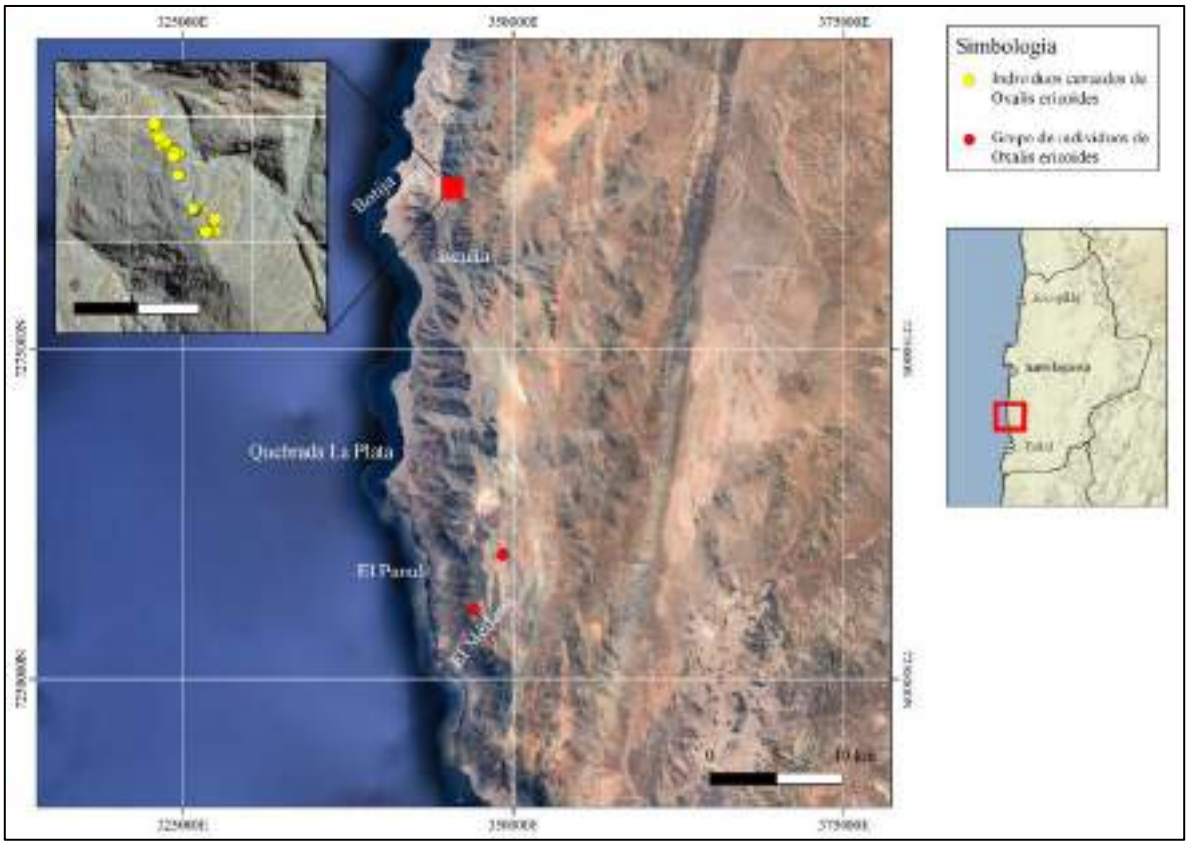
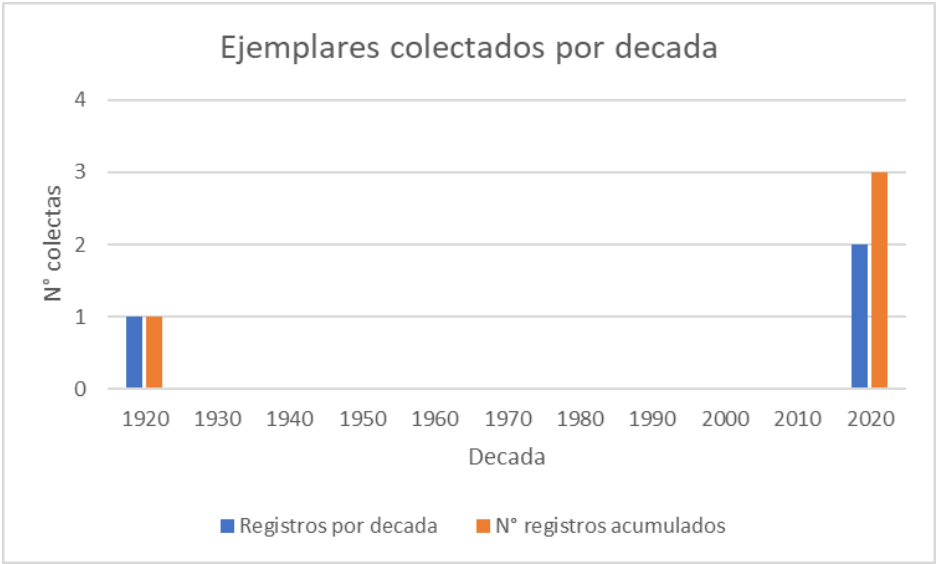


Figura 153. Distribución de presencias de *Oxalis ericoides*.

- Análisis histórico

Esta especie fue colectada por primera vez por Johnston en 1925, y desde entonces no volvió a ser encontrada hasta el año 2021, en el contexto de este proyecto.



Folio004771

Figura 154. Registros de *Oxalis ericoides* realizados a través del tiempo.

A pesar de no ser encontrada la población descubierta por Johnston, se encontraron dos nuevas poblaciones por INIA. Una de ellas se encontró en un ecosistema similar al que fue encontrado por Johnston, correspondiente a una zona muy árida por sobre la línea de influencia de la niebla.

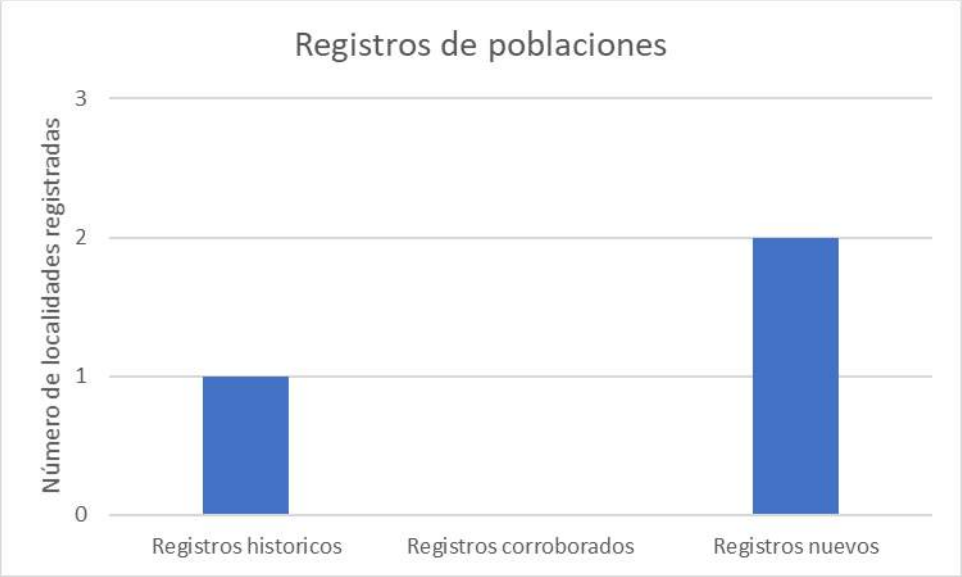


Figura 155. Corroboración de registros en el área de estudio de *Oxalis ericoides*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 29.36, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.39, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

En el BBS se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB1577), proveniente de la quebrada Botija.

Folio004772

32.- *Copiapoa grandiflora* F. Ritter

Ranking IPM			32
Especie	***Copiapoa grandiflora*** F. Ritter		Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**132.063**	Superficie estimada (m^2)	**800.000**
Número de localidades	**7**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**3**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Folio004773

Esta especie se encuentra clasificada como “En Peligro” según el DS 19/2012 MMA.

- Presencia

Esta especie ha sido colectada en el área entre La Madera y el norte del PN Pan de Azúcar, en el sector al sur de Cifuncho, en las localidades de La Madera, Cerro Hornillos, Quebrada Tigrillo, Caleta Juanillo, Guanillos (Las Lozas), La Cachina y el norte de Las Lomitas.

Cuadro 62. Localidades de presencia de *Copiapoa grandiflora*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	La Madera, 250 / 300M	-	-	Andrea Piombetti APT 705	-
2	La Madera, 300 M	-	-	Ignazio Blando BIG 167.01	-
3	Caleta La Madera, North Of Quebrada Tigrillo, 350M	-	-	Paul Hoxey PH 669.02	-
4	Cerro Hornillos	-	-	Fred (Friedrich Kattermann FK 1059	-
5	Quebrada Tigrillo, 130M	-	-	Alan William Craig AWC 472	-
6	Quebrada Tigrillo	-	-	Alan William Craig AWC 473	-
7	Quebrada Tigrillo, 130 M	-	-	Andrea Piombetti APT 701	-
8	Valle Tigrillo, 80 Mm	-	-	Grzegorz Matuszewski GM 1170	-
9	Caleta Tigrillo	-	-	Ignazio Blando BIG 124.02	-
10	N. Tigrillo	-	-	Jaromír Chvastek CH 46	-
11	Caleta Juanillo - Esmeralda, Few 100 M From Ocean 80M	-	-	Brian Francis Bates BB 1267.01	-
12	Quebrada Huanillos / Guanillos	-	-	Andrea Piombetti APT 702	-
13	Quebrada Guanillos	-	-	Baldur Cornely BC 34	-
14	Guanillos Valley	-	-	Benjy Oliver OLV 75	-
15	Taltal, Guanillos Valley, N Of Esmeralda 100M	-	-	Brian Francis Bates BB 1268.01	-
16	Guanillos Valley	-	-	Chris Sherrah CS 30	-
17	Esmeralda, Quebrada De Guanillos	-	-	Fred (Friedrich Kattermann FK 508	1956
18	Guanillos Valley, 100M	-	-	Graham Charles GC 303.02	-
19	Strada Per Guanillos	-	-	Ignazio Blando BIG 37	-

Folio004774

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
20	Guanillos	-	-	Ignazio Blando BIG 39.01	-
21	Esmeralda-Guanillos	-	-	Jaromír Chvastek CH 1518	-
22	Guanillos	-	-	Jaromír Chvastek CH 45	-
23	Quebrada Guanillos, 200-250 M	-	-	Marco Giani MGi 27.2	-
24	Quebrada Guanillos, 220-240M	-	-	Paul Hoxey PH 263.03	-
25	Esmeralda, Cachina Valley 290M	-	-	Brian Francis Bates BB 1399.01	-
26	Quebrada Cachina, 360 M	-	-	Marco Giani MGi 28.1	-
27	Quebrada De La Cachina, 270M	-	-	Paul Hoxey PH 455.02	-
28	Quebrada De La Cachina, 300M	-	-	Paul Hoxey PH 670.02	-
29	Planta Esmeralda 200M	-	-	Alan William Craig AWC 450	-
30	Esmeralda, 200 M	-	-	Andrea Piombetti APT 700	-
31	East Of Esmeralda;250M	-	-	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1047	-
32	Esmeralda, Chile	-	-	Edward (Ed George Gay and Betty Gay EG 4192	-
33	Esmeralda, Near The Coast	-	-	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 32	-
34	Esmeralda	-	-	Frans Kühhas FK 20.793	-
35	Esmeralda, Road To Esmeralda	-	-	Fred (Friedrich Kattermann FK 509	-
36	Esmeralda	-	-	Fred (Friedrich Kattermann FK 796	-
37	East Of Esmeralda. Chile	-	-	Graham Charles GC 127.02	-
38	Esmeralda, 250 Mm	-	-	Grzegorz Matuszewski GM 1168.9	-
39	Esmeralda	-	-	Guillermo (Willy Smith WS 78	-
40	Esmeralda To Rocks Near Ocean	-	-	Jan Novák JN 700	-
41	Esmeralda, 220 M	-	-	Jan Novák JN 833	-
42	Esmeralda; 200M	-	-	Karel Knize KK 1732	-
43	In Esmeralda, By The Beach	-	-	Pavel Heřtus PHA 598	-
44	Flat Terrain, Esmeralda Valley, Chile 300M	-	-	Petr Česal PC 146	-
45	Steep Rocky Slopes, Esmeralda Ii, Chile 280M	-	-	Petr Česal PC 147	-

Folio004775

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
46	South Of Esmeralda	-	-	Petr Pavelka (son) PV 1932	-
47	North Of Esmeralda	-	-	Petr Pavelka (son) PV 1934	-
48	Esmeralda	-	-	Petr Pavelka (son) PV 1935	-
49	Punta Esmeralda 300 M	-	-	Ralf Hillmann RH 1785a	-
50	Esmeralda, Chile 100M	-	-	Roger M. Ferryman RMF 158	-
51	Esmeralda, Chile 100M	-	-	Roger M. Ferryman RMF 164	-
52	Esmeralda	-	-	Roman Staník RS 1477	-
53	Esmeralda	-	-	Wendelin Mächler WM 225	-
54	Esmeralda, Localidad Rural	-	-	Ritter	-
55	North Of Las Lomitas, Región De Antofagasta, 63 M	335954.7149	7131060.771	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 733	-
56	Zona Costera, Al Norte De Bufadero, Pnpa, Piedmont Y Terraza Marina	335841	7117070.012	Faúndez, L.	-

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Para estimar la abundancia de esta especie, se marcaron los sitios de presencia en las localidades donde se encontró *Copiapoa grandiflora.* Mediante la medición de la densidad de la especie a través de parcelas de muestreo. A través de estos, se determinó que hay 18,67 ± 8,08 individuos por parcela de muestro de diámetro de 12 m. Mediante los datos tomados, se determinó que la especie se encuentra presente en 5 grillas de 400 x 400 m. En esta superficie, se estima que existe un total de 132.063 individuos en 800.000 m^2.

Folio004776

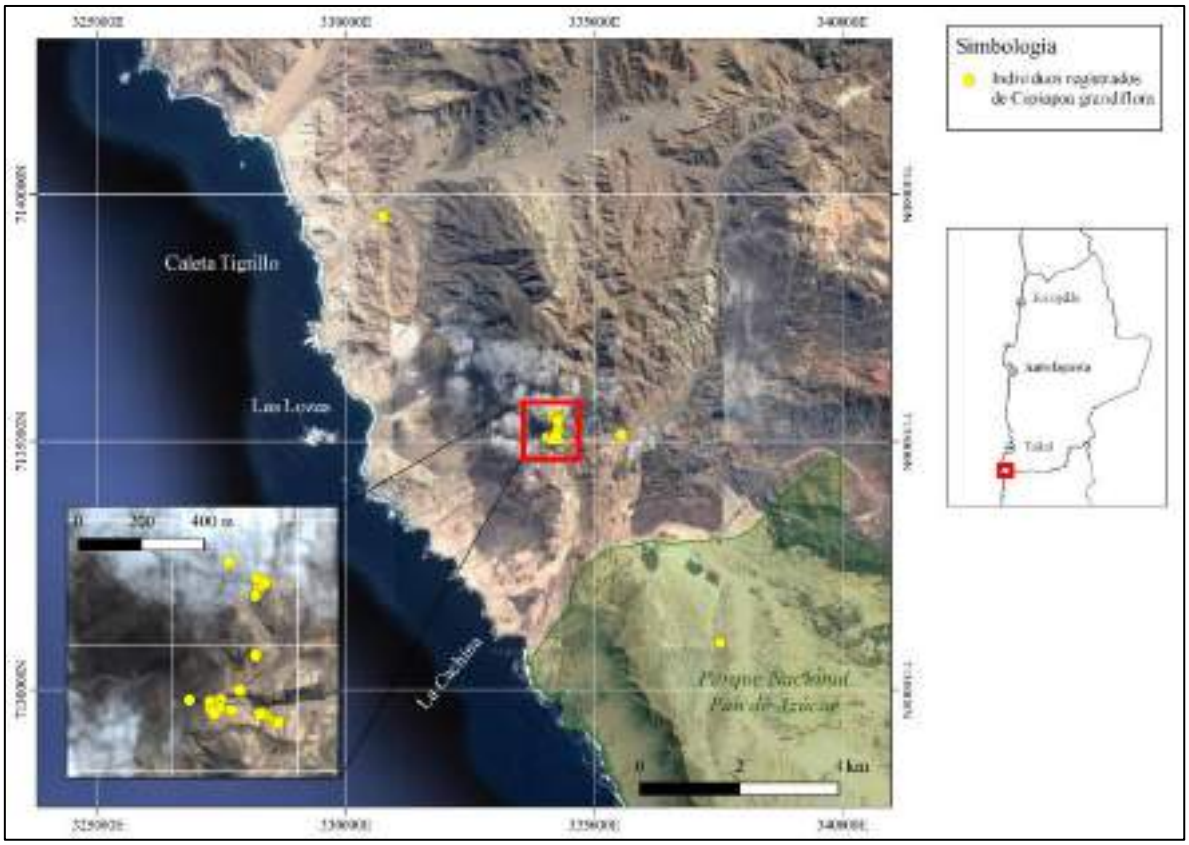


Figura 156. Distribución de presencias de *Copiapoa grandiflora*.

- Análisis histórico

A pesar de que esta especie ha sido bastante colectada, Biota (2018) no incluye fechas de colecta. De cualquier manera, desde la primera vez que fue colectada en 1956 ha sido continuamente registrada.

De las siete localidades registradas, se pudo confirmar la presencia en tres de estas localidades.

Folio004777

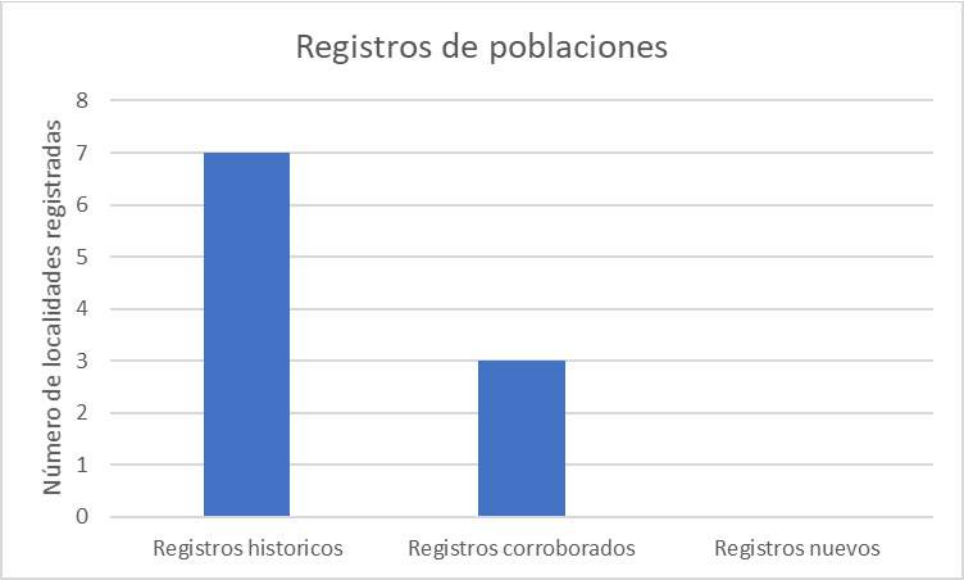


Figura 157. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa grandiflora*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 158 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue las obras civiles.

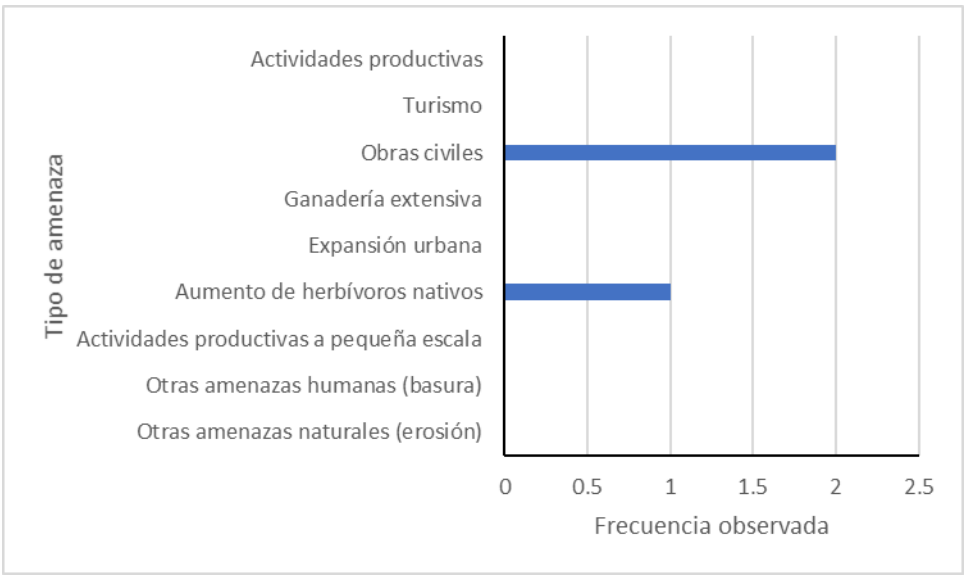


Figura 158. Amenazas registradas para *Copiapoa grandiflora*.

Folio004778

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 13.42, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 0.18, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

En el BBS se encuentran conservadas tres accesiones de esta especie (BB487, BB1302 y Walter 251), las tres provenientes de Esmeralda.

Folio004779

33.- *Plectocephalus atacamensis* (Reiche) Penneck. & Chaura

Ranking IPM			**33**
Especie	***Plectocephalus atacamensis*** (Reiche) Penneck. & Chaura		
Familia	**Asteraceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**30.962**	Superficie estimada (m^2)	**1.750.000**
Número de localidades	**6**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Obras civiles**	Tendencia de la especie	**Aumentando**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Distribución

Folio004780

Al igual que otras especies de un grupo del género *Centaurea*, esta cambió al género *Plectocephalus*. Esta especie no se incluye en ninguna categoría de conservación.

- Presencia

Esta especie se encuentra distribuida en quebradas entre El Rincón y Taltal, en las localidades de El Rincón, Quebrada Paposo, Quebrada Peralito, Quebrada La Oveja, Quebrada de Anchuña y Taltal.

Cuadro 63. Localidades de presencia de *Plectocephalus atacamensis*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	El Rincón	-	-	Johnston 5530	1925
2	Quebrada Paposo	-	-	Philippi s.n.	1853
3	Quebrada Peralito	354835	7231183	INIA	2020
4	Quebrada La Oveja	354299	7220061	INIA	2010
5	Quebrada de Anchuña	356831	7208477	INIA	2020
6	Taltal	-	-	Johnston 5111	1925

Fuente: Johnston (1929), Philippi (1860), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie fue registrada en los muestreos de terreno, donde mostró tener una abundancia promedio de 2 ± 1,41 individuos por parcela de 12 metros de diámetro. Considerando grillas de 500 x 500, es posible calcular 4.423 individuos por grillas. Estando presente esta especie en 7 grillas, se estiman 30.962 individuos en 1.750.000 m^2.

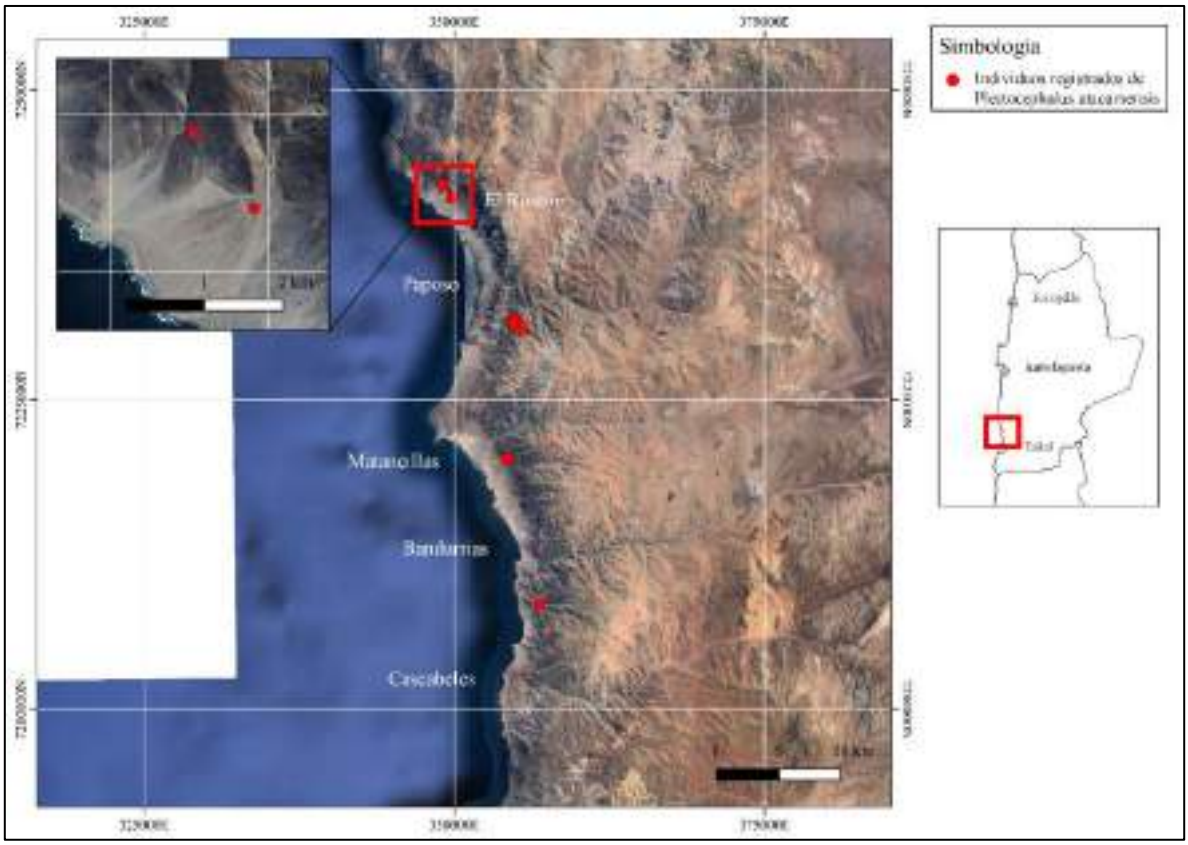
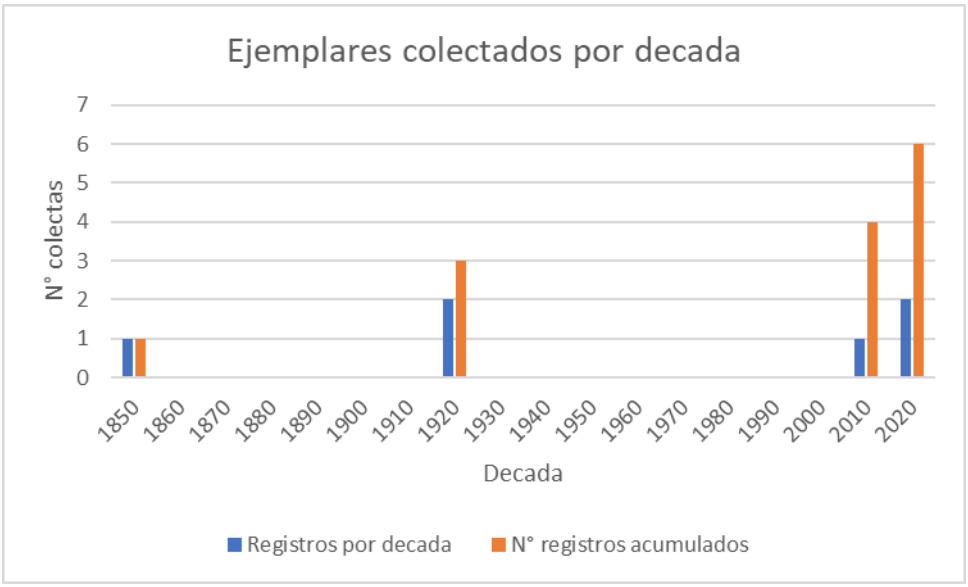


Figura 159. Distribución de presencias de *Plectocephalus atacamensis*.

- Análisis histórico

Esta especie fue descrita por las colectas de Philippi en 1853. Sin embargo, no ha sido muy colectada durante los años posteriores.



Folio004782

Figura 160. Registros de *Plectocephalus atacamensis* realizados a través del tiempo.

A pesar de que para esta especie se había registrado en tres localidades, sólo en El Rincón se pudo corroborar su presencia. Sin embargo, también se localizó en tres lugares que no se conocían en los antecedentes.

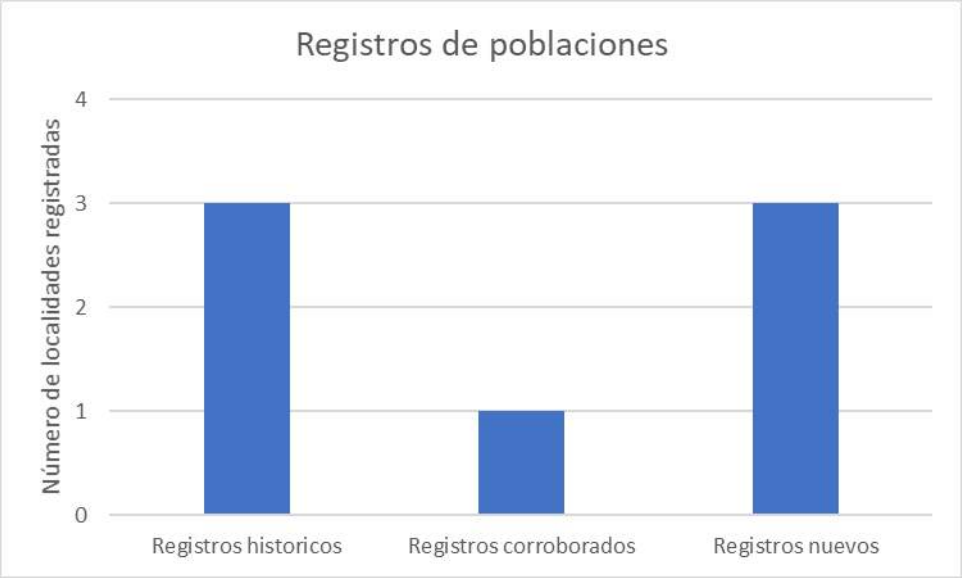


Figura 161. Corroboración de registros en el área de estudio de *Plectocephalus atacamensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

- Amenazas

En la Figura 162 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la ganadería extensiva y la erosión.

Folio004783

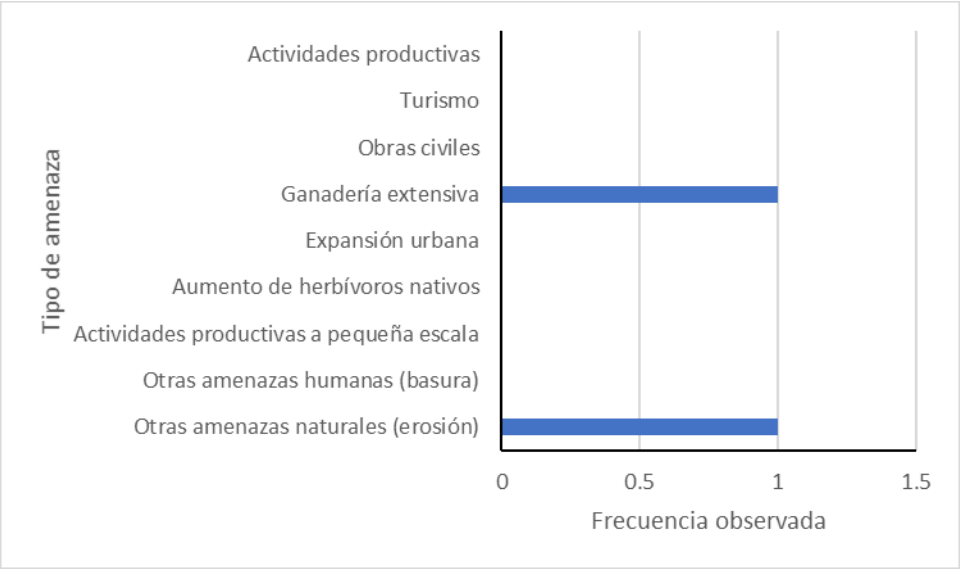


Figura 162 Amenazas registradas para *Plectocephalus atacamensis*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 94.19, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.7, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

En el BBS se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB468), proveniente de la Quebrada Peralito.

Folio004784

34.- *Plectocephalus cachinalensis* (Phil.) N. García & Susanna

Ranking IPM			**34**
Especie	***Plectocephalus cachinalensis*** (Phil.) N. García & Susanna		Distribución
Familia	**Asteraceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**5**	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**4**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva y erosión**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio004785

Al igual que la especie anterior, *P. cachinalensis* se incluía anteriormente en el género *Centaurea*.

- Presencia

Esta especie se distribuye más al sur que la especie descrita anteriormente, encontrándose entre la quebrada Las Lozas, Aguada La Cachina, Pan de Azúcar y Barquito, esta última localidad en la Región de Atacama.

Cuadro 64. Localidades de presencia de *Plectocephalus cachinalensis*.

N°	Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
1	Quebrada las Lozas			INIA	2020
2	Aguada La Cachina	-	-	Philippi s.n.	1853
3	Aguada La Cachina	-	-	Johnston 5720, 5749	1925
4	Pan de Azúcar, sector Las Lomitas	338356.0848	7125319.417	INIA	2021
5	Aguada Grande	-	-	Philippi s.n.	1853
6	Barquito	-	-	Johnston 4821	1925

Fuente: Johnston (1929), Philippi (1860a), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

A pesar de que se encontró esta especie en las campañas de terreno, sólo se observó un individuo por localidad. De ser así, se estimarían sólo 5 individuos. Por lo tanto, es necesario tener mayor información sobre esta especie.

- Análisis histórico

Similar a la especie anterior del mismo género, a pesar de haber sido colectada por primera vez hace más de 150 años, esta especie no ha sido muy colectada.

Folio004786

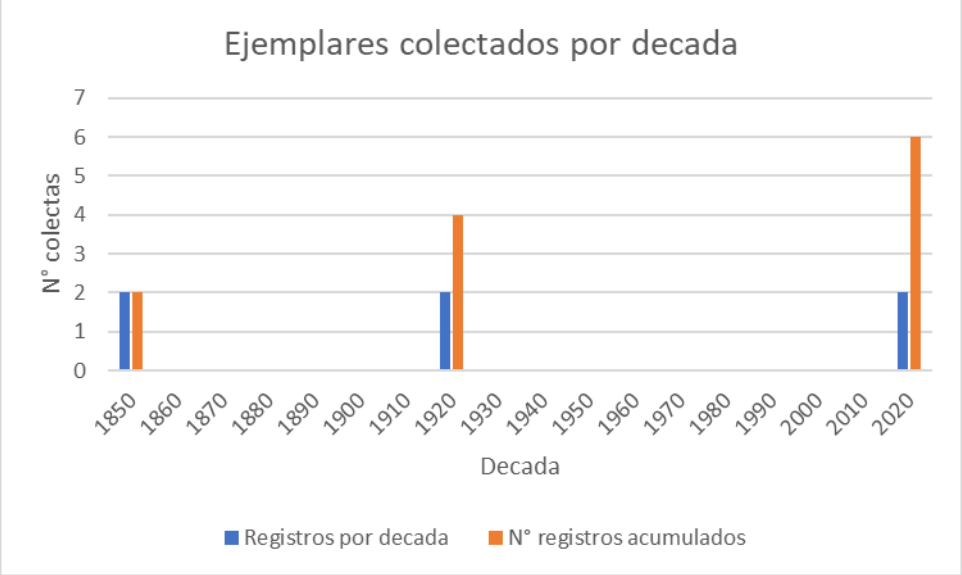


Figura 163. Registros de *Plectocephalus cachinalensis* realizados a través del tiempo.

De las tres localidades previamente conocidas, se encontró a esta especie en una de estas en el PN Pan de Azúcar (llamado por Philippi como Aguada Grande). De manera adicional, se encontró en una localidad no incluida en los antecedentes, correspondiente a Las Lozas.

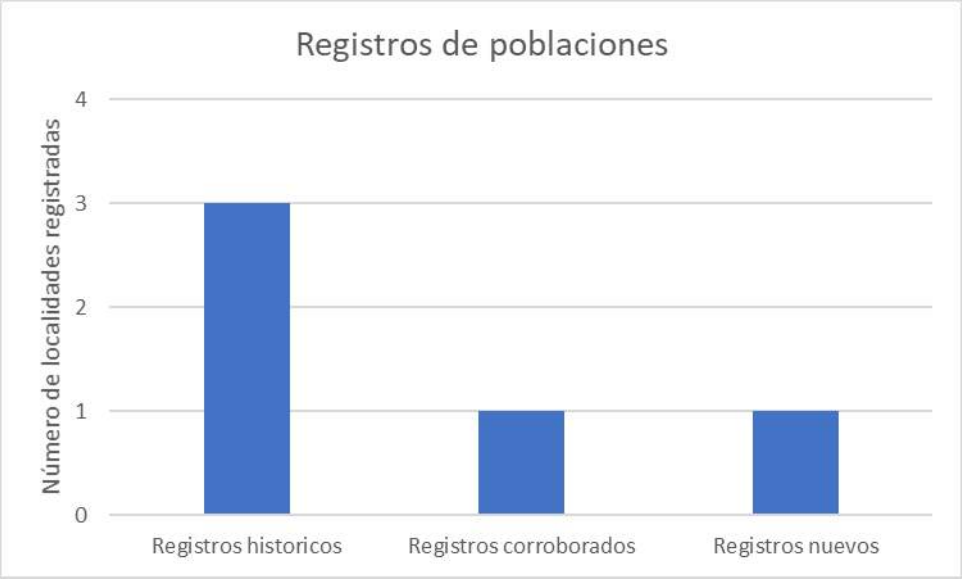


Figura 164. Corroboración de registros en el área de estudio de *Plectocephalus cachinalensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004787

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 5.73, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 0.06, por lo que se considera una influencia muy baja.

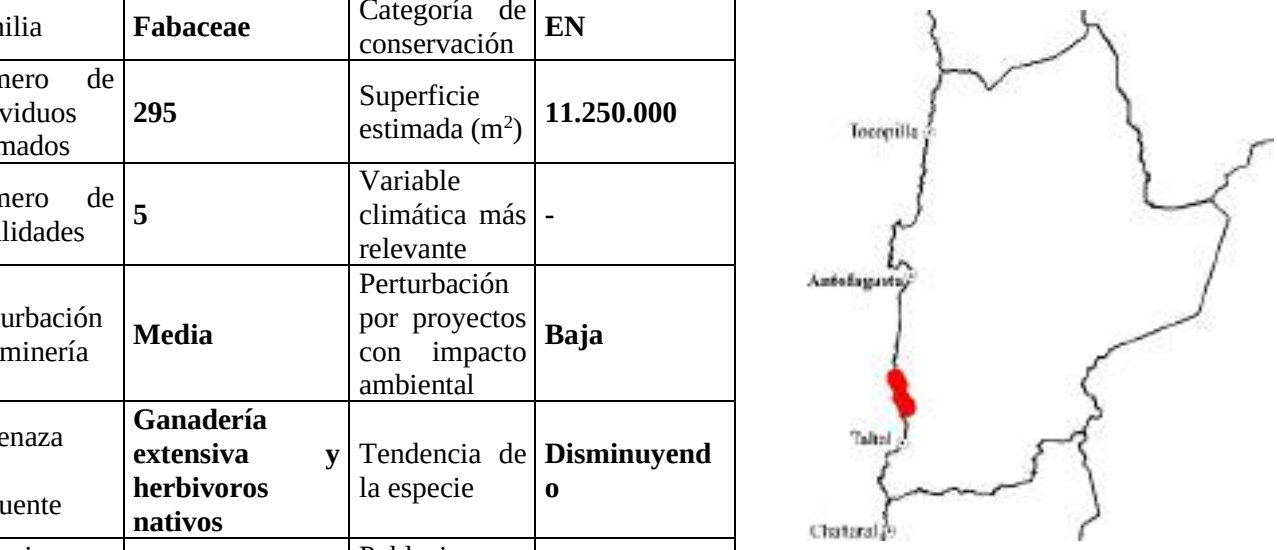
- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004788

35.- *Dalea azurea* (Phil.) Reiche

Ranking IPM			**35**
Especie	***Dalea azurea*** (Phil.) Reiche		Distribución
Familia	**Fabaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**295**	Superficie estimada (m^2)	**11.250.000**
Número de localidades	**5**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva y herbivoros nativos**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**



Folio004789

A pesar de ser encontrarse tan diversificado, el género *Dalea* presenta en Chile sólo 4 especies, de las cuales la única endémica corresponde a *D. azurea*. Esta especie se encuentra en categoría "En Peligro" de acuerdo al DS 151/2007 MINSEGPRES.

- Presencia

Esta especie ha sido reportada en sólo 5 localidades, correspondientes a la Quebrada La Plata, Aguada Panulcito, Quebrada El Rincón, Cerro Yumbes y Quebrada Peralito en la cuesta Paposo.

Cuadro 65. Localidades de presencia de *Dalea azurea*.

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Antofagasta: Qda La Plata	-	-	QUEZADA & RUIZ 271	1991
Quebrada Plata 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	-	-	Gutierrez, G.	
Aguada Panulcito	-	-	Johnston, I. M. 5456	1925
Qda. El Rincón (B) (Ladera Exp. Sur-Este)	349354	7241052	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Cerro Yumbes	-	-	Johnston, I. M. 5584	1925
Quebrada Guanillo	-	-	Philippi, R. A.	1853
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	-	-	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Qda Paposo, Agua Perales	-	-	RICARDI 2603	1953
Antofagasta: Qda Peralito	-	-	QUEZADA & RUIZ 387	1991
Antofagasta: Quebrada Peralito	-	-	MARTICORENA A ET AL 789	
Quebrada Peralito	355110	7230825	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Quebrada Peralito	-	-	Johnston, I. M. 5585	1925

Fuente: Biota (2018)

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Folio004790

Para calcular la abundancia, se censaron las poblaciones de La Plata y de la Aguada Peralillo. Por otro lado, no se pudieron localizar individuos de las poblaciones indicadas para El Panul, El Rincón y el Cerro Yumbes.
En La Plata se contabilizaron 23 individuos, mientras que en Peralillo se contabilizaron 95 individuos. Si se hace un promedio y se multiplica por el número de poblaciones reportadas para la especie, se obtiene que existen 295 individuos en una superficie de 11.250.000 m^2.

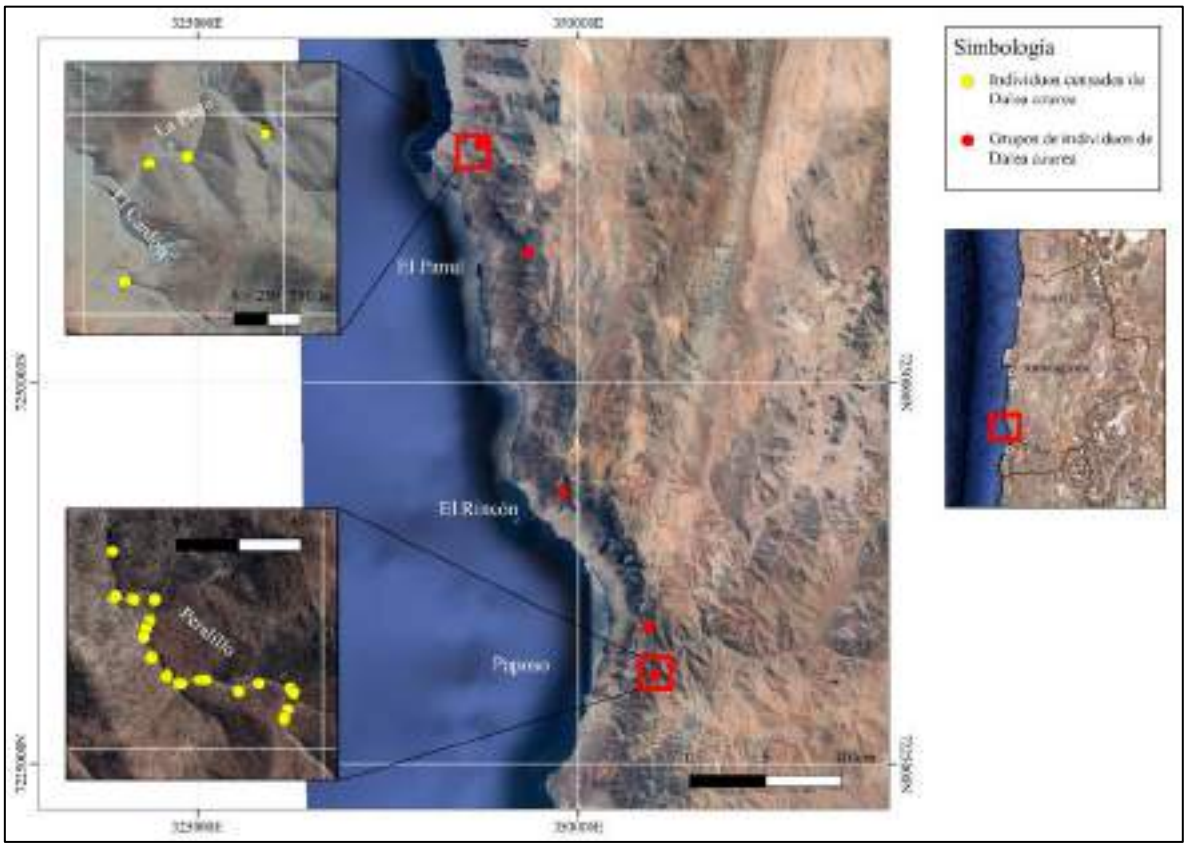


Figura 165. Distribución de presencias de *Dalea azurea*.

- Análisis histórico

Esta especie sólo había sido colectada por Philippi en 1853 y luego por Johnston en 1925. Tras esto, sólo ha tenido más colectas en los 1980 y 1990.

Folio004791

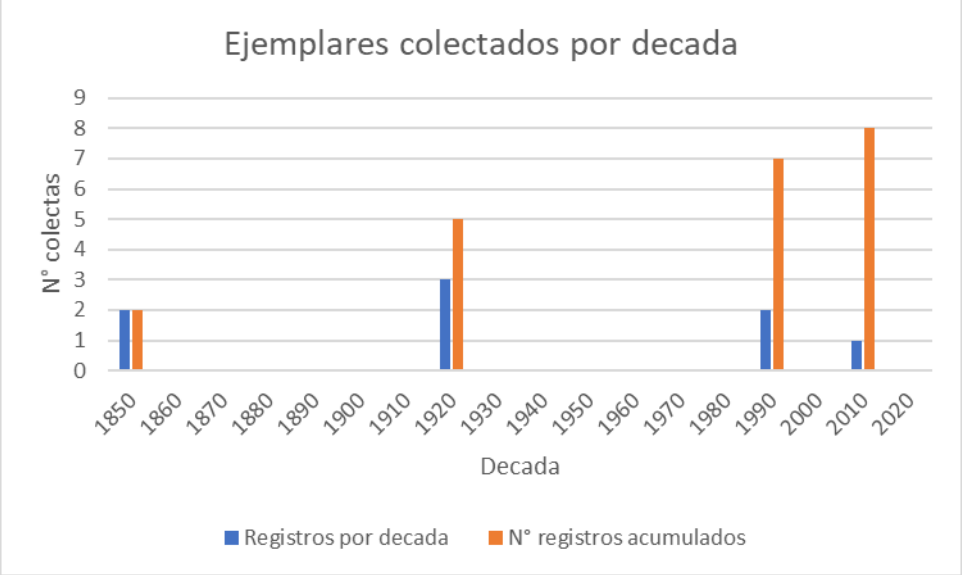


Figura 166. Registros de *Dalea azurea* realizados a través del tiempo.

De las cinco poblaciones conocidas de esta especie, sólo se pudo corroborar dos de estas, correspondientes a La Plata y Quebrada El Peralito.

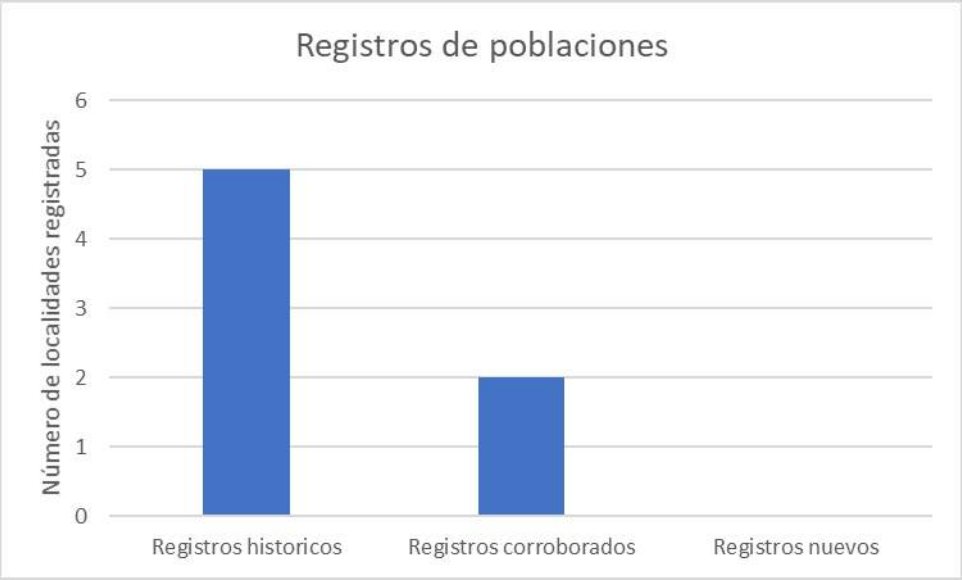


Figura 167. Corroboración de registros en el área de estudio de *Dalea azurea*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004792

- Amenazas

En la Figura 168 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la ganadería extensiva y los herbívoros nativos.

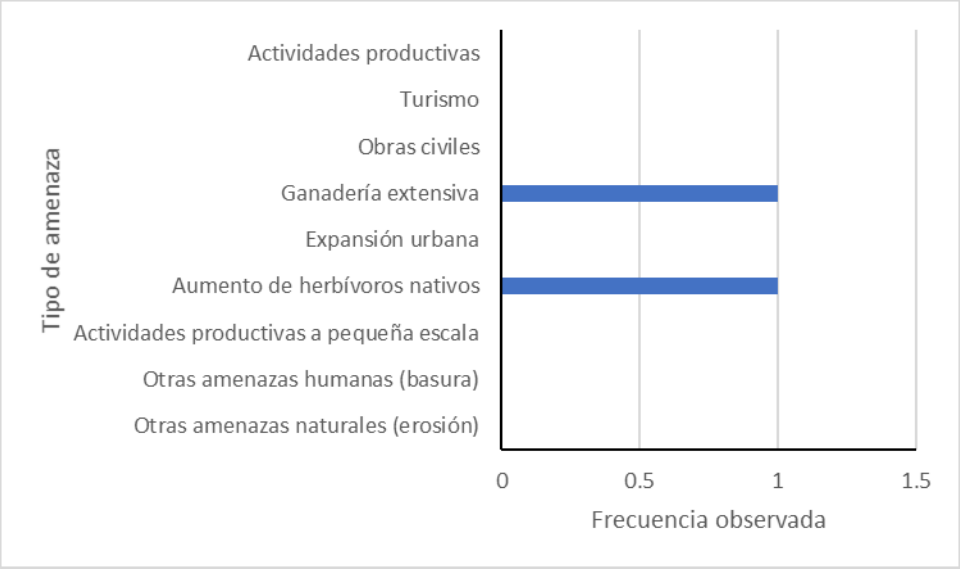


Figura 168 Amenazas registradas para *Dalea azurea*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 76.26, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 5.1, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas dos accesiones de esta especie (BB102 y BB427), provenientes de la población de Peralito.

Folio004793

36.- *Copiapoa laui* L. Diers

Ranking IPM				36
Especie	***Copiapoa laui*** L. Diers			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**	
Número de individuos estimados	**888**	Superficie estimada (m^2)	**2.000**	
Número de localidades	**5**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	**Obras civiles**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Folio004794

Copiapoa laui corresponde a una especie geófita del género, la cual crece manteniendo la mayor proporción de su cuerpo bajo el suelo. De acuerdo al DS 50/2008 MINSEGPRES, esta especie se encuentra en categoría "En Peligro".

- Presencia

Esta especie tiene una distribución bastante acotada, limitada sólo a 5 quebradas, correspondientes a La Madera, Quebrada Tigrillo, Quebrada Guanillos (o Las Lozas) y Las Lomitas, en el PN Pan de Azúcar. Se asume que las colectas provenientes de "Esmeralda" corresponden a la Quebrada Las Lozas.

Cuadro 66. Localidades de presencia de *Copiapoa laui*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
La Madera, 300 M			Ignazio Blando BIG 167.04	
Caleta La Madera, North Of Quebrada Tigrillo, 350M			Paul Hoxey PH 669.03	
N. Tigrillo			Jaromír Chvastek CH 53	
Quebrada Tigrillo			Andrea Piombetti APT 596	
Quebrada Guanillos-Tigrillo			Roman Staník RS 1481	
Quebrada Guanillos			Alan William Craig AWC 677	
Quebrada Guanillos			Alain Laroze, Philippe Corman, Patrick Cazuguel, Georges Marchand RCP 64	
Quebrada Huanillos, From Angustiflora			Andrea Piombetti APT 595	
Esmeralda, Guanillos Valley 230M			Brian Francis Bates BB 1398.04	
Quebrada Guanillos			Fred (Friedrich Kattermann FK 1110	
Quebrada Guanillos 185M			Graham Charles GC 728.02	
Quebrada Guanillos, 200-250 M			Marco Giani MGi 27.4	
Quebrada Guanillos, 220-240M			Paul Hoxey PH 263.01	
Guanillos, 220 M			Ignazio Blando BIG 183.1	
Guanillos Valley			Chris Sherrah CS 40	
Antofagasta: Quebrada Las Lozas O Guanillos			EGGLI 2911	
Quebrada Las Lozas			Baldur Cornely BC 30	
North Of Planta Esmeralda 180M			Alan William Craig AWC 282	
Planta Esmeralda			Tom Jenkins TJ 71	
Esmeralda, Chile			Wolfgang Krahn KR 765	
Quebrada Esmeralda			Adriana Hoffmann J. AH 208	
Esmeralda, Chanaral, Huasco 30-50M			Alfred Bernhard Lau L 891	

Folio004795

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
East Of Esmeralda;150M			Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1148	
Esmeralda			Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 80	
Esmeralda			Frans Kühhas FK 21.797	
Esmeralda, 260 M			Grzegorz Matuszewski GM 1452.1	
Esmeralda			Isabella, Carlo Doni D 165	
Esmeralda,200M			Karel Knize KK 2063	
Esmeralda			Ladislav Horáček LH 1307	
In Esmeralda			Pavel Heřtus PHA 599	
Esmeralda, Chile 100M			Roger M. Ferryman RMF 162	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie sólo fue encontrada en una localidad, correspondiente a Las Lozas. En este sitio, se censaron todos los individuos encontrados en una superficie de 500 x 500 m^2, los cuales resultaron ser 222. Si este valor se extrapola en las otras localidades registradas, da un valor total de 888 individuos en una superficie de 2.000 m^2.

Folio004796

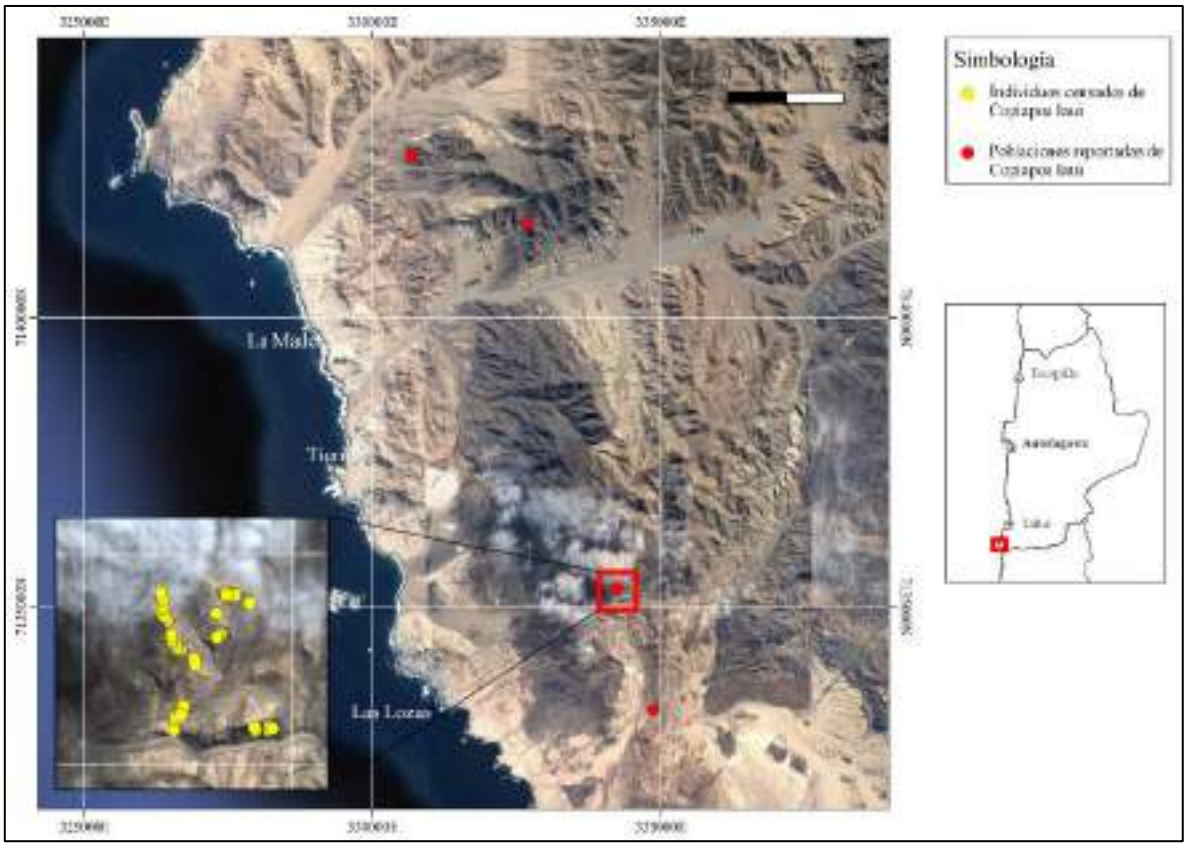
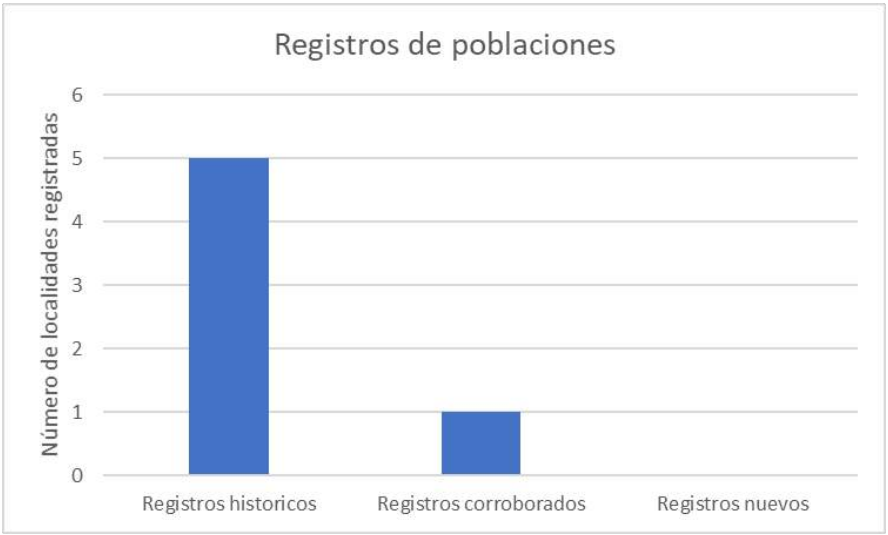


Figura 169. Distribución de presencias de *Copiapoa laui*.

- Análisis histórico

A pesar de las numerosas colectas, no se cuenta con fecha de los registros, por lo que no se puede hacer un análisis histórico.

De las cinco localidades en que se ha registrado, sólo se pudo corroborar la presencia en la Quebrada Las Lozas.



Folio004797

Figura 170. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa laui*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 171 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue las obras civiles.

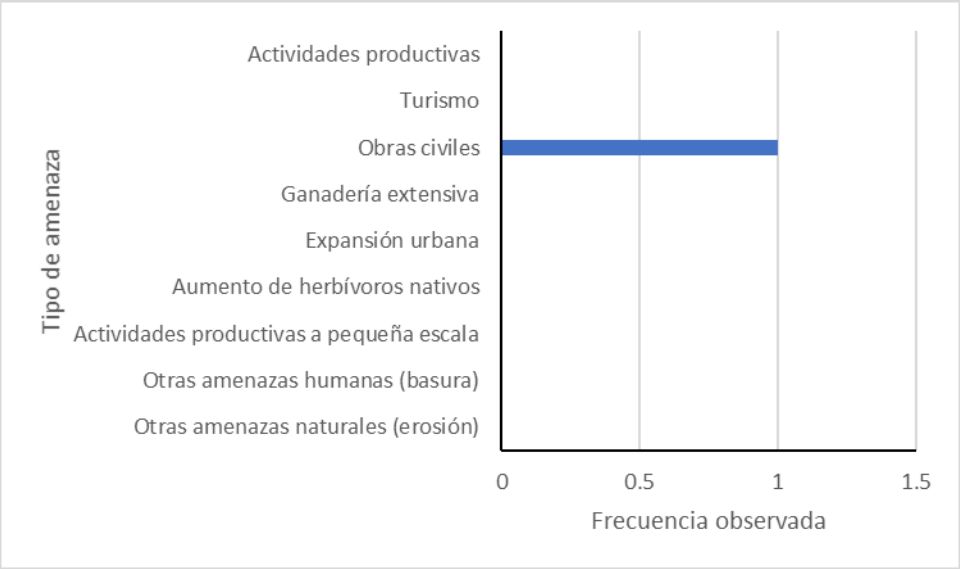


Figura 171 Amenazas registradas para *Copiapoa laui*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 15.9, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 0.22, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004798

37.- *Drymaria paposana* var. *paposana* Phil.

Ranking IPM			**37**
Especie	***Drymaria paposana* var. *paposana*** Phil.		Distribución
Familia	**Caryophyllaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**8**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio004799

Drymaria paposana es una especie anual que ha tenido su nomenclatura más o menos intrincada, dado la confusión que se le ha dado con *D. cordata*, esta última ampliamente distribuida en los trópicos del mundo. Finalmente, *D. paposana* es aceptada como una especie distribuida en las costas de Chile y Perú. Sin embargo, la var. *weberbaueri* es endémica de Perú, mientras que la var. *paposana* es endémica de Chile. En este diagnóstico, se trata la var. *paposana* como taxon individual.

- Presencia

D. paposana var. *paposana* se distribuye exclusivamente en la costa de la Región de Antofagasta. En esta, se encuentra desde Tocopilla hasta la Quebrada Taltal, habiéndose colectado en Tocopilla, la Aguada Cañas, Quebrada El Rosario, Miguel Díaz, Quebrada Paposo, Punta Grande, Cerro Perales y Quebrada Taltal. Es necesario señalar que no se pudo encontrar una localidad identificada como la "Quebrada El Rosario" en el área de estudio.

Cuadro 67. Localidades de presencia de *Drymaria paposana* var. *paposana*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Tocopilla	-	-	Johnston 3620	1925
Aguada Cañas, Tocopilla	-	-	W. Biese 3103, 3104	1949
Quebrada El Rosario, Tocopilla	-	-	M. R. Espinosa	1941
Miguel Díaz	342097.7289	7284539.341	INIA	2020
Quebrada Paposo	-	-	Philippi s.n.	1853
Punta Grande	-	-	Johnston 5213	1925
Cerro Perales	-	-	Philippi s.n.	1853
Quebrada Taltal	-	-	Philippi s.n.	1853

Fuente: Johnston (1929), Philippi (1860), SGO, datos propios.

Folio004800

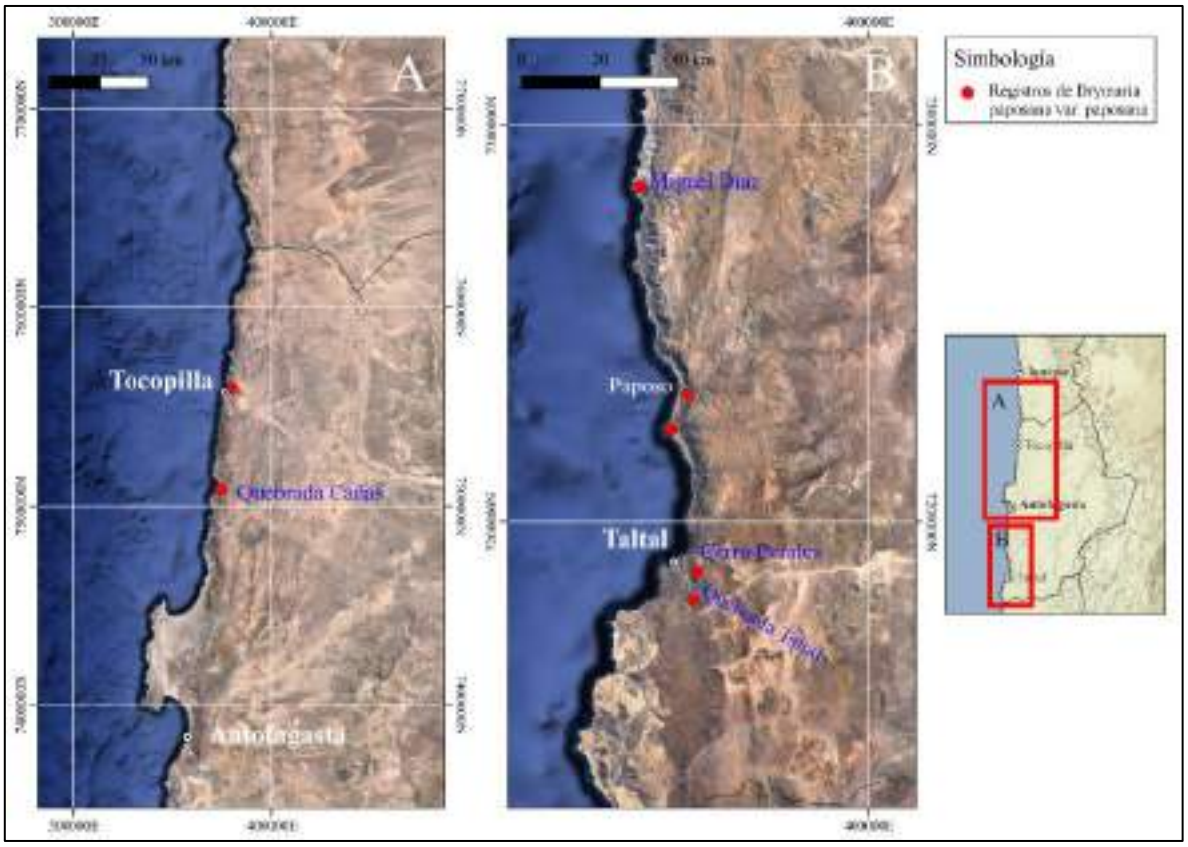


Figura 172. Distribución de presencias de *Drymaria paposana* var. *paposana*.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

A pesar de que esta especie fue observada en Miguel Díaz, no fue censada. Sin embargo, debido a que se trata de una especie anual, es probable que su número de individuos varía respecto al abastecimiento hídrico anual.

- Análisis histórico

Esta especie fue colectada por primera vez por Philippi, aunque debido a que corresponde a una planta anual, no ha sido tan colectada.

Folio004801

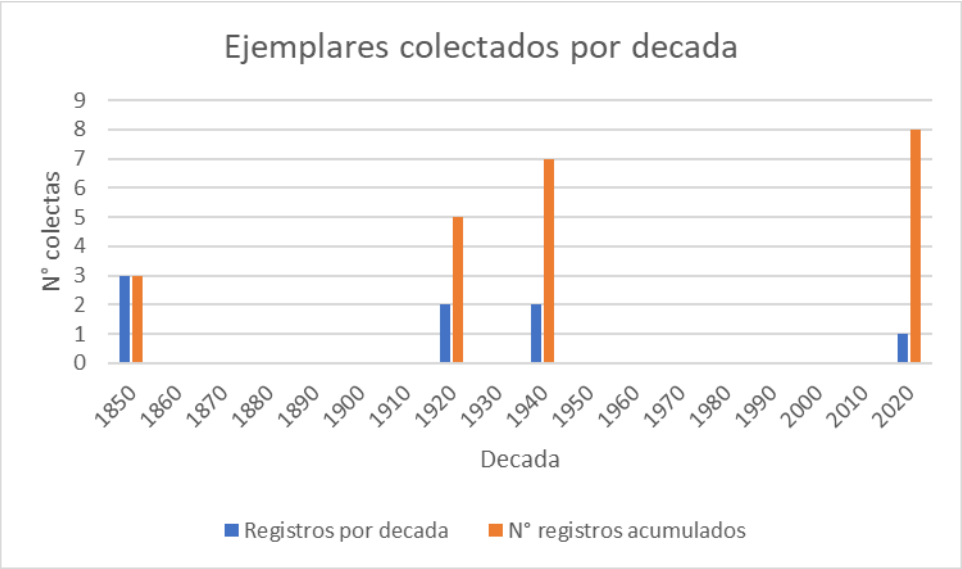


Figura 173. Registros de *Drymaria paposana* var. *paposana* realizados a través del tiempo.

No pudo ser observada la especie en las localidades registradas. Sin embargo, se pudo observar en Miguel Díaz, donde no había sido colectada.

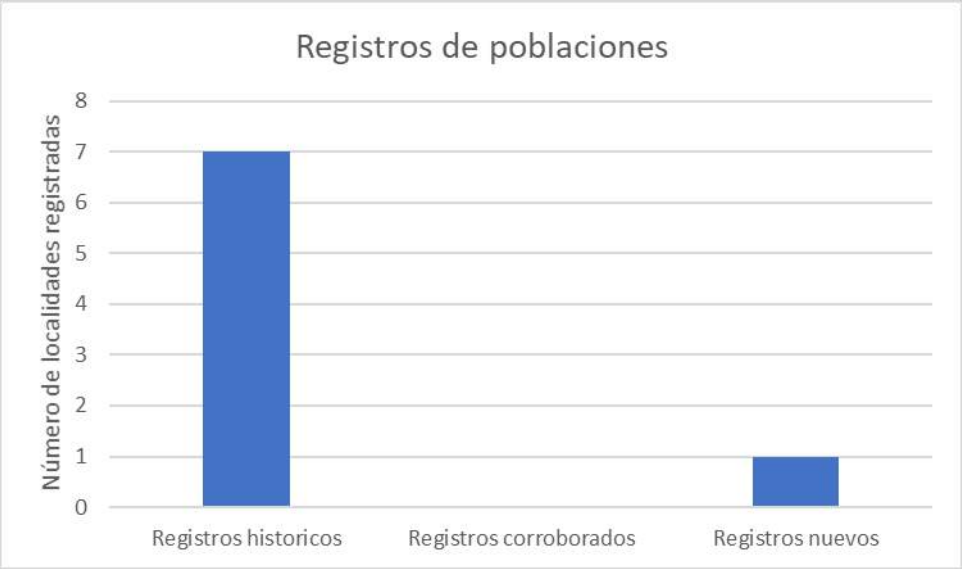


Figura 174. Corroboración de registros en el área de estudio de *Drymaria paposana* var. *paposana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004802

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 82.3, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 6.05, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004803

38.- *Alstroemeria graminea* Phil.

Ranking IPM			**38**
Especie	***Alstroemeria graminea*** Phil.		Distribución
Familia	**Alstroemeriaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**19**	Variable climática más relevante	**Precipitación del mes de mayo**
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Folio004804

Esta especie se consideró como parte de un género monotípico llamado *Taltalia*. Sin embargo, los análisis moleculares determinaron que se trataría de una especie del género *Alstroemeria* (Chacón et al., 2012). Esta especie se encuentra clasificada en categoría "Vulnerable" según el DS 41/2011 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre Paposo y Caldera, habiéndose colectado en localidades como la cuesta Paposo, la Quebrada Peralito, Quebrada Yerbas Buenas, Quebrada Matancillas, Cachinales, Quebrada Cascabeles, Quebrada San Ramón, Hueso Parado, Cerro Perales, Quebrada Taltal, Quebrada de los Changos, Aguada Tórtolas, Quebrada Septiembre, Sierra Vetada, Quebrada La Peineta, Pan de Azúcar, Barquito, Puerto Flamenco y Caleta Obispito.

Cuadro 68. Localidades de presencia de *Alstroemeria graminea*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Paposo, Localidad Rural	352432	7233398	Johnston, I. M. 5602	
Colina Sobre Paposo, Cam A Mina Julia	352432	7233398	Taylor, C. M., C. von Bohlen & A. Marticorena 10713	
Antofagasta: Quebrada Peralito	355372	7232441	MARTICORENA A ET AL 790	
Antofagasta: Qda Paposo, Agua Perales	353690	7232423	RICARDI 2628	
Cuesta Paposo	355367	7232404	Jiles, C. 5409	1969
Cuesta Paposo	355367	7232404	Schlegel, F. 7960	1985
Qda Paposo	355367	7232404	Quezada, M. & E. Ruiz 194	1991
Antofagasta: Qda Paposo, Agua Perales	353684	7232386	Ricardi, M.	1953
Quebrada Paposo, Ca. 12 Km E Of Caleta Paposo	356722	7232087	Dillon, M. O. & S. Teillier 5139	
Quebrada Peralito	354053	7231968	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Antofagasta: Qda Paposo	357083	7231375	Quezada, M. & E. Ruiz	
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354907	7231108	Gutierrez, G.	
Algarrobo, Quebrada	353706	7230947	Ricardi, M. 2628	
Antofagasta: Quebrada Paposo	355392	7230595	VON BOHLEN 1275	
Cuesta Paposo	353695	7230556	Jiles, C. 5409	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352219	7223683	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Quebrada Matancilla	353789	7223194	ROUGIER 2	
Inventarios Flora Asociada Al Proyecto Minero Arbiodo	356988	7223191	BIOTA LTDA.	2017

Folio004805

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Matancillas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355068	7222817	Gutierrez, G.	
Inventarios Flora Asociada Al Proyecto Minero Arbiodo	354835	7222646	BIOTA LTDA.	2017
Quebrada Exp. Oeste	353511	7222231	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Matancillas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353359	7221780	Gutierrez, G.	
Matancillas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353106	7221586	Gutierrez, G.	
Inventarios Flora Amenazada Asociada Al Proyecto Minero Arbiodo	353070	7221504	BIOTA LTDA.	2017
Cachinales 0-300 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Cono Aluvial	355320	7217163	Gutierrez, G.	
Cascabeles, Quebrada	356066	7198850	Werdermann, E. 104	
Hueso Parado, Ca. 5 Km N Of Taltal	354897	7193851	Dillon, M. O. & S. Teillier 5190	
Antofagasta: Taltal, Qda Peralito	357462	7193695	RICARDI 2469	
Ascenso Hasta Formación De Eulychnia	354091	7192061	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Taltal, Ciudad	351130	7189935	Worth, C. R. 15808	
Antofagasta: Taltal	351461	7189761	WERDERMANN 104	
Taltal, Ciudad	351047	7189090	Johnston, I. M. 5099	1925
Antofagasta: 15 Km Al S Cruce De Taltal	352160	7188415	Arancio, G.	
Quebrada De Taltal, 9 Km Al E De Taltal.	356415	7187922	Teillier, S. 644	1987
Antofagasta: Qda San Ramon, 5 Km N De Taltal	355859	7186256	HOFFMANN & RODRIGUEZ	1987
Antofagasta: Taltal, Qda Changos	350835	7186239	RICARDI 2585	
Antofagasta: Taltal, Qda Changos	350830	7186201	Ricardi, M.	1953
Antofagasta: 15 Km Al S Cruce De Taltal	355004	7183031	Arancio, G.	1991
Antofagasta: Lomas De Taltal, Hacia Panamericana	354228	7182584	ACKERMANN 477	
Taltal. Quebrada De Taltal. Km 9.96. Exp.N	356180	7181885	Teillier, S. & Rundell, P. 2629	
Breas (26? 57' - 68? 50')	358765	7178675	Larrañaga, A.	1888
Cono Deyección Quebrada Tórtolas	334584	7174662	Faúndez L & Larraín B	2006
Antofagasta: Taltal, Qda Setiembre	386145.321	7173663.57	RICARDI 3130	
La Peineta, Quebrada	386499	7171451	Ricardi, M. 3130	
Cono Deyección Quebrada Tórtolas	343056	7171266	Faúndez, L.	2006
Sistema Sierra Vetada	342190	7169519	Faúndez, L.	2006

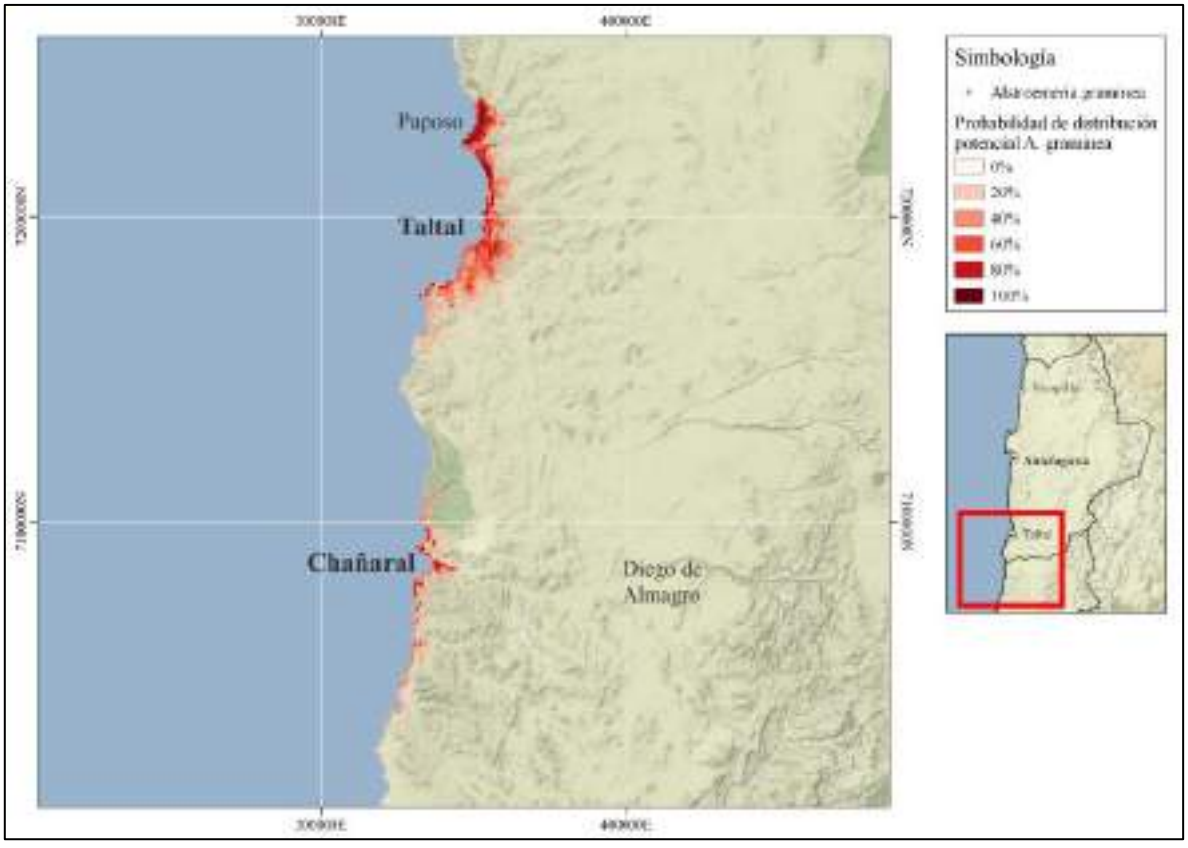
Folio004806

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Chañaral: Parque Nacional Pan De Azucar	336704	7108485	Dillon, M.O. & C. Trujillo C. 8026	1997
Parque Nacional Pan De Azúcar, Oasis De Neblina	334797	7107841	Rundel	
Iii Region: Cha?Aral Pn Pan De Azucar	334454	7105679	Muñoz M. & Meza I. 2310	1987
Barquito, El Localidad Rural	335650	7083458	Johnston, I. M. 4811	1925
Copiapó Panamericana Km 912,5, Quebrada Landeinwärts Zu Einer Goldmine	335466	7076481	Grau 2093	1980
Chañaral: Cerros Frente A Puerto Flamenco	332919	7060436	RODRIGUEZ R 2652	
Copiapo: Entre Caldera Y Chañaral, Caleta Obispito	322711	7036318	RICARDI ET AL 1319	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Alstroemeria graminea* (Figura 175), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.996. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la precipitación del mes de mayo (Figura 177). Se observa que *A. graminea* supera el 0,65% de presencia en lugares que a la precipitación de este mes supera los 1,5 mm.



Folio004807

Figura 175. Modelación de nicho obtenida para *Alstroemeria graminea*.

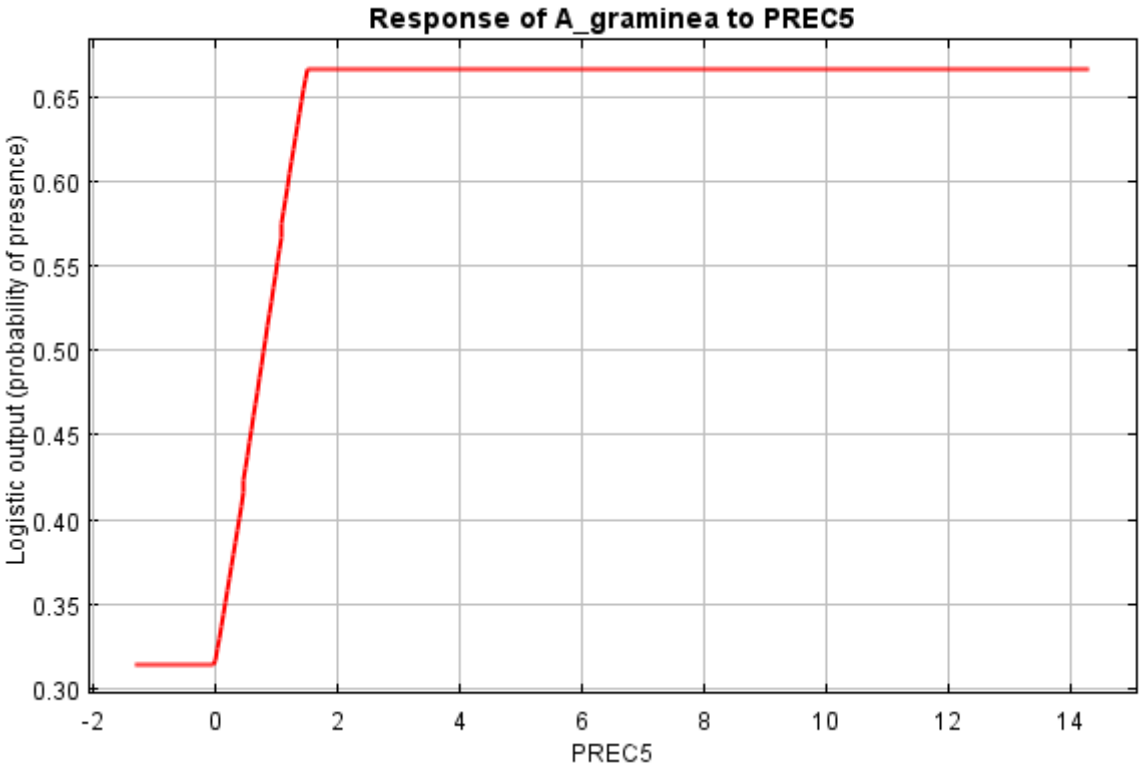


Figura 176. Respuesta de *A. graminea* a la variable PREC5, correspondiente a las precipitaciones del mes de mayo, medidas en mm.

- Abundancia

A pesar de que esta especie tiene diversas observaciones, durante las campañas de terreno ha sido muy difícil observar *Alstroemeria graminea* en terreno, lo que dificultó su medición. Esto podría deberse a que corresponde a una especie anual, y por lo tanto sea observable sólo los años con presencia de lluvias, los cuales no coincidieron con las fechas de las campañas a terreno realizadas en este estudio. Esto se ve reforzado a partir del análisis de nicho potencial (ver sección anterior), el cual determina que la probabilidad de observar la especie depende mayoritariamente en función de la precipitación.

- Análisis histórico

Esta especie fue colectada por primera vez por Larrañaga en 1888. Luego de esto, ha sido comúnmente registrada, sobre todo entre las décadas entre los 1980's y 2010's.

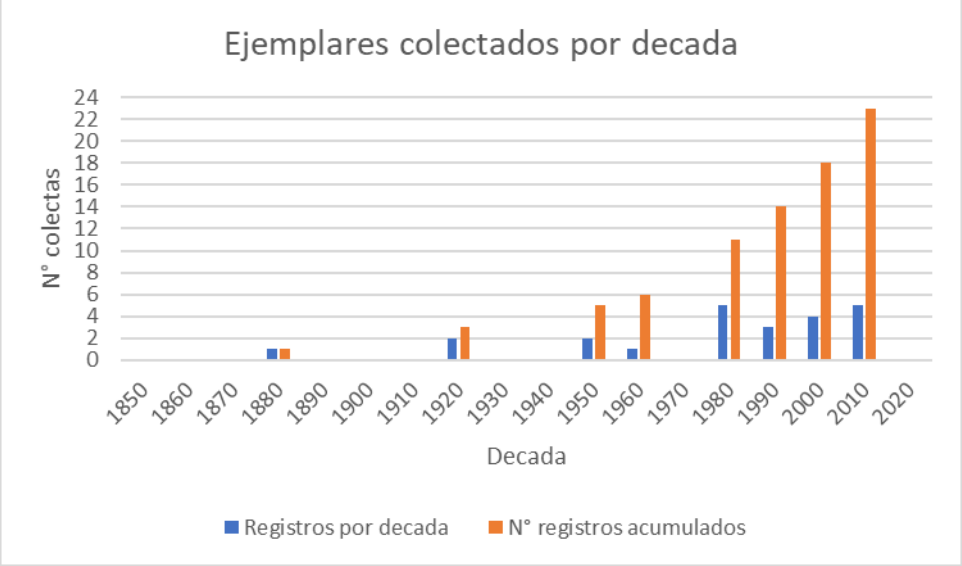


Figura 177. Registros de *Alstroemeria graminea* realizados a través del tiempo.

A pesar de los numerosos registros de esta especie, no ha podido ser corroborada en terreno. Es probable que se deba a la ausencia de precipitaciones en los últimos años.

Figura 178. Corroboración de registros en el área de estudio de *Alstroemeria graminea*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004809

- Amenazas

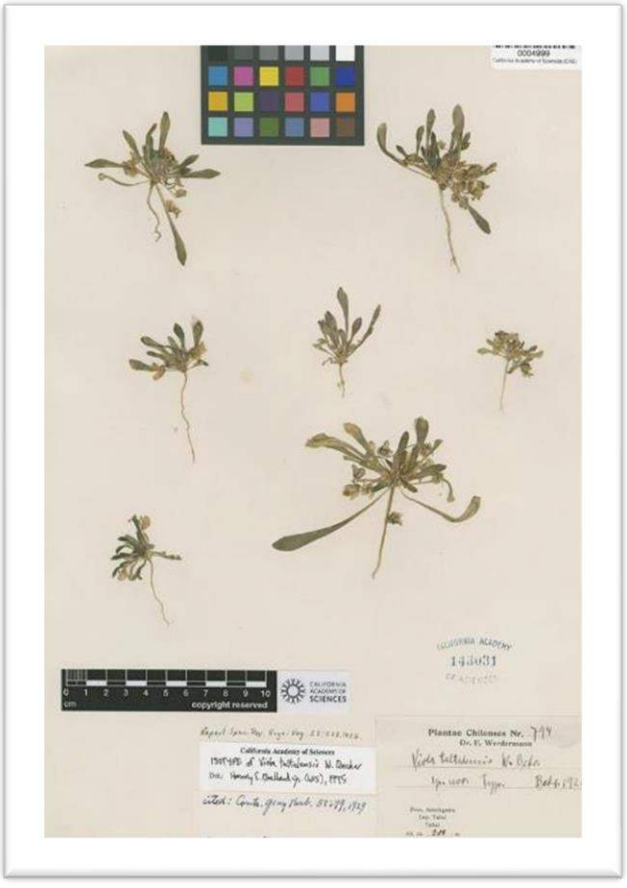
Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 87.12, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.24, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservada en el BBS dos accesiones de esta especie (BB415 y BB1206), ambas provenientes de la Quebrada de los Changos.

39.- *Viola taltalensis* W. Becker

Ranking IPM			**39**
Especie	***Viola taltalensis*** W. Becker		Distribución
Familia	**Violaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**7**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**



Fotografía: https://plants.jstor.org/fsi/img/size1/alukaplant/cas/phase_01/cas0009/cas0004999.jpg

Folio004811

Esta especie, al ser descrita por W. Becker, se separó en dos variedades; *V. taltalensis* var. *taltalensis* y *V. taltalensis* var. *glaberrima*, basado en su pilosidad. Dado que se basó en sólo algunos ejemplares para hacer esta diferenciación, y que no hay una diferenciación notoria por localidad para esto, se estima que se necesita un mayor estudio de más ejemplares para confirmar estas variedades. Además, debido a que las colectas citadas no indican la variedad de la especie, se tratará a este taxón como especie y no individualmente por variedades.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre Aguada Peralito a la Quebrada Los Changos, habiéndose registrado en las localidades de la Aguada Peralito, Punta Grande, Quebrada Bandurrias, Quebrada San Ramón, Hueso Parado, Quebrada Taltal y la Quebrada de los Changos.

Cuadro 69. Localidades de presencia de *Viola taltalensis*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Agua Perales	353706	7230947	M. Ricardi 2626	1953
Peralito			M. Ricardi 2460	1953
Punta Grande			Johnston 5571	1925
Quebrada Bandurrias			F. Schlegel 7875	1995
Quebrada San Ramón			A. Hoffmann y X. Rodriguez 168	1987
Hueso Parado			Johnston 5164	1925
Hueso Parado			M. Ricardi 2707	1953
Palo Varado			M. Ricardi 2519	1953
Taltal	352491	7188103	C. Marticorena 9576	1983
Taltal			Wendermann 794	1925
Quebrada Taltal	358572	7178599	M. Muñoz & I. Meza 228	1987
Quebrada Taltal			S. Teillier 587	1987
Quebrada Taltal			U. Eggli & B. E. Leuenberger	1991
Quebrada de los Changos			M. Ricardi 2578	1953

Fuente: Johnston (1929), SGO.

Folio004812

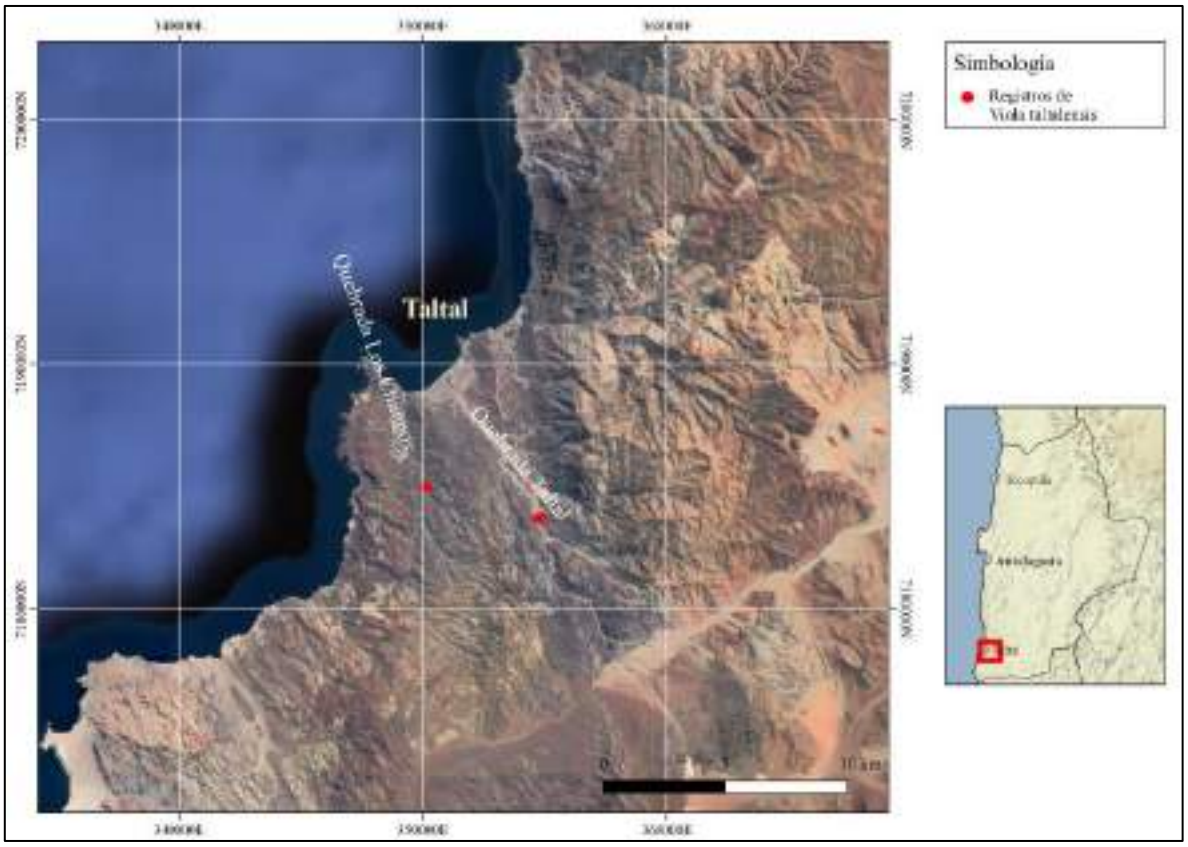


Figura 179. Distribución de presencias de *Viola taltalensis*.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Durante la campaña a terreno, no fue posible localizar esta especie para determinar su abundancia. Es posible que esta especie sea observada sólo durante años con precipitaciones, lo que explicaría porque no fue observada.

- Análisis histórico

Pareciera que esta especie ya ha sido recurrentemente colectada. Sin embargo, desde los 1990s, no se ha registrado nuevamente.

Folio004813

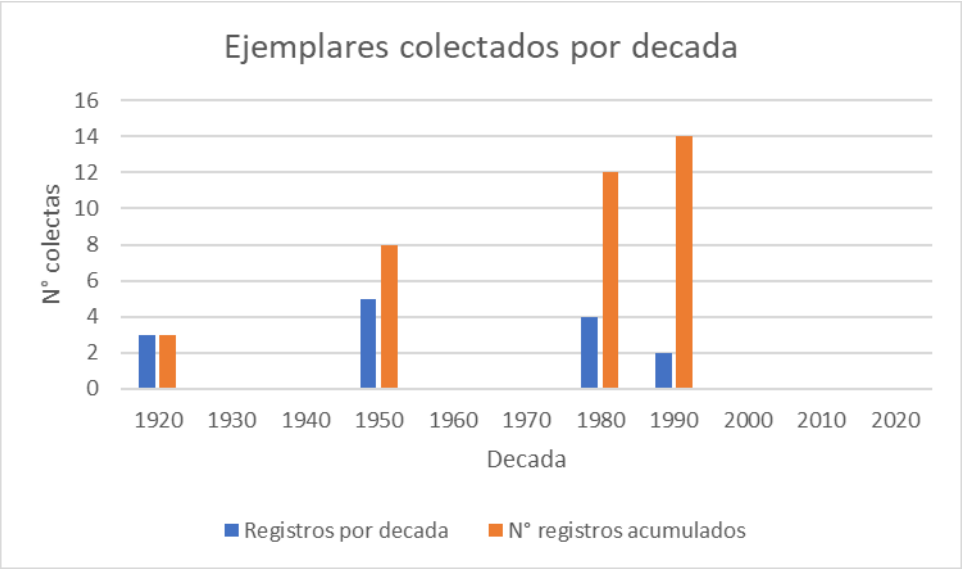


Figura 180. Registros de *Viola taltalensis* realizados a través del tiempo.

A partir de lo corroborado en terreno, esta especie no pudo ser encontrada en las localidades descritas.

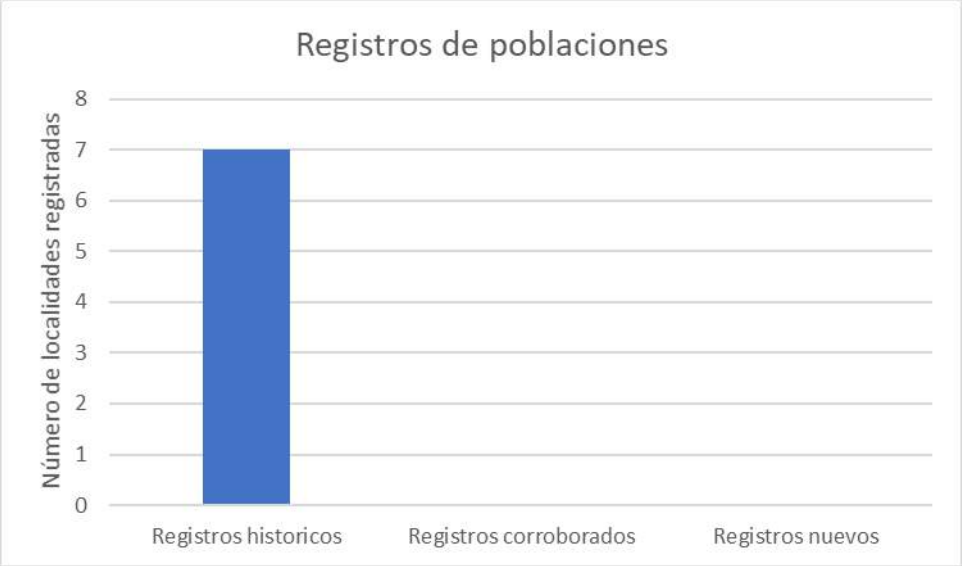


Figura 181. Corroboración de registros en el área de estudio de *Viola taltalensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004814

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 102.3, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 2.76, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada en el BBS una accesión de esta especie (BB1060), proveniente de la Estación Breas.

Folio004815

40.- *Spergularia cremnophila* I. M. Johnst.

Ranking IPM			**40**
Especie	***Spergularia cremnophila*** I. M. Johnst.		Distribución
Familia	**Caryophyllaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**3**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio004816

Esta especie es una de las más raras del género *Spegularia* en Chile continental (Rossbach, 1943), hasta ahora sólo colectada por I. Johnston. No se encuentra en ninguna categoría de conservación.

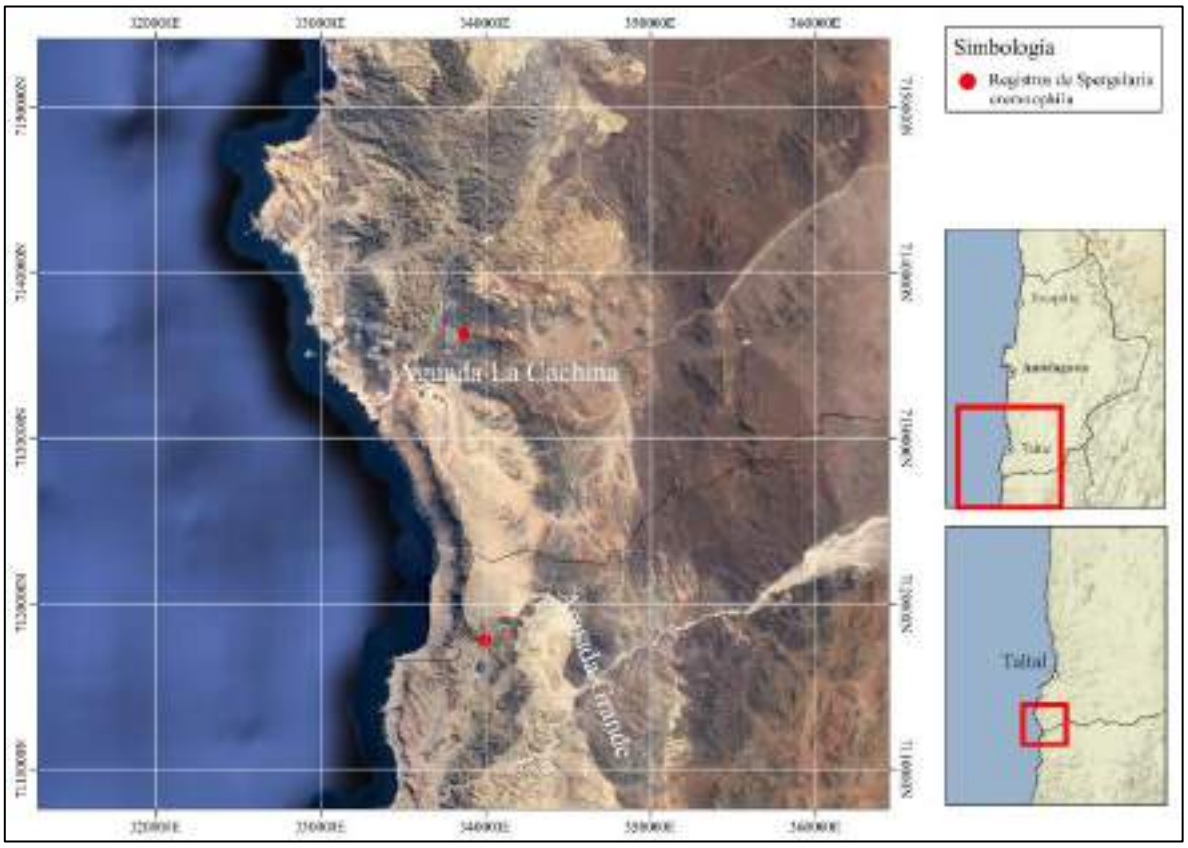
- Presencia

Esta especie se ha colectado sólo en dos localidades, correspondientes a la Aguada Grande (es decir, sector Las Lomitas del PN Pan de Azúcar) y la Aguada La Cachina (justo al norte del PN Pan de Azúcar).

Cuadro 70. Localidades de presencia de *Spergularia cremnophila*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Aguada Grande	-	-	Johnston 5821 (G, US)	1925
Aguada La Cachina	-	-	Johnston 5683 (G, US)	1925
Aguada La Cachina	-	-	Johnston 5684 (G, US)	1925

Fuente: Johnston (1929), Rossbach (1943)



Folio004817

Figura 182. Distribución de presencias de *Spergularia cremnophila*.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Sólo se observó un individuo de esta especie en los farellones de Las Lomitas. Sin embargo, debido a la mala accesibilidad, no se pudo censar la población.

- Análisis histórico

Esta especie fue colectada por primera vez por Johnston en 1925, y desde entonces no hay más registros de su presencia (Figura 183). En el marco de este proyecto, esta especie pudo ser observada en el sector de Las Lomitas en el PN Pan de Azúcar, correspondiente a la localidad de Aguada Grande que cita Johnston (Figura 184).

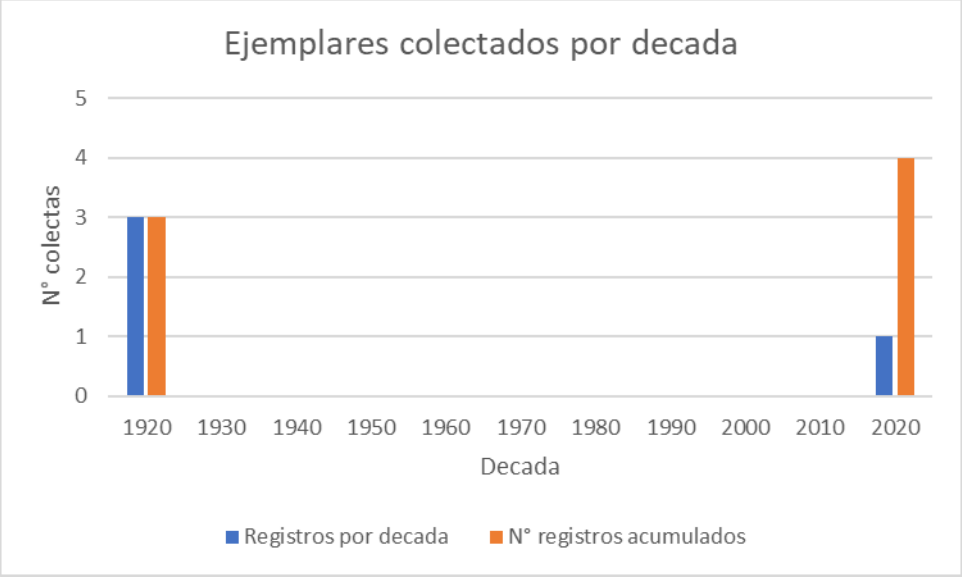


Figura 183. Registros de *Spergularia cremnophila* realizados a través del tiempo.

Folio004818

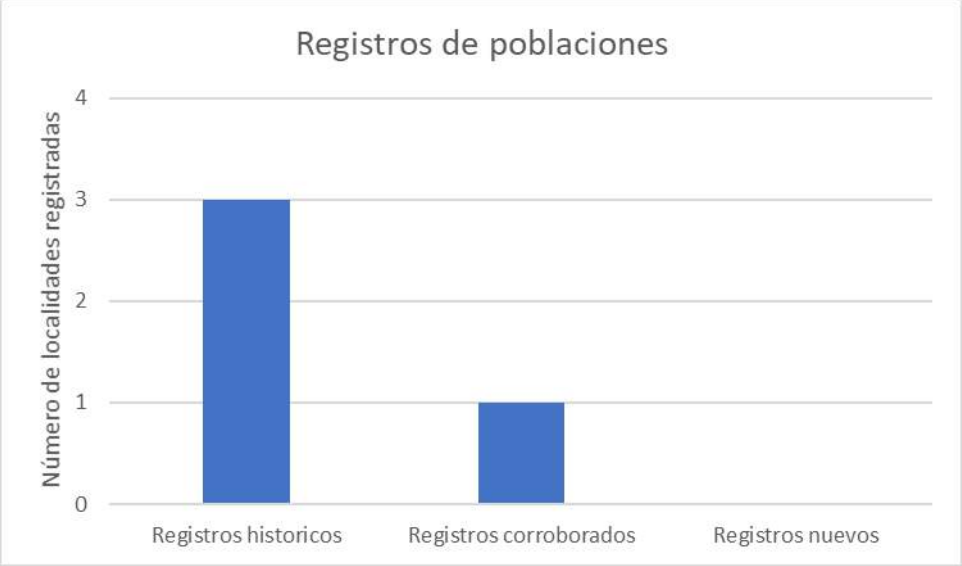


Figura 184. Corroboración de registros en el área de estudio de *Spergularia cremnophila*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 7.66, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 0.19, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004819

41.- *Monttea chilensis* var. *taltalensis* Reiche

Ranking IPM			**41**
Especie	***Monttea chilensis* var. *taltalensis*** Reiche		
Familia	**Plantaginaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**3.168.248**	Superficie estimada (m^2)	**649.131.121**
Número de localidades	**17**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa de la estación más seca**
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**-**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Distribución

Folio004820

Esta especie se encuentra distribuida de manera disyunta en la Región de Antofagasta y la Región de Coquimbo, siendo las poblaciones de la Región de Antofagasta determinadas por K. Reiche como *M. chilensis* var. *taltalensis*, mientras que las de la Región de Coquimbo serían la var. *chilensis*. Aunque I. Johnston opina que la morfología entre estas dos variedades no es muy distinta, en este diagnóstico se analizará la var. *taltalensis* como un taxón distinto a la var. *chilensis*. La especie se encuentra clasificada en categoría "Vulnerable" según el DS 51/2008 MINSEGPRES.

- Presencia

M. chilensis var. *taltalensis* se encuentra distribuida entre Caleta Botija hasta el Cerro Perales, habiéndose colectado en las localidades de Botija, Miguel Díaz, Quebrada La Plata, El Médano, Quebrada Las Cañas, El Rincón, Paposo, Quebrada Peralito, Quebrada la Totorita, Quebrada Yerbas Buenas, Quebrada El Cura, Quebrada Matancillas, Quebrada La Oveja, Potrerillos, Cachinales, Bandurrias y el Cerro Perales.

Cuadro 71. Localidades de presencia de *Monttea chilensis* var. *taltalensis*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Qda De Botija	342944	7289497	HOFFMANN 184	1988
Miguel Díaz	343224	7285220	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Miguel Díaz	343546	7285041	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	343377	7284885	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Miguel Díaz	343411	7284661	Gutierrez, G.	
Miguel Díaz	342025	7284611	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Miguel Díaz	342981	7284425	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	343094	7284400	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	343200	7284396	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	343198	7284377	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	342258	7284037	Johnston, I. M. 5344	1925
Miguel Díaz	342258	7284037	Johnston	
Miguel Díaz	342258	7284037	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Miguel Díaz	342258	7284037	Gutierrez, G.	
Miguel Díaz	342258	7284037	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	
Miguel Díaz	342258	7284037	Rodríguez, R. 3140	
Miguel Díaz	343012	7283996	Dillon, M. O. 5286	
Miguel Díaz	342159	7283990	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	343006	7283960	Rodríguez, R. 3140	1996
Miguel Díaz	341317	7283941	Schlegel, F. 7970	1985

Folio004821

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Miguel Díaz	341781	7283731	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Miguel Díaz	343538	7279764	Dillon, M. O. 5925	
Quebrada La Plata	344998	7266766	Gutierrez, G.	
Quebrada La Plata	345356	7266698	Gutierrez, G.	
Quebrada La Plata	342311	7265318	Gutierrez, G.	
Aguada El Panul	345245	7258855	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Aguada El Panul	346059	7258042	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
El Médano	346973	7253499	Gutierrez, G.	
El Médano	345847	7252449	Gutierrez, G.	
El Médano	345800	7252146	Gutierrez, G.	
Quebrada Las Cañas	347207	7246946	Gutierrez, G.	
Quebrada Las Cañas	347559	7246861	Gutierrez, G.	
Quebrada Las Cañas	348616	7246730	Gutierrez, G.	
Qda. Al Norte De Majada Rincón, Ladera Exp. Sur	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	349561	7242610	Gutierrez, G.	
Qda. Al Norte De Majada Rincón, Ladera Exp. Sur	349001	7242571	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada La Rinconada, Ca. 5 Km N Of Paposo	350558	7241990	Dillon, M. O. 8066	
Rincón, Punta Del	347222	7241848	Johnston, I. M. 5237	1925
Sector Rinconada 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	350045	7241717	Gutierrez, G.	0
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	
Sector El Gaucho 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	349354	7241052	Gutierrez, G.	
Quebrada Portezuelo	353665	7234232	Arancio, G. 10725	1997
Paposo, Localidad Rural	352432	7233398	Philippi, R. A.	
Paposo, Localidad Rural	352432	7233398	Johnston	
Paposo	352432	7233398	Philippi, R. A.	
Paposo	352432	7233398	Sin información	
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Quebrada Portezuelo 300-800 M, Exposición Sur-Este, Posición De Lecho Quebrada	353934	7233286	Gutierrez, G.	

Folio004822

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Portezuelo 300-800 M, Exposición Sur-Este, Posición De Lecho Quebrada	354113	7232827	Gutierrez, G.	
Quebrada Portezuelo	354113	7232827	Arancio, G. 10725	
Quebrada Portezuelo	355053	7232621	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Paposo	355367	7232404	LOYOLA 7	1992
Qda Paposo	355367	7232404	Jiles, C. 4952	1966
Quebrada Peralito	354053	7231968	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Quebrada Paposo (Perales) 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354740	7231507	Gutierrez, G.	
Q. Paposo, Q. Peralito	357083	7231375	Sin información	
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357083	7231375	Gutierrez, G.	
Quebrada Peralito	357083	7231375	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	
Paposo (Route N 1, 50 Km Au Nord De Taltal) Rochers De Bord De Mer	357083	7231375	Billet, F. & B. Jadin 3031975	
Q. Paposo, Q. Peralito	354828	7231121	Sin información	2005
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354907	7231108	Gutierrez, G.	
Quebrada La Totorita 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353551	7230566	Gutierrez, G.	
Quebrada La Totorita	353695	7230556	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Quebrada Paposo (Perales) 800-1000 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355590	7230440	Gutierrez, G.	
Quebrada La Totorita 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353723	7230200	Gutierrez, G.	
Paposo (Route N 1, 50 Km Au Nord De Taltal) Rochers De Bord De Mer	353400	7229774	Billet, F. & B. Jadin	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352928	7223821	Gutierrez, G.	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352219	7223683	Gutierrez, G.	
Quebrada El Cura Desde Portezuelo Hasta Norte De Qda Matancillas, Cabecera Quebrada Exp. Oeste	353643	7223542	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada Matancilla, Lower Slopes	353790	7223194	Dillon, M. O. 8132	
Paposo, Qda Matancilla	353783	7223157	Schlegel, F. 7913	1985

Folio004823

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Qda Matancilla	353783	7223157	HOFFMANN 259	1988
El Cura 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352920	7223130	Gutierrez, G.	
El Cura 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352631	7223040	Gutierrez, G.	
Ladera Inclinada Casi Vertical, Exp. Sur Y Oeste	352631	7223040	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Sobre Quebrada El Cura, Ladera Exp. Nor - Nor-Oeste	353052	7223015	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Matancillas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355068	7222817	Gutierrez, G.	
Ladera Inclinada Casi Vertical, Exp. Sur Y Oeste	353181	7222691	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Inventarios Flora Asociada Al Proyecto Minero Arbiodo	354488	7222689	BIOTA LTDA.	2017
Inventarios Flora Asociada Al Proyecto Minero Arbiodo	354835	7222646	BIOTA LTDA.	2017
Ladera Exp. Sur	353904	7222415	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Inventarios Flora Asociada Al Proyecto Minero Arbiodo	354077	7222394	BIOTA LTDA.	2017
Quebrada Exp. Oeste	353511	7222231	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Quebrada Matancilla, Ca. 5 Km S Of Punta Grande, 35 Km N Of Taltal	353388	7222006	Dillon, M. O. 5779	
Ladera Exp. Norte	353770	7221964	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Ladera Exp. Norte	353359	7221780	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Matancillas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353359	7221780	Gutierrez, G.	
Paposo, Qda Matancilla	353359	7221780	Schlegel, F. 7913	
Matancillas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353106	7221586	Gutierrez, G.	
La Oveja 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354528	7220526	Gutierrez, G.	
La Oveja 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354291	7220261	Gutierrez, G.	
Potrerillos 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355897	7219542	Gutierrez, G.	
Potrerillos 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355858	7219524	Gutierrez, G.	
Cachinales	355461	7217285	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales	355536	7217261	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006

Folio004824

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cachinales	355438	7217199	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales	355405	7217127	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales	355705	7217113	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355997	7217034	Gutierrez, G.	
Cachinales	355819	7217004	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales	354976	7216844	Gutierrez, G.	
Cachinales	354976	7216844	Faúndez, L.	
Cachinales	354976	7216844	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357543	7210943	Gutierrez, G.	
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	356241	7210689	Gutierrez, G.	
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355959	7208818	Dillon, M. O. 5256	
Taltal	352123	7191105	Johnston	
Taltal	351818	7191048	Johnston, I. M. 5174	
Taltal	351818	7191048	Sin información	
Taltal	351130	7189935	Werdermann, E. 857	
Taltal	351047	7189090	Borchers	
Taltal	351047	7189090	Johnston	
Taltal	351047	7189090	Borchers	
Taltal	351047	7189090	Sin información	
Cerro Perales, Ca. 5 Km E Of Taltal	357190	7187785	Dillon, M. O. 5526	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Monttea chilensis* var. *taltalensis* (Figura 185), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.998. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la humedad relativa de la estación más seca (Figura 186), la cual en la presencia de esta especie corresponde al verano en los sitios bajo los 400 msnm, mientras que en los sitios sobre los 600 msnm es en invierno. Se observa que la probabilidad de presencia de *Monttea chilensis* var. *taltalensis* es cercana al 95% en lugares en que la humedad relativa en la estación más seca es superior a 85%.

Folio004825

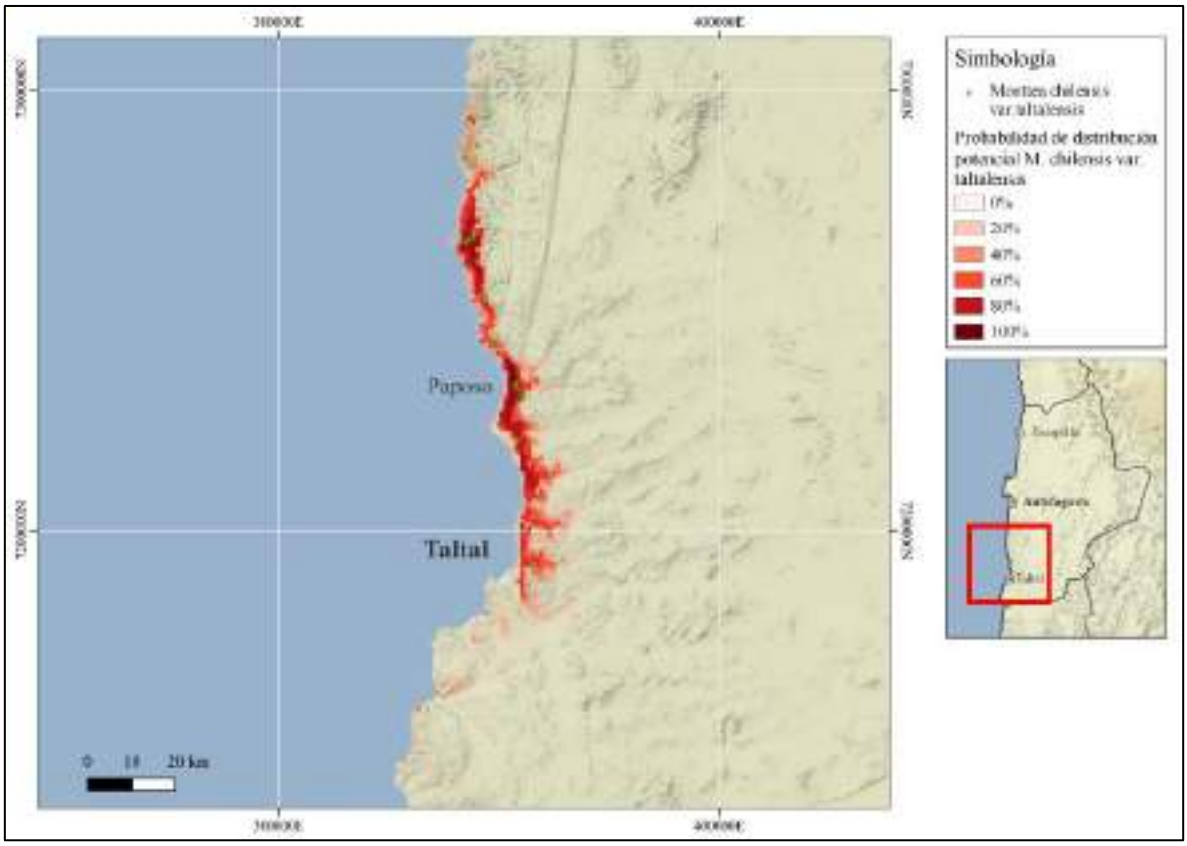
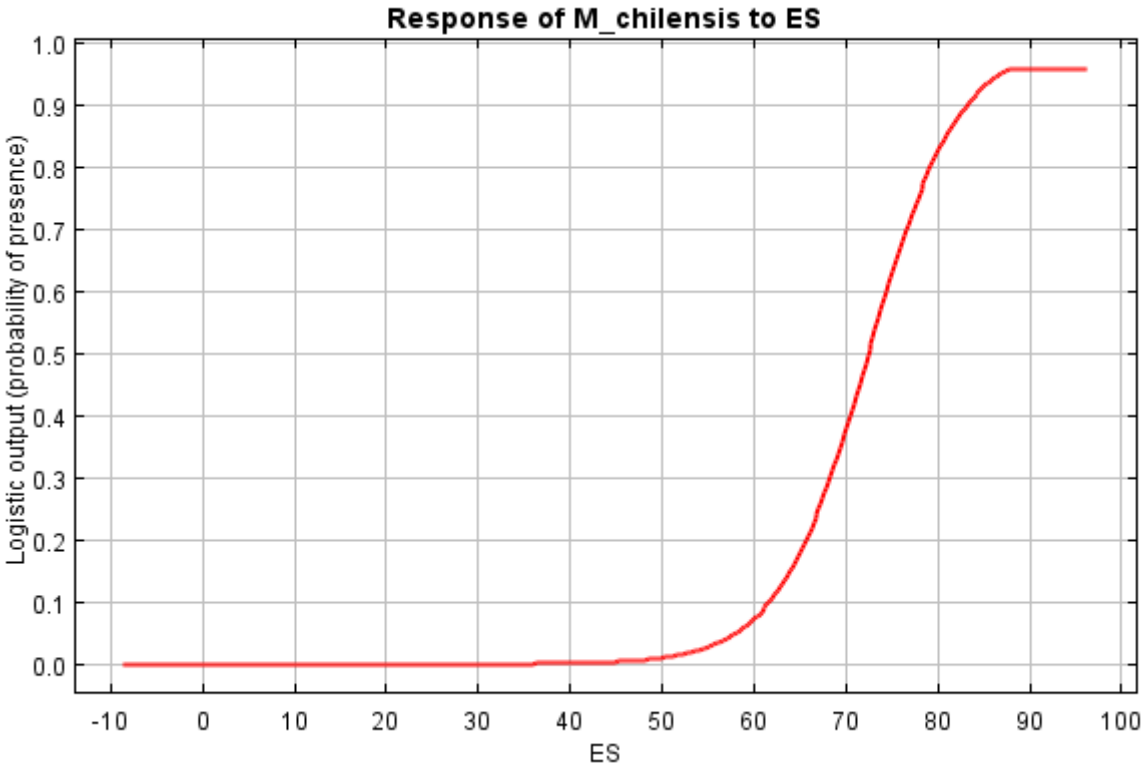


Figura 185. Modelación de nicho obtenida para *Monttea chilensis* var. *taltalensis*.



Folio004826

Figura 186. Respuesta de *M. chilensis* var. *taltalensis* a la variable ES, correspondiente a la humedad relativa en la estación más seca.

- Abundancia

Según las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 2 individuos por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.
Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.276 (p = 4.452E-10). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 649.131.121 m^2.
Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 3.168.248 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Este taxon tiene diversas colectas, con el mayor de los registros provenientes de Biota (2018) en la década de los 2000´s.

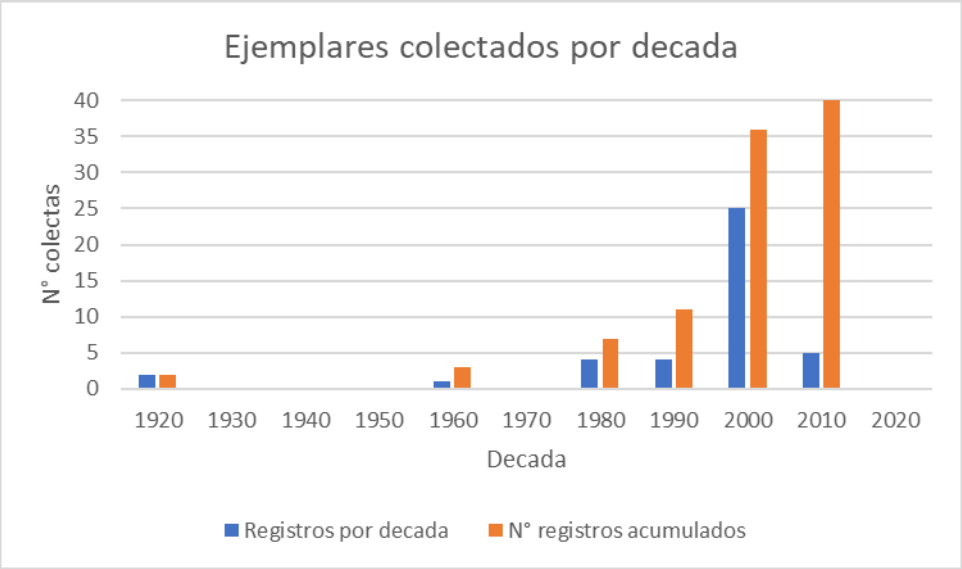
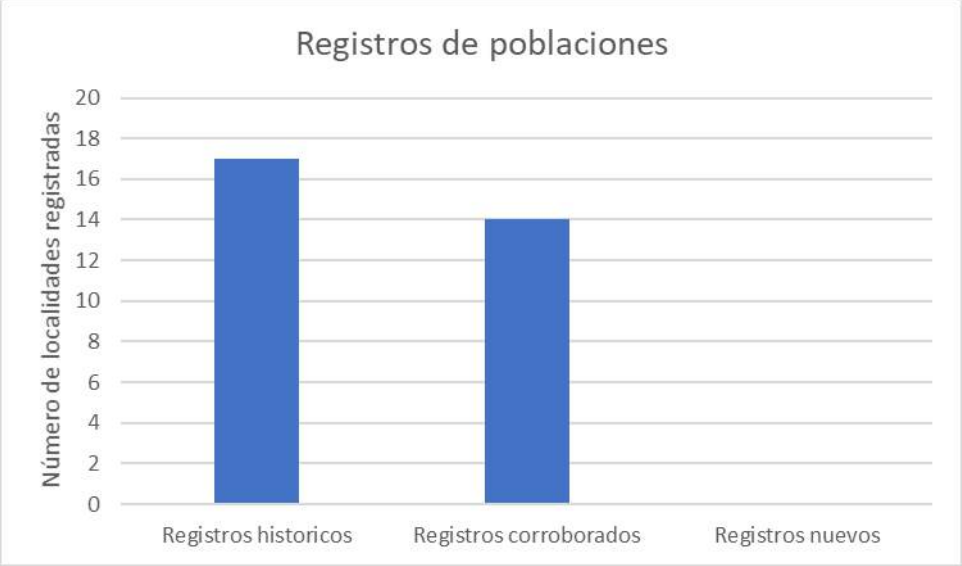


Figura 187. Registros de *Monttea chilensis* var. *taltalensis* realizados a través del tiempo.

La mayoría de las localidades registradas fueron corroboradas en este estudio.

Folio004827



Cuadro 72. Corroboración de registros en el área de estudio de *Monttea chilensis* var. *taltalensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 188 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la ganadería extensiva.

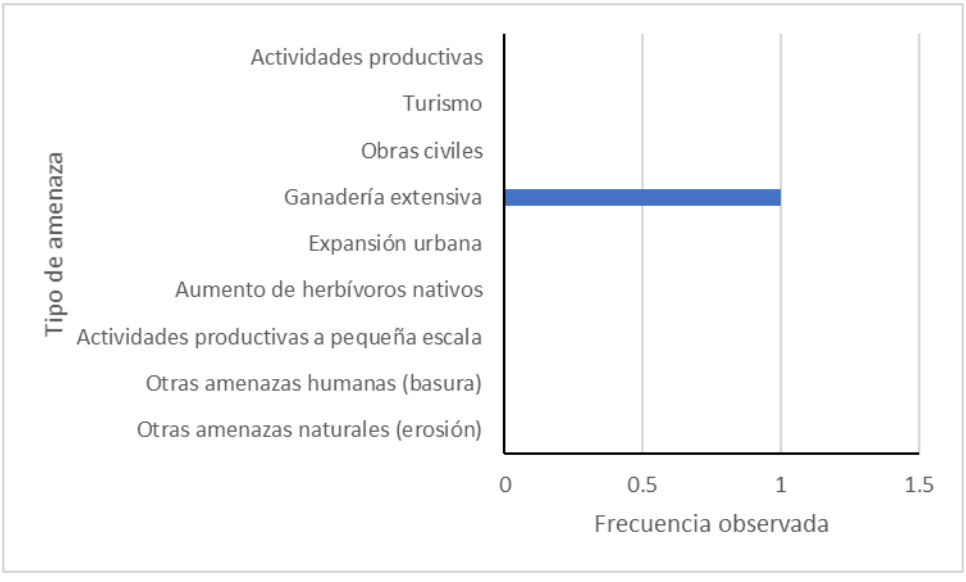


Figura 188. Amenazas registradas para *Monttea chilensis* var. *taltalensis*.

Folio004828

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 54.63, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.31, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Este taxón no se encuentra conservado en el BBS.

Folio004829

42.- *Berberis litoralis* Phil.

Ranking IPM			**42**
Especie	***Berberis litoralis*** Phil.		Distribución
Familia	**Berberidaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**40**	Superficie estimada (m^2)	**3.600**
Número de localidades	**3**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio004830

Esta especie se encuentra en categoría “En Peligro” según el DS 151/2007 MINSEGPRES.

- Presencia

Berberis litoralis se encuentra restringida entre Miguel Díaz a Cachinales, encontrándose sólo en tres localidades, correspondientes a Miguel Díaz, El Rincón y Cachinales.

Cuadro 73. Localidades de presencia de *Berberis litoralis*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Al Oeste De Q. Miguel Díaz	343318	7285102	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Quebrada Al Oeste De Q. Miguel Díaz	343311	7285094	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Quebrada Al Oeste De Q. Miguel Díaz	343546	7285041	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Quebrada Al Oeste De Q. Miguel Díaz	343290	7285023	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 130	2010
Quebrada Al Oeste De Q. Miguel Díaz	343303	7285018	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Quebrada Al Oeste De Q. Miguel Díaz	343294	7284971	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Miguel Diaz	343411	7284661	Gutierrez, G.	
Miguel Diaz	341156	7284459	Richter M. & M. Villarroel O.	
Miguel Diaz	342258	7284037	Philippi, R. A.	1853
10.5 Km N Of Paposo, La Rinconada	348502	7245290	Landrum, L. R. 7460	1991
10.5 Km N Of Papaoso, La Rinconada. Ca. 2 Km E Of The Ocean In The Quebrada.	348496	7245253	Landrum, L. R.	1991
Cerro Rincón 800-1000 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	348980	7245011	Gutierrez, G.	
El Rincón	349052	7243516	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Antofagasta: Qda Sepultura	348522.2621	7243444.085	QUEZADA & RUIZ 171	
Cerro Rincón 800-1000 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	349501	7243424	Gutierrez, G.	0
Qda Sepultura	348516	7243407	Quezada, M. & E. Ruiz 171	1991
Qda Sepultura	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	
10.5 Km N Of Papaoso, La Rinconada. Ca. 2 Km E Of The Ocean In The Quebrada.	349354	7241052	Landrum, L. R. 184313	1991
10.5 Km N Of Paposo, La Rinconada	349354	7241052	Landrum, L. R. 7460	1991
Qda Sepultura	349354	7241052	Quezada, M. & E. Ruiz 171	

Folio004831

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cachinales, 39 Km S Of Paposo. Large Quebrada Ca. 2 Km W Of Main Coastal Road, Directly Behind House In Fog Zone With Cacti, Oxalis, Nicotiana, And Proustia Common.	355865	7217678	Landrum, L. R. & A. Morales 7492	1991
Cachinales, 39 Km S Of Paposo. Large Quebrada Ca. 2 Km W Of Main Coastal Road, Directly Behind	355859	7217641	Landrum, L. R. & A. Morales	1991
Cachinales-Paposo (Inv_23)	355696	7217428	Faúndez, L.	2006
Cachinales- Paposo/ Ladera Redondeada (Inv_24)	355425	7217351	Faúndez, L.	2006
Cachinales- Paposo/ Ladera Alta (Inv_22)	355916	7217308	Faúndez, L.	2006
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355997	7217034	Gutierrez, G.	
Cachinales- Paposo/ Roquerio (Inv_19)	355819	7217004	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354976	7216844	Gutierrez, G.	
Cachinales, 39 Km S Of Paposo. Large Quebrada Ca. 2 Km W Of Main Coastal Road, Directly Behind	354976	7216844	Landrum, L. R. & A. Morales 3416271	
Cachinales, 39 Km S Of Paposo. Large Quebrada Ca. 2 Km W Of Main Coastal Road, Directory Behin	354976	7216844	Landrum, L. R. 184365	

Fuente: Biota (2018)

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Se censaron los individuos de la población de El Rincón y Miguel Díaz, los cuales registraron 14 y 6 individuos respectivamente. En esta última localidad, se observaron con lentes de teleobjetivo la presencia de más individuos, los cuales no pudieron ser censados debido a la mala accesibilidad del terreno. De manera adicional, se conoce al menos un individuo presente en la localidad de Cachinales.

Folio004832

En grillas de 30 x 30 m, se contó un promedio de 10 individuos en cada una. Considerando que la especie se encuentra presente en 4 grillas, es posible estimar que existen 40 individuos en 3.600 m^2.

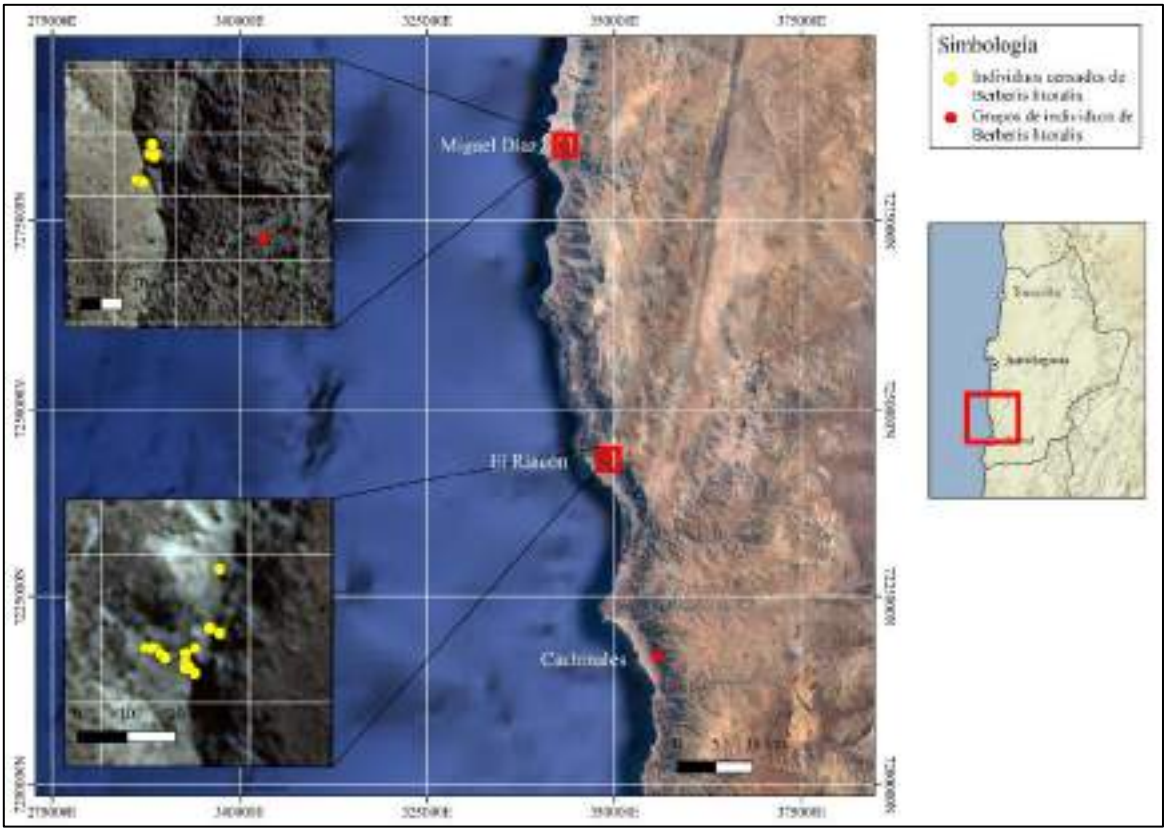


Figura 189. Distribución de presencias de *Berberis litoralis*.

- Análisis histórico

Al parecer esta especie estuvo desaparecida por varias décadas tras su descubrimiento, pero fue bastante registrada durante las últimas décadas.

Folio004833

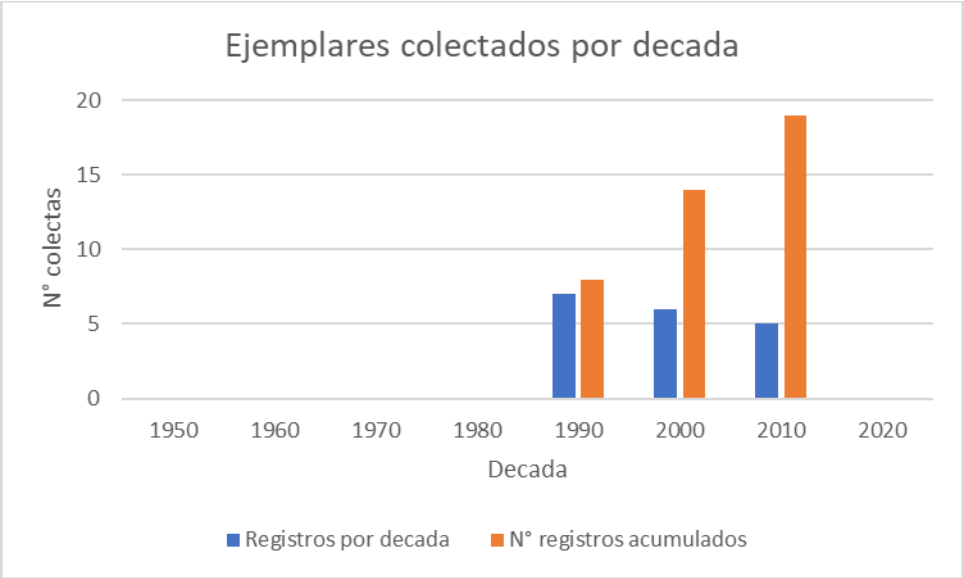


Figura 190. Registros de *Berberis litoralis* realizados a través del tiempo.

De las tres localidades, sólo se corroboró la presencia en dos de estas.

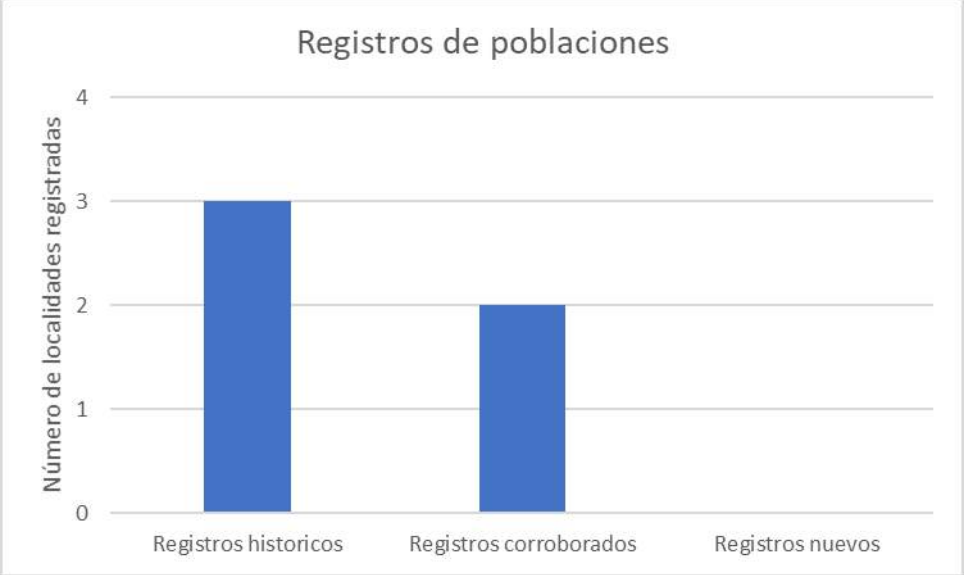


Figura 191. Corroboración de registros en el área de estudio de *Berberis litoralis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Folio004834

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 54.23, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.45, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004835

43.- *Nolana dianae* M. O. Dillon

Ranking IPM			**43**
Especie	***Nolana dianae*** M. O. Dillon		Distribución
Familia	**Solanaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**43.326**	Superficie estimada (m^2)	**2.450.000**
Número de localidades	**5**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Alta**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Aumentando**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Folio004836

Esta especie se describió recientemente por Dillon et al. (2007), y a pesar de ser bastante rara, no se encuentra en ninguna categoría de conservación.

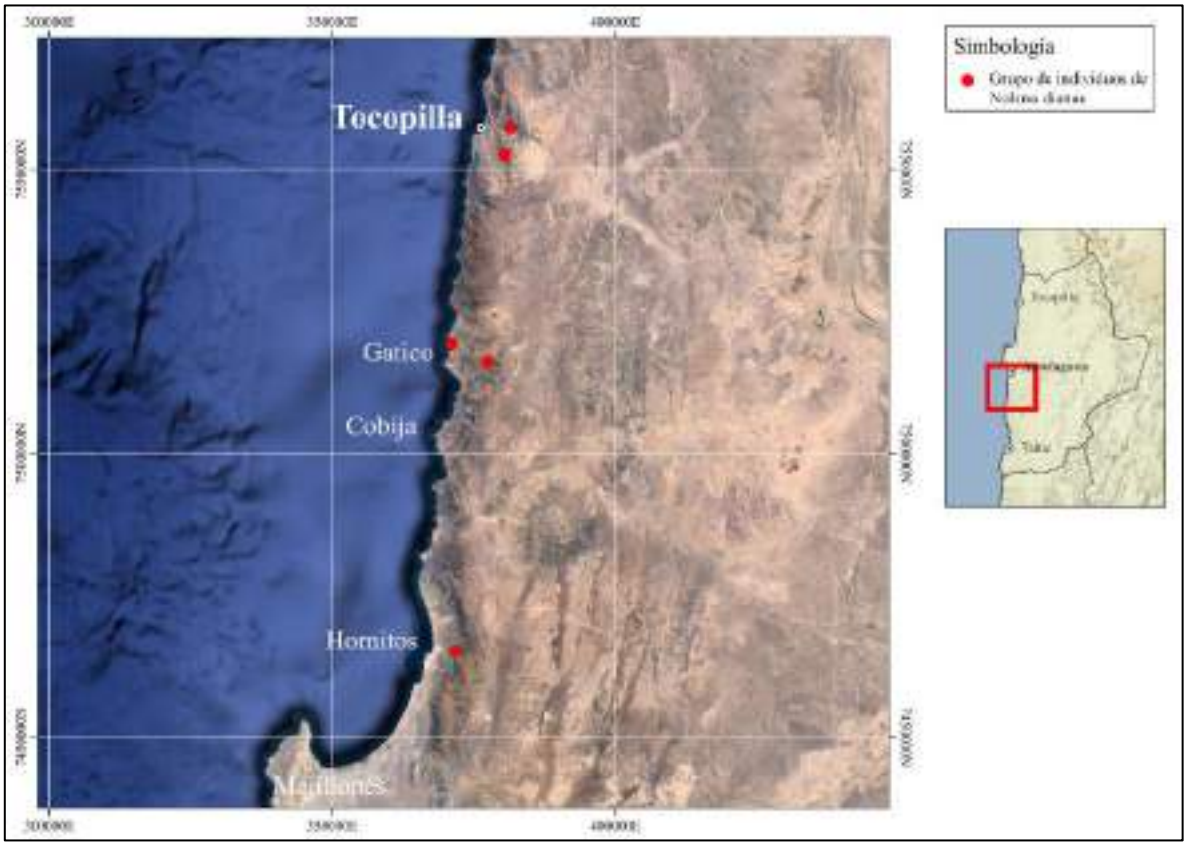
- Presencia

Esta especie en su descripción original (Dillon et al., 2007) se conocía sólo en la Cuesta Barriles y Caleta Hornos. A partir de las campañas a terreno en el contexto de este estudio, fue posible encontrarla en otras localidades, tales como Caleta Buena, Gatico y los cerros al sur de Tocopilla.

Cuadro 74. Localidades de presencia de *Nolana dianae*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cuesta Barriles	381359	7557501	M. O. Dillon & D. Dillon 5707 (F)	1988
Tocopilla	380501	7552716	INIA	2021
Caleta Buena	370994	7519292	INIA	2016
Gatico	377431	7516247	INIA	2020
Caleta Hornos	371812	7465160	M. O. Dillon & D. Dillon 5725 (SGO, F)	1988
Caleta Hornos	371812	7465160	M. O. Dillon & D. Dillon 5728 (F)	1988

Fuente: Dillon et al. (2007), datos propios.



Folio004837

Figura 192. Distribución de presencias de *Nolana dianae*.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie fue medida en parcelas de muestreo, mostrando una densidad de 2 individuos por 113 m^2, siendo encontrada en una superficie de 700 m^2. Asumiendo esta densidad para todos los puntos de presencia, se puede estimar que existe una abundancia de 43.326 individuos distribuidos en 2.450.000 m^2. Sin embargo, al tratarse de una especie anual (Dillon et al., 2007), es posible que su abundancia varíe ampliamente dependiendo de la disponibilidad hídrica anual.

- Análisis histórico

Esta especie fue recientemente descubierta en 1988, la cual ha seguido siendo colectada en los últimos años.

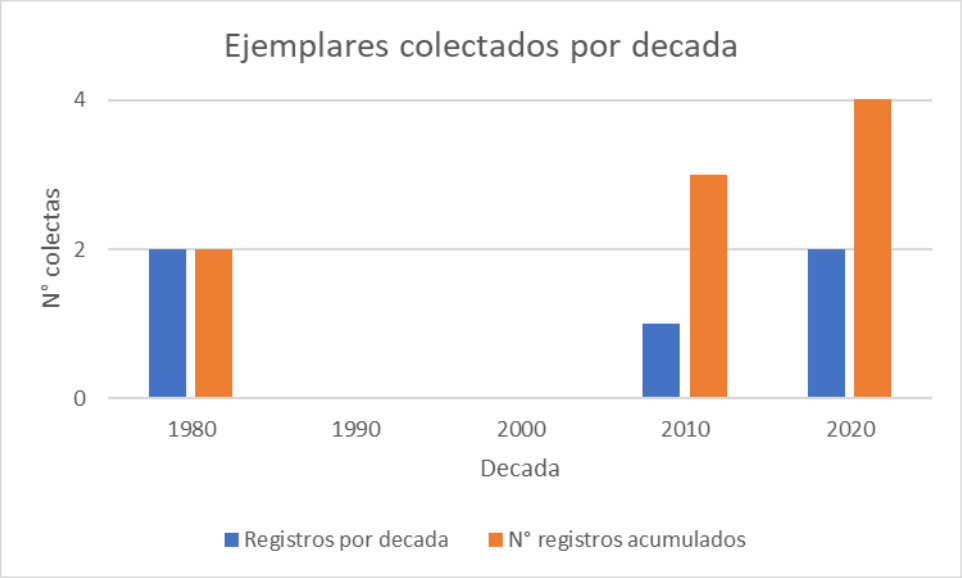


Figura 193. Registros de *Nolana dianae* realizados a través del tiempo.

Folio004838

Originalmente se conocían sólo dos localidades para esta especie. En el contexto de este proyecto se encontraron otras tres localidades más de presencia.

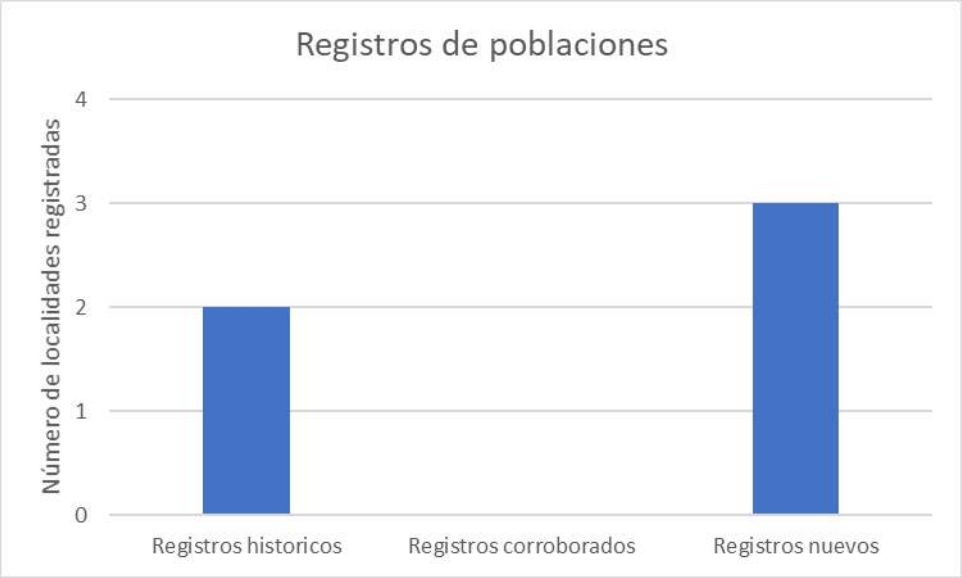


Figura 194. Corroboración de registros en el área de estudio de *Nolana dianae*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 71.95, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 14.38, por lo que se considera una influencia alta.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB1528), proveniente de la quebrada de Gatico.

Folio004839

44.- *Nolana philippiana* M. O. Dillon & Luebert

Ranking IPM			**44**
Especie	***Nolana philippiana*** M. O. Dillon & Luebert		Distribución
Familia	**Solanaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**159.155**	Superficie estimada (m^2)	**12.000.000**
Número de localidades	**2**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Obras civiles**	Tendencia de la especie	**Aumentando**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio004840

Al igual que la especie anterior, esta se describió relativamente hace pocos años (Dillon et al., 2007). Al igual que con *N. dianae*, esta especie aún no se ha clasificado en alguna categoría de conservación.

- Presencia

Esta especie, según su descripción original, se encuentra restringida a Caleta El Cobre (Dillon et al., 2007). Sin embargo, a partir de las campañas a terreno en el contexto de este proyecto, se encontró además una población cercana a Punta Coloso, al sur de Antofagasta.

Cuadro 75. Localidades de presencia de *Nolana philippiana*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Coloso	359877	7363207	INIA	2020
El Cobre	351043	7308681	INIA	2020
15 km SE of Caleta El Cobre	354582	7308118	M.O. Dillon & D. Dillon 5625	1988
15 km E of Caleta El Cobre	354582	7308118	M.O. Dillon & D. Dillon 5624 (F)	1988

Fuente: Dillon et al. (2007), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

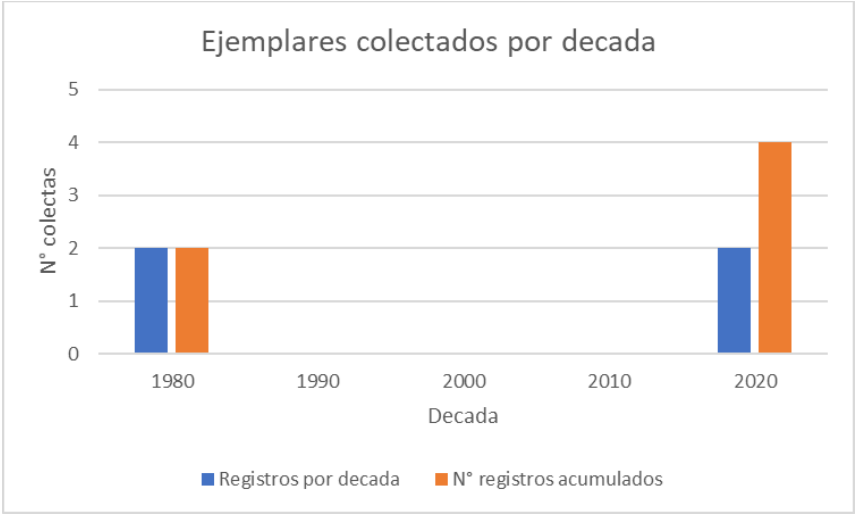
- Abundancia

Esta especie fue registrada en 4 parcelas, donde mostró una abundancia promedio de 1.5 individuos vivos por parcela de 12 m de diámetro. Considerando grillas de 2 x 2 km, esta especie se encontraría en 3 de estas grillas. Considerando de que habría una abundancia de 53.051 individuos por grilla, se podría estimar que existen 159.155 individuos en una superficie de 12.000.000 m^2.
Sin embargo, debido a que se trata de una especie anual, su abundancia varía dependiendo el régimen hídrico anual, pudiendo estar completamente ausente a falta de precipitaciones (Dillon et al., 2007).

Figura 195. Distribución de presencias de *Nolana philippiana*.

- Análisis histórico

Al igual que la especie anterior, *Nolana philippiana* también fue recientemente colectada por primera vez. No se encontraron registros de esta especie entre su descubrimiento y el actual proyecto, pero al tratarse de una especie anual, esta especie no se puede observar todos los años (Dillon et al., 2007).



Folio004842

Figura 196. Registros de *Nolana philippiana* realizados a través del tiempo.

Esta especie fue encontrada en El Cobre, la única localidad antes conocida para *Nolana philippiana*. De manera adicional, se encontró a esta especie en la Quebrada Coloso, donde previamente no había sido registrada.

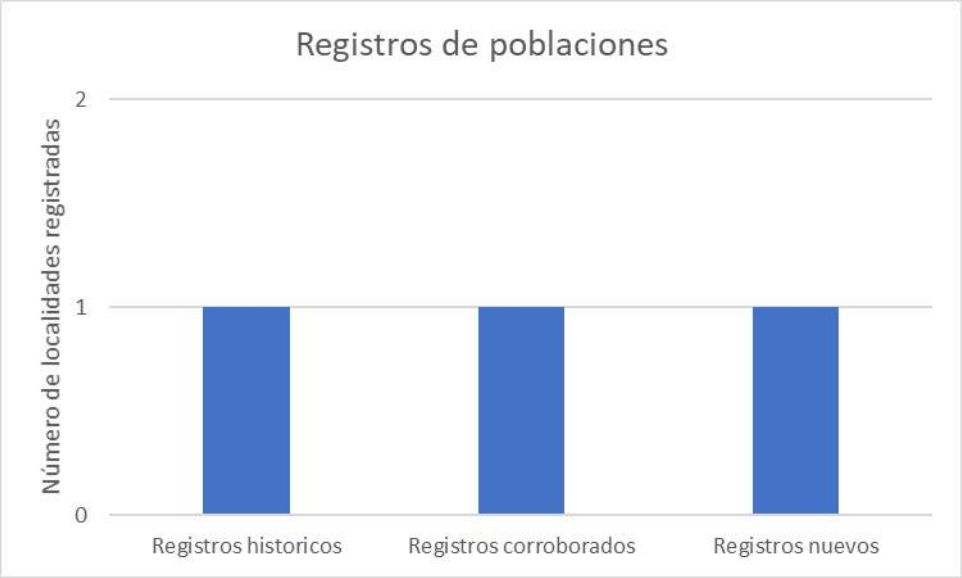


Figura 197. Corroboración de registros en el área de estudio de *Nolana philippiana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

- Amenazas

En la Figura 198 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue obras civiles.

Folio004843

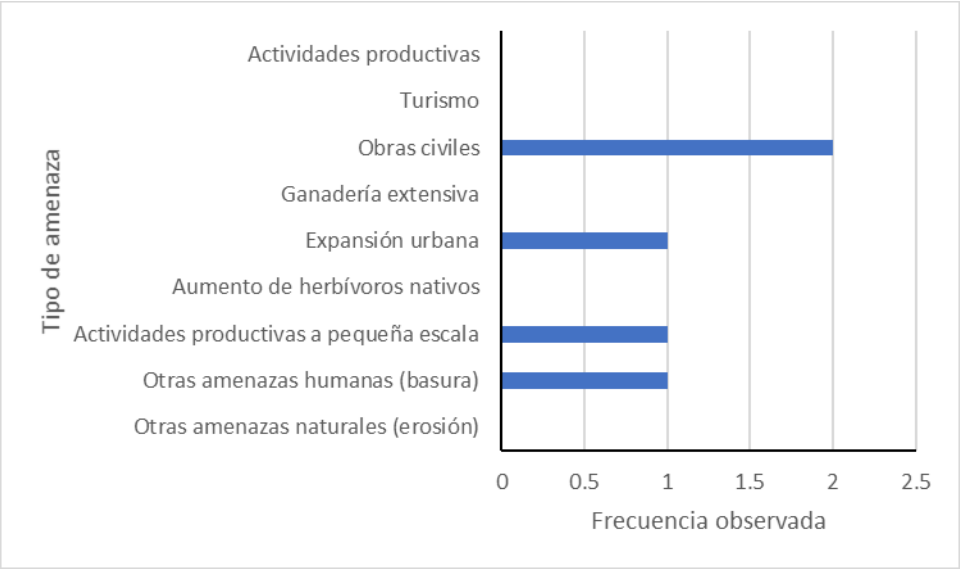


Figura 198. Amenazas registradas para *Nolana philippiana*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 35.57, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 3.9, por lo que se considera una influencia muy baja.

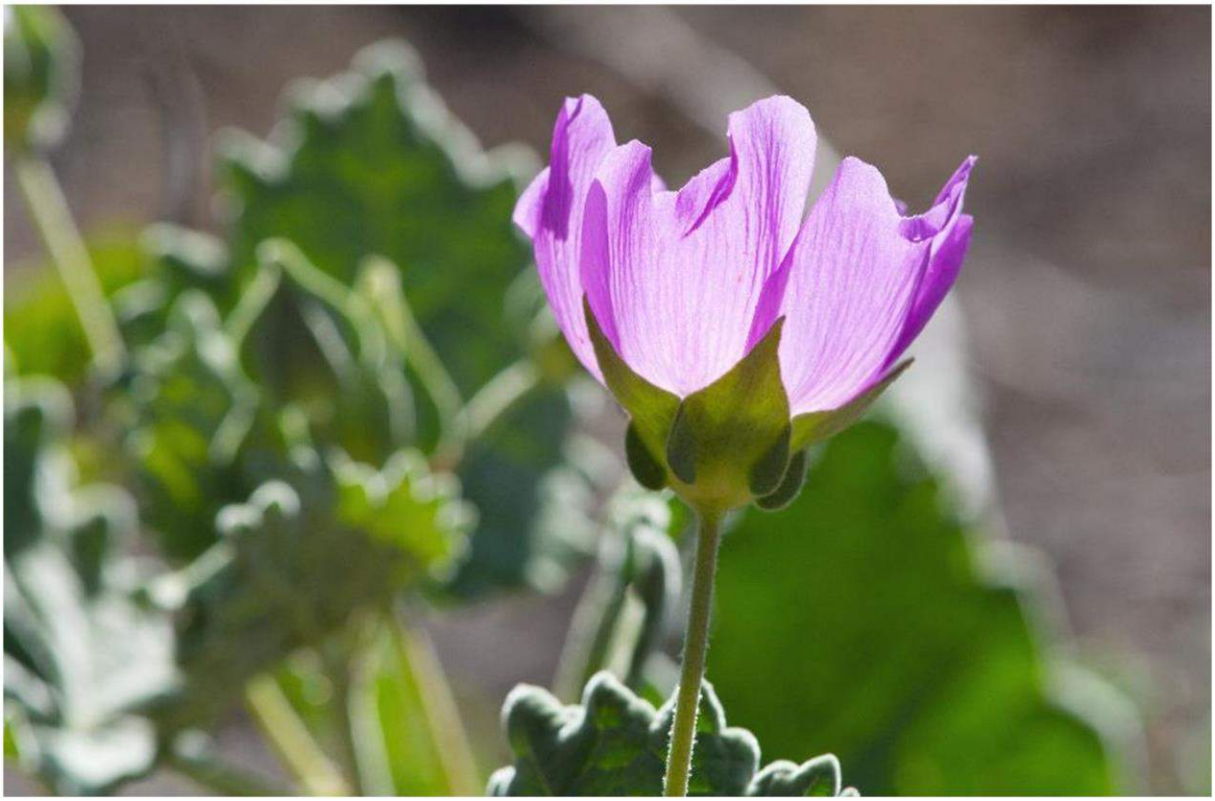
- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004844

45.- *Palaua concinna* I. M. Johnst.

Ranking IPM				45
Especie	***Palaua concinna*** I. M. Johnst.			Distribución
Familia	**Malvaceae**	Categoría de conservación	**VU**	
Número de individuos estimados	**982.295**	Superficie estimada (m^2)	**65.401.290**	
Número de localidades	**18**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa en primavera**	
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	**Erosión**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**2**	



Folio004845

Esta especie se encuentra en categoría “Vulnerable” según el DS 41/2011 MMA.

- Presencia

Palaua concinna se ha colectado desde Miguel Díaz hasta Quebrada Bandurrias, habiéndose colectado en las localidades de Miguel Díaz, Quebrada La Colorada, Quebrada La Plata, Quebrada El Cardón, Quebrada El Médano, El Rincón, Quebrada Yumbes, Quebrada Los Yales, Paposo, Cerro Mirador, Quebrada Yerbas Buenas, Quebrada El Cura, Quebrada Matancillas, Quebrada La Oveja, Potrerillos, Cachinales y Quebrada Bandurrias.

Cuadro 76. Localidades de presencia de *Palaua concinna*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
North Side Of Punta Dos Reyes, Ca. 39 Km S Of Quebrada El Cobre	340961	7286188	Dillon, M. O. 5903	
Antofagasta: Paposo, Punta Dos Reyes, Ag M Diaz	341303	7285822	SCHLEGEL 7971	
Miguel Díaz	342833	7284992	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz,300 – 800 M, Exposición Sur – Oeste, Posición De Lecho Quebrada	343411	7284661	Gutierrez, G.	
Ridge E Of Punta Dos Reyes	341128	7284466	Dillon, M. O. 5934	
Miguel Díaz, Aguada	342258	7284037	Johnston, I. M. 5364	1925
Ladera Exp. Oeste – Nor-Este	342258	7284037	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Antofagasta: Quebrada Miguel Diaz	341324	7283977	PISANO & BRAVO 445	
Antofagasta: Quebrada La Colorada	341336	7272208	MARTICORENA A ET AL 720	
Antofagasta: Qda La Plata	344886	7267402	QUEZADA & RUIZ 278	
Cardón, Quebrada	344394	7262535	Johnston, I. M. 5269	1925
Aguada El Panul	345258	7259514	INIA	2020
Medano 800-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Lecho Quebrada	346973	7253499	Gutierrez, G.	
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	348980	7245011	Gutierrez, G.	
El Rincón	349059	7243476	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006

Folio004846

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Antofagasta: Cerro El Rincon	346838	7243425	QUEZADA & RUIZ 149	
Cerro Rincón 800-1000 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	349501	7243424	Gutierrez, G.	
Cerro El Rincon	348516	7243407	Quezada, M. & E. Ruiz 149	1991
El Rincon, Qda Del Rincon	346832	7243388	Galvez et al. 46	1989
Qda. El Rincón	349824	7242959	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Qda. El Rincón (B) (Media Ladera Exp. Oeste - Sur-Oeste	349584	7242801	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Qda. Al Norte De Majada Rincón, Ladera Exp. Sur	348941	7242777	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Qda. El Rincón (Fdo. Quebrada) (B)	349862	7242368	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Sector Rinconada 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	350045	7241717	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Quebrada Rincon	348542	7241598	SCHNEIDER & HUERTAS 2968	
Rincón El, Localidad Rural	349354	7241052	Johnston, I. M. 5501	1925
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
Qda. El Rincón (B)	349354	7241052	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Qebrada Yumbes 300-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354984	7236723	Gutierrez, G.	
Quebrada Yumbes 300-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354269	7234961	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Paposo, Qda De Los Yales	355352	7234287	HOFFMANN & RODRIGUEZ 115	
Antofagasta: Mirador De Paposo	353670	7234269	HOFFMANN 195	
Antofafasta: Paposo, Qda De Los Yales	355347	7234250	HOFFMANN & RODRIGUEZ 115	1987
Q. Los Yales, Cerca	355350	7234250	Sin información	
Mirador De Paposo	353665	7234232	HOFFMANN 195	1988
Quebrada Portezuelo	353665	7234232	LEON M 25	1997
Paposo, Localidad Rural	352432	7233398	Philippi, R. A.	
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	

Folio004847

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Paposo, Cuesta Paposo	353947	7233338	Sin información	
Quebrada Portezuelo 300-800 M, Exposición Sur-Este, Posición De Lecho Quebrada	353934	7233286	Gutierrez, G.	
Antofafasta: Paposo, Qda De Los Yales	355581	7232978	HOFFMANN & RODRIGUEZ X 115	
Antofagasta: Quebrada Los Yales, Ca Torre Alta Tension	355372	7232441	ROSAS 2847	
Antofagasta: Paposo	355372	7232441	MORALES 13	
Antofagasta: Paposo	352008	7232405	LOYOLA 31	
Paposo	355367	7232404	Philippi, R. A.	1853
Quebrada Paposo, Ca. 5-12 Km E Of Caleta Paposo	356722	7232087	Dillon, M. O. 5577	
Quebrada Paposo, Ca. 5-7 Km E Of Caleta Paposo	356722	7232087	Dillon, M. O. 5244	
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357083	7231375	Gutierrez, G.	
Guanillo, Quebrada	351929	7231205	Philippi, R. A.	
Paposo	353695	7230556	Philippi, R. A.	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352928	7223821	Gutierrez, G.	
El Cura 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352920	7223130	Gutierrez, G.	
Matancillas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355068	7222817	Gutierrez, G.	
Quebrada Exp. Oeste	353511	7222231	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Antofagasta: Quebrada La Oveja	355489	7221366	ROSAS 2945	
La Oveja 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354528	7220526	Gutierrez, G.	
Potrerillos 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355897	7219542	Gutierrez, G.	
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355997	7217034	Gutierrez, G.	
Cachinalcito	354976	7216844	Johnston, I. M. 5186	
Antofagasta: Quebrada Bandurrias, Al S De Paposo	355588	7212137	PISANO & BRAVO 467	

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Folio004848

Se realizó una modelación de nicho de *Palaua concinna* (Figura 199), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.999. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la humedad en la primavera (Figura 200). Se observa que *P. concinna* supera el 85% de presencia en lugares que a la humedad relativa en primavera de este mes alcanza el 100%.

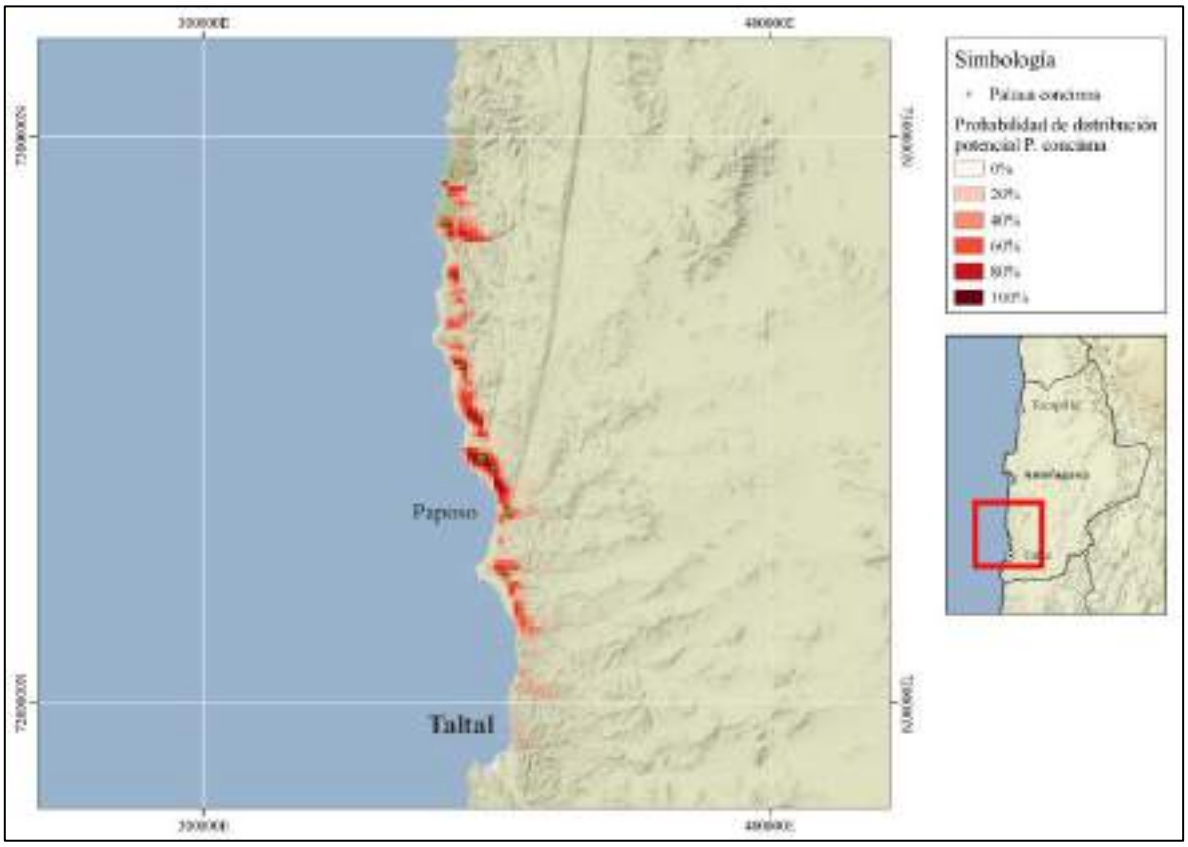


Figura 199. Modelación de nicho obtenida para *Palaua concinna*.

Folio004849

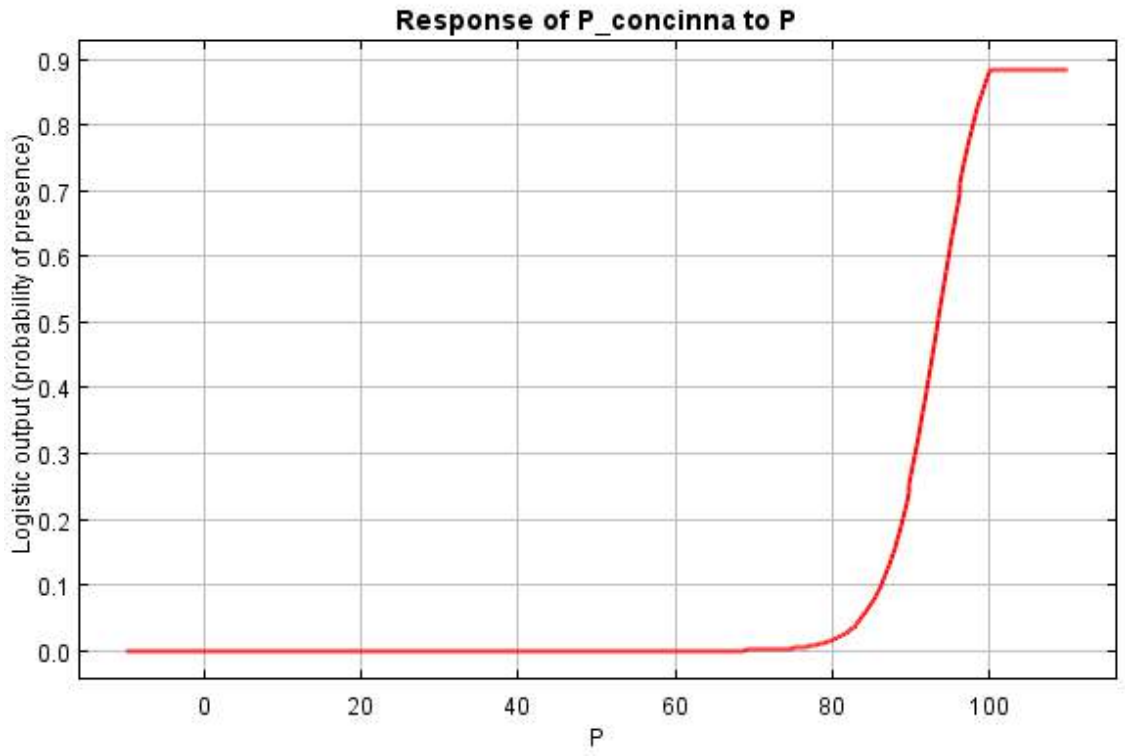


Figura 200. Respuesta de *P. concinna* a la variable P, correspondiente a la humedad relativa en la primavera (23 de septiembre al 21 de diciembre).

- Abundancia

Según las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 2,7 ± 2,08 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.637 (p = 8.085E-7). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 65.401.290 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 982.295 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Esta especie fue descubierta por Philippi, y luego registrada por Johnston. Tras estas colectas, fue más recurrentemente colectada entre los 1980s y 2020s.

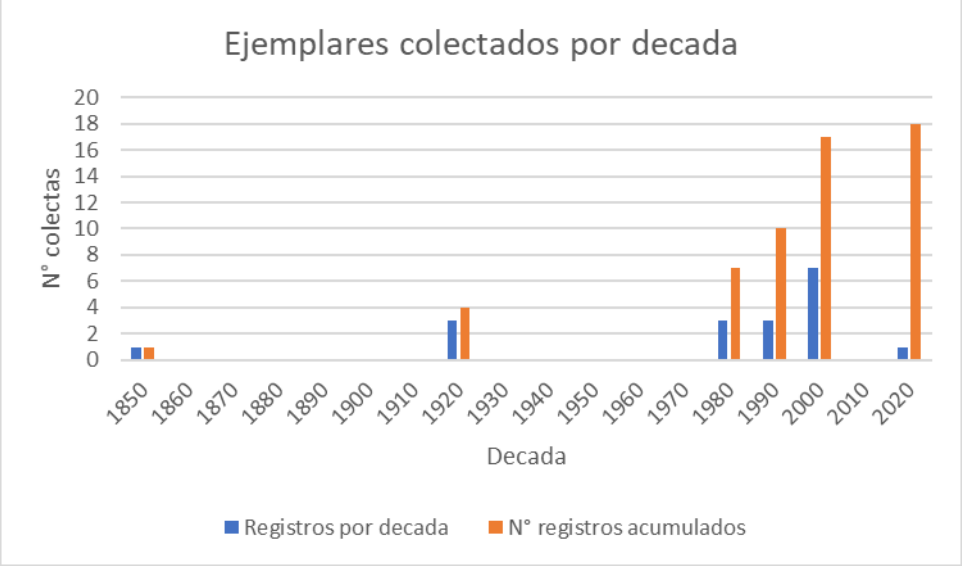


Figura 201. Registros de *Palaua concinna* realizados a través del tiempo.

De esta especie se conocen bastantes localidades, de las cuales se registró en seis de estas. Sólo una localidad que no había sido reportada, correspondiente a la Aguada El Panul.

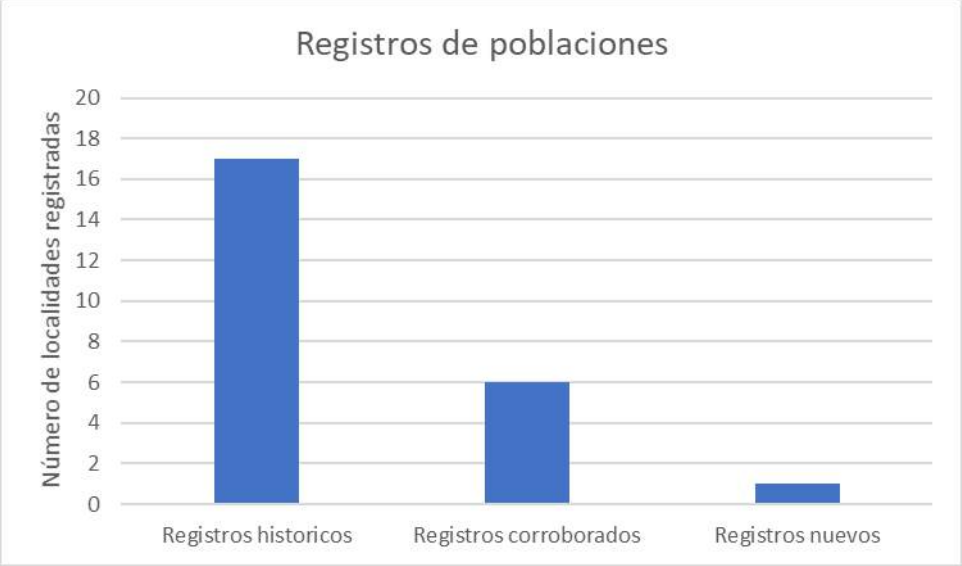


Figura 202. Corroboración de registros en el área de estudio de *Palaua concinna*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Folio004851

En la Figura 203 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la erosión.

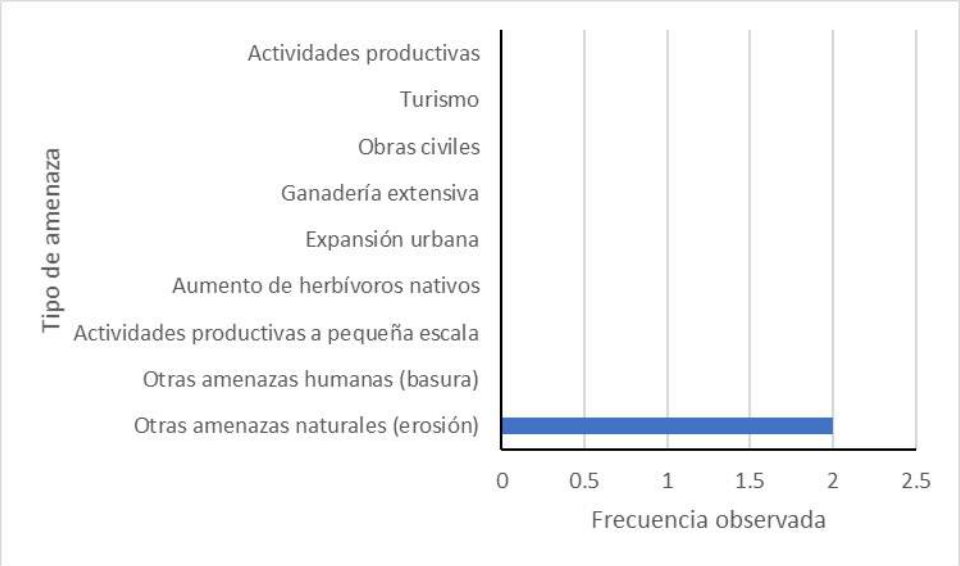


Figura 203. Amenazas registradas para *Palaua concinna*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 68.54, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.67, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas dos accesiones de esta especie (BB466 y BB1571), provenientes de la quebrada de Los Yales y la Quebrada La Sepultura respectivamente.

Folio004852

46.- *Heliotropium inconspicuum* Reiche

Ranking IPM			**46**
Especie	***Heliotropium inconspicuum*** Reiche		Distribución
Familia	**Heliotropiaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**1.110.962**	Superficie estimada (m^2)	**1.256.468.664**
Número de localidades	**13**	Variable climática más relevante	**Isotermalidad**
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio004853

Esta especie no se encuentra en ninguna categoría de conservación.

- Presencia

H. inconspicuum se encuentra entre la Quebrada Destiladora hasta el PN Pan de Azúcar. Se ha colectado en localidades como Quebrada Destiladora, Quebrada Anchuña, Quebrada Matancillas, Cerro Perales, Quebrada Septiembre, Quebrada Taltal, Quebrada El Vetado, Sierra Esmeralda, Las Lozas, Aguada Grande, Las Lomitas, Sierra Las Tipias y Quebrada El Castillo, las tres últimas localizadas en el PN Pan de Azúcar.

Cuadro 77. Localidades de presencia de *Heliotropium inconspicuum*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Quebrada Destiladora	354296	7223175	Luebert, Becker & García 2095 (BSB, SGO)	2004
Quebrada de Anchuña	356635	7208407	INIA	2020
Quebrada Matancilla	360835	7191884	Teillier, Rundel & García 2944 (F, SGO)	1992
Cerro Perales, Aguada Lora	355640	7186888	Luebert, Becker & García 2081	2004
Taltal, Quebrada Setiembre			Ricardi 3122 (CONC)	1954
Quebrada de Taltal	350835	7186239	Teillier, Rundel & García 2851(F, SGO)	1992
Breas			Larrañaga s.n.	1888
Quebrada El Vetado, between Taltal and caleta Cifuncho			Pisano &Bravo 316 (SGO)	1941
Sierra Esmeralda	334458	7136809	Luebert & García 2805/1199 (BSB)	2005
Las Lozas alto	339247	7136191	INIA	2020
Las Lozas bajo	334734	7135046	INIA	2020
Near Aguada Grande			Johnston 5810 (GH)	1925
Pan de Azúcar - Las Lomitas	338646	7124659	INIA	2021
Sierra Las Tipias, Pan de Azúcar National Park	338308	7114084	Schulz 14 (ULS)	2005
Mirador Pan de Azúcar	335378	7111299	Luebert & García 2827/1221 (BSB)	2005
Pan de Azúcar National Park, Quebrada El Castillo	335044	7108503	Schulz PA98 (BSB)	2005

Fuente: Luebert (2013), datos propios.

Folio004854

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Heliotropium inconspicuum* (Figura 204), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.986. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la isotermalidad (Figura 205), definida como la división entre el rango diario de temperatura promedio mensual y el rango anual de temperatura. Se observa que *H. inconspicuum* supera el 85% de presencia en lugares que la isotermalidad es menor a 4. Este valor es mayor en sitios con mayor variación diaria que estacional, mientras que es menor en sitios con mayor variación estacional que diaria.

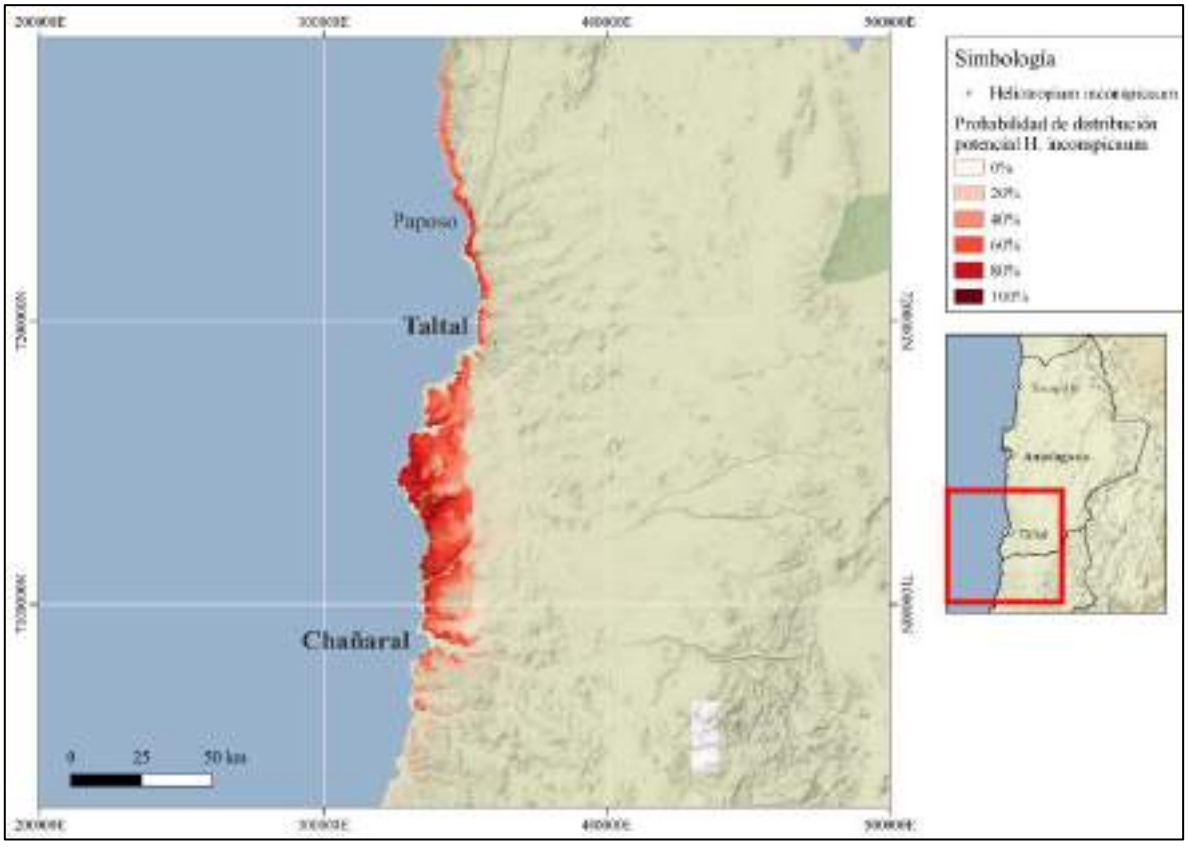


Figura 204. Modelación de nicho obtenida para *Heliotropium inconspicuum*.

Folio004855

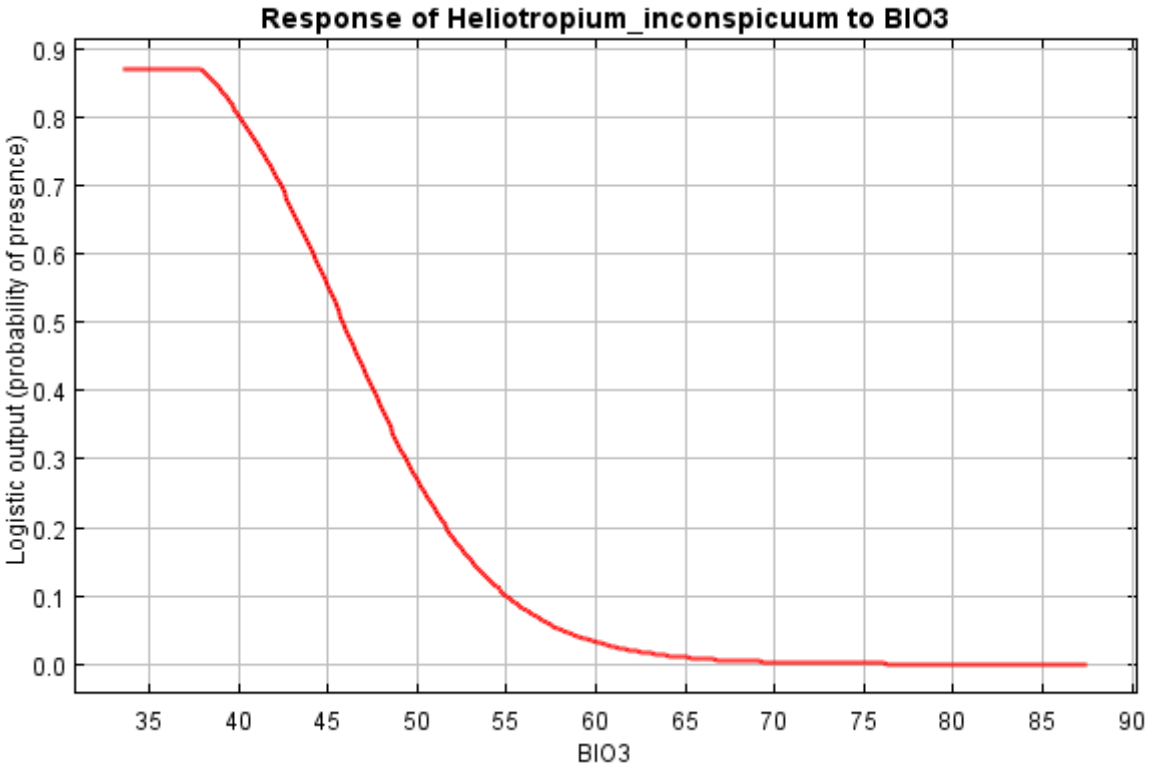


Figura 205. Respuesta de *H. inconspicuum* a la variable BIO3, correspondiente a la isotermalidad (cociente entre el rango diario de temperatura dividido por el rango anual de la temperatura). Los valores de temperatura del eje x corresponden a C°*10.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 1 individuo por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.1 (p = 1.379E-5). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 1.256.468.664 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 1.110.962 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

A pesar de que esta especie no es muy común, ha sido constantemente registrada desde su colecta por Larrañaga en 1888.

Folio004856

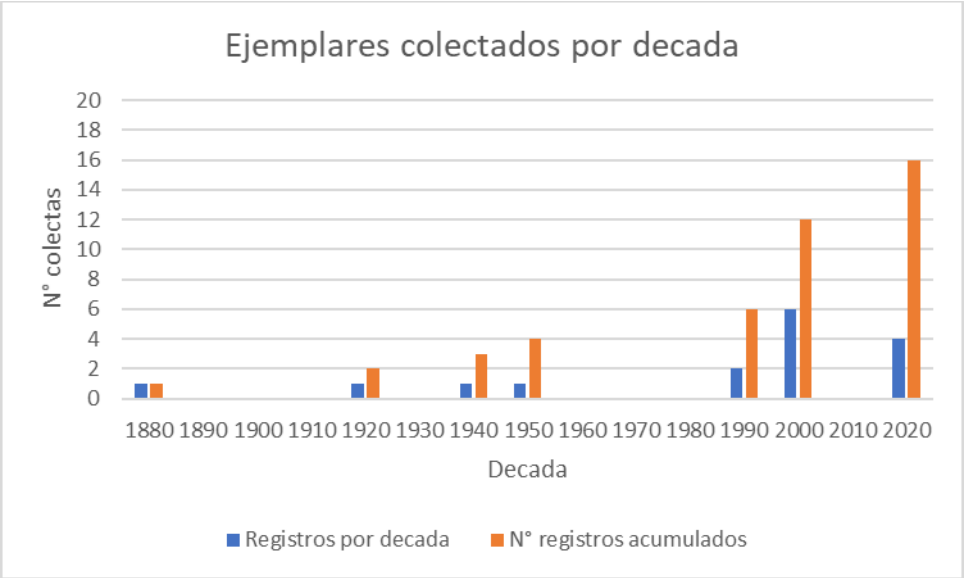


Figura 206. Registros de *Heliotropium inconspicuum* realizados a través del tiempo.

De las localidades reportadas, no fue posible encontrar la especie, ya que muchos de estos lugares no fueron revisados. Sin embargo, se encontraron nuevas localidades, tales como la Quebrada Anchuña, Las Lozas, y Las Lomitas en el PN Pan de Azúcar.

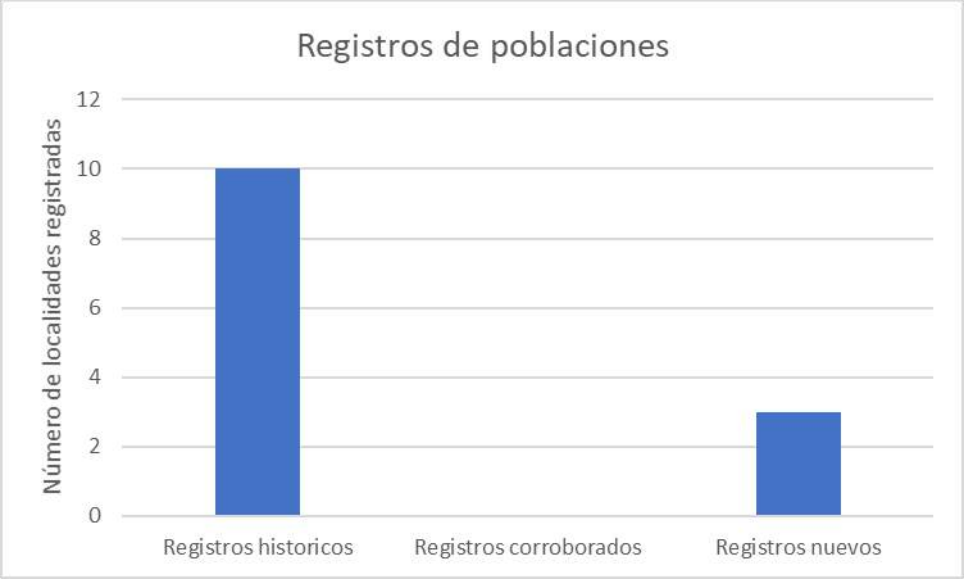


Figura 207. Corroboración de registros en el área de estudio de *Heliotropium inconspicuum*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004857

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 36.27, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 1.6, por lo que se considera una influencia muy baja.

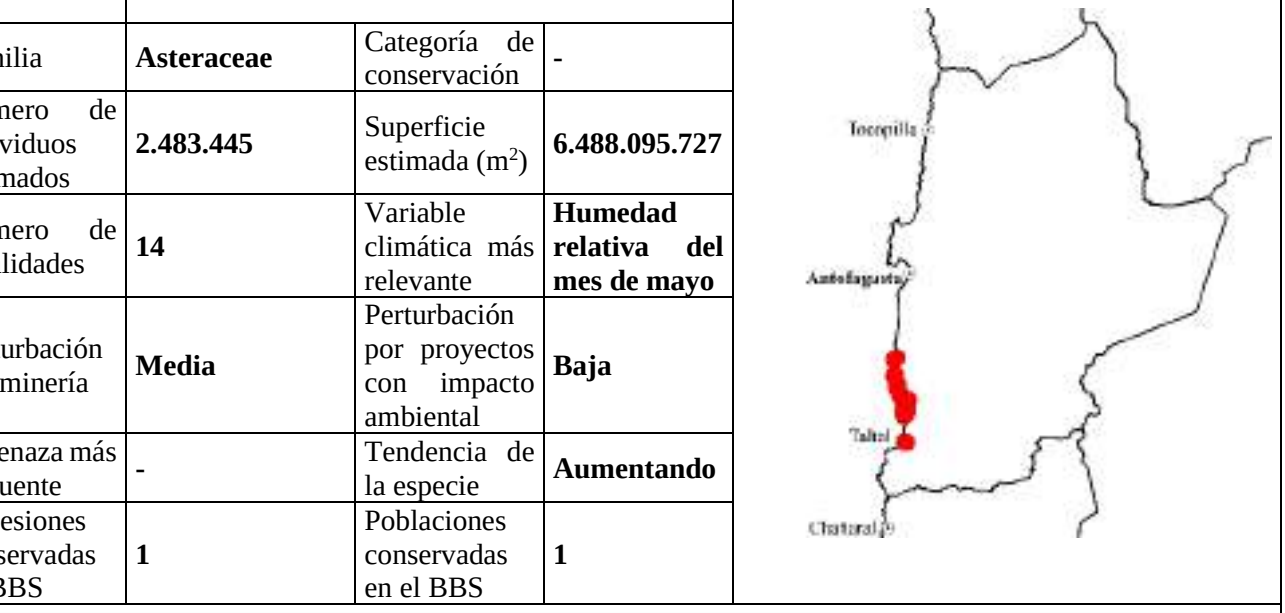
- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004858

47.- *Proustia cuneifolia* subsp. *tipia* (Phil.) Luebert

Ranking IPM			**47**
Especie	***Proustia cuneifolia* subsp. *tipia*** (Phil.) Luebert		Distribución
Familia	**Asteraceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**2.483.445**	Superficie estimada (m^2)	**6.488.095.727**
Número de localidades	**14**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa del mes de mayo**
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Aumentando**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**



P. cuneifolia se encuentra ampliamente expandida en Perú, Bolivia, Argentina y Chile. Sin embargo, la subsp. *tipia* se

Folio004859

encuentra exclusivamente en la costa de la Región de Antofagasta. En este diagnóstico, se analizará sólo *P. cuneifolia* subsp. *tipia*.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre Botija y Taltal, en la cual se ha colectada en las localidades de Botija, Miguel Díaz, La Plata, El Panul. El Rincón, Quebrada Paposo, Peralito, El Cura, Quebrada Matancillas, Quebrada La Oveja, Aguada Leoncito, Caleta Oliva, Cerro Perales y Hueso Parado.

Cuadro 78. Localidades de presencia de *Proustia cuneifolia* subsp. *tipia.*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Botija	345334	7287245	INIA	2020
Miguel Díaz	342496	7284179	INIA	2020
Quebrada La Plata	344264	7266204	INIA	2019
Alto Panul	346451	7255400	INIA	2021
El Rincón	349021	7242291	INIA	2021
Las Tortolas del Rincón	350480	7241294	INIA	2020
Quebrada Paposo	353526	7231469	INIA	2019
Paposo			Philippi s.n.	1853
Paposo			Ricardi 3577 (CONC)	
Quebrada Peralito	354969	7231044	INIA	2020
Quebrada Peralito	355551	7229793	INIA	2020
Agua Perales			Ricardi 2592 (CONC)	
Q El Cura			INIA	2012
Q. Matancilla	357313	7223265	INIA	2005
Q. La Oveja	354281	7220178	INIA	2005
Aguada de Leoncito	355107	7187385	INIA	2019
Caleta Oliva			Borchers s.n. (LP)	
Cerro Perales	356622	7186990	INIA	2020
Cerro Perales			Philippi s.n.	1853
Hueso Parado			Philippi s.n. (SGO, LP)	1853
Taltal			Philippi s.n.	1853
Quebrada El Oro			Johnston 5626	1925
Estación Breas			Larrañaga	

Fuente: Fabris (1968), datos propios.

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Proustia cuneifolia* subsp. *tipia* (Figura 208), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.991. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la humedad relativa el mes de mayo (Figura 209). Se observa que *P. cuneifolia* alcanza el 95% de probabilidad de presencia en lugares que la humedad relativa es mayor al 90% en el mes de mayo.

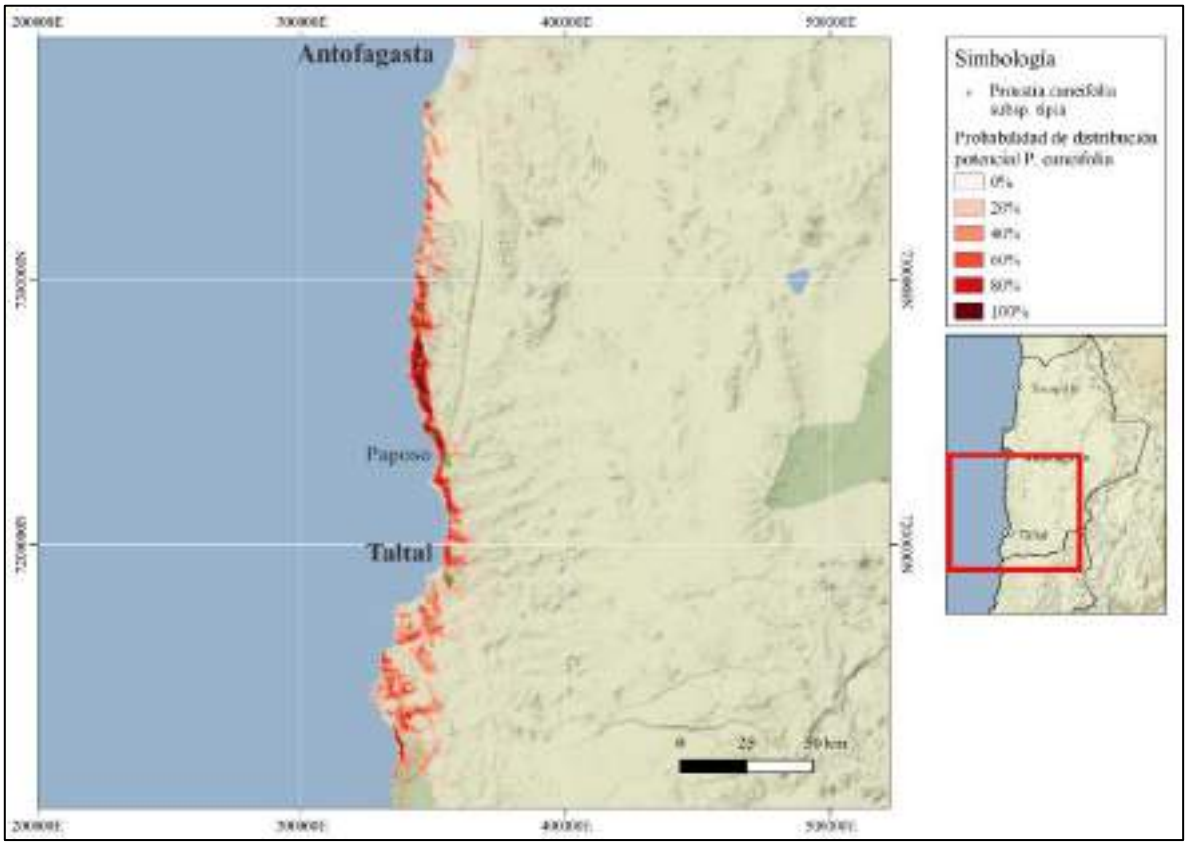


Figura 208. Modelación de nicho obtenida para *Proustia cuneifolia* subsp. *tipia*.

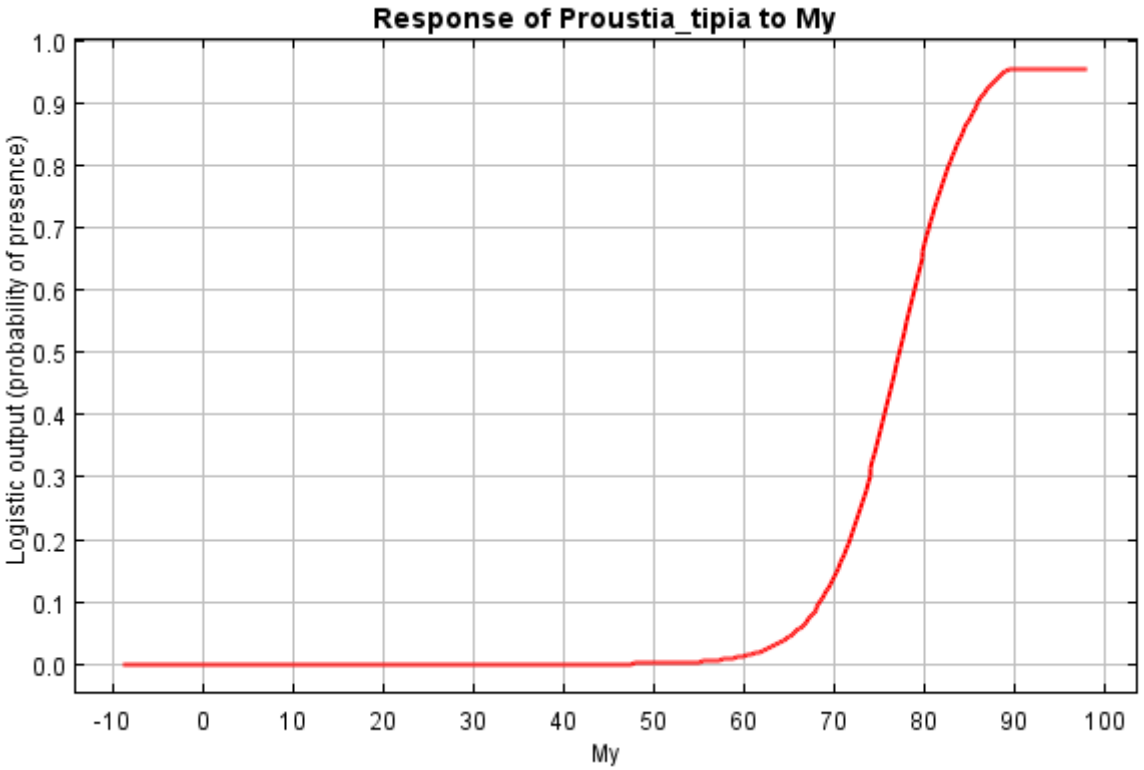


Figura 209. Respuesta de *P. cuneifolia* subsp. *tipia* a la variable My, correspondiente a la humedad relativa en el mes de mayo.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 6,4 ± 6,54 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.1 (p = 1.379E-5). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 6.488.095.727 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 2.483.445 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

A pesar de que es una especie bastante común, no se ha colectado tanto como podría esperarse, ya que además de las colectas de Philippi y Johnston, la mayoría de los registros vienen después de los 2000s.

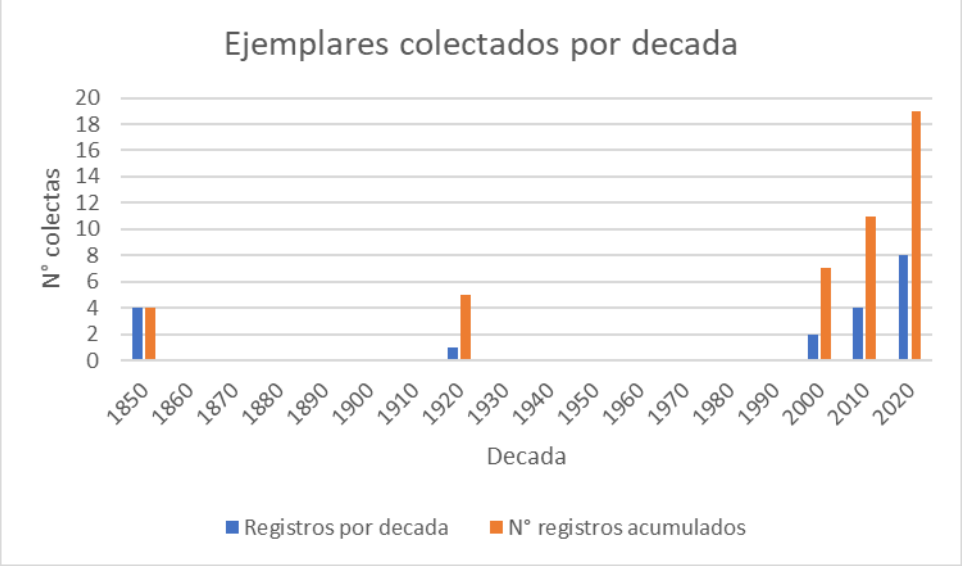


Figura 210. Registros de *Proustia cuneifolia* subsp. *tipia* realizados a través del tiempo.

Tal como se indicó previamente, a pesar de ser muy común, no se ha reportado correctamente la presencia de esta especie. En la Figura 211 se observa que la mayoría de los registros vienen dados por este estudio.

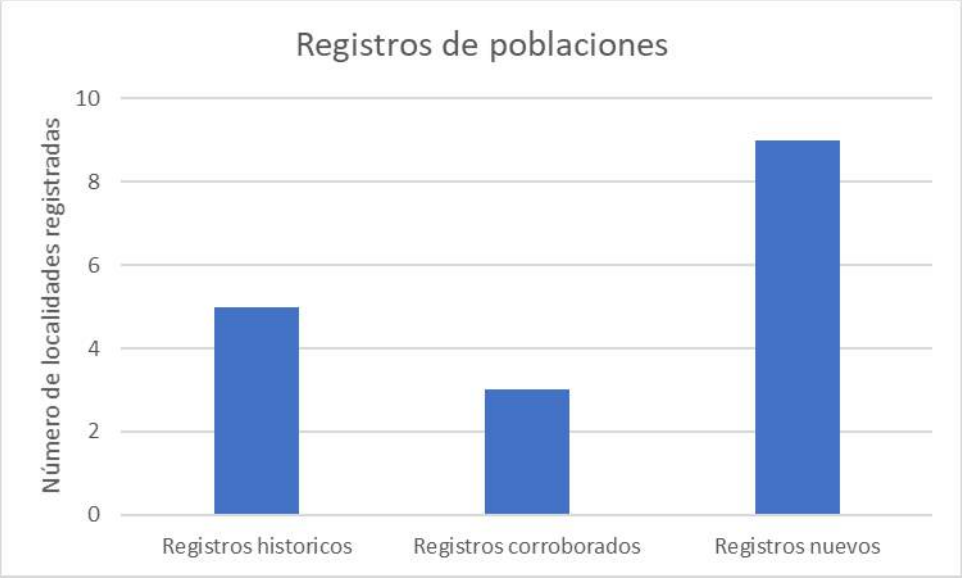


Figura 211. Corroboración de registros en el área de estudio de *Proustia cuneifolia* subsp. *tipia*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

Folio004863

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 75.45, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.4, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de este taxón (BB411), proveniente de la quebrada de La Oveja.

Folio004864

48.- *Eulychnia saint-pieana* F. Ritter

Ranking IPM			**48**
Especie	***Eulychnia saint-pieana*** F. Ritter		Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**LC**
Número de individuos estimados	**967.982**	Superficie estimada (m^2)	**1.373.356.668**
Número de localidades	**7**	Variable climática más relevante	**Isotermalidad**
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Aumento herbivoros nativos**	Tendencia de la especie	**Aumentando**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Folio004865

Esta especie fue considerada con anterioridad como *Eulychnia breviflora*. Sin embargo, en el trabajo de Larridon et al. (2018) se confirma su validez como especie. Esta se encuentra clasificada como especie de "Preocupación menor" según el DS 19/2012 MMA.

- Presencia

Eulychnia saint-pieana tiene una corta distribución desde el sur de Taltal hasta el PN Pan de Azúcar. Se ha registrado en las localidades de la Aguada Las Tórtolas, Quebrada Tigrillo, Aguada Las Lozas (o Guanillos), Quebrada La Cachina, Las Lomitas, Quebrada El Castillo (las dos últimas en el PN Pan de Azúcar) y el norte de Chañaral.

Cuadro 79. Localidades de presencia de *Eulychnia saint-pieana*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Las Tórtolas	341138.5512	7170322.457	INIA	2020
Quebrada Tigrillo	335243.4109	7143710.185	INIA	2020
Quebrada Lateral A Quebrada Guanillos	334716	7135338.012	Faúndez L & Larraín B	2006
Aguada La Cachina			Johnston 5702	1925
Quebrada Guanillos (Las Lozas): Parte Baja	333718	7135091	Faúndez L & Larraín B	2006
Cachina, Quebrada	336191	7133133	Johnston, I. M. 5702	1925
Pan de Azúcar - Las Lomitas	338010	7125684	INIA	2021
Pan de Azúcar: Quebrada El Castillo	338399	7099965	INIA	2018
Norte de Chañaral	-	-	F. Ritter	1954

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Eulychnia saint-pieana* (Figura 212), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.997. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la isotermalidad (Figura 213), definida como la división entre el rango diario de temperatura promedio mensual y el rango anual de temperatura. Se observa que *Eulychnia saint-pieana* supera el 80% de presencia en lugares que la isotermalidad es menor a 4. Este valor es mayor en sitios con mayor variación diaria que estacional, mientras que es menor en sitios con mayor variación estacional que diaria.

Folio004866

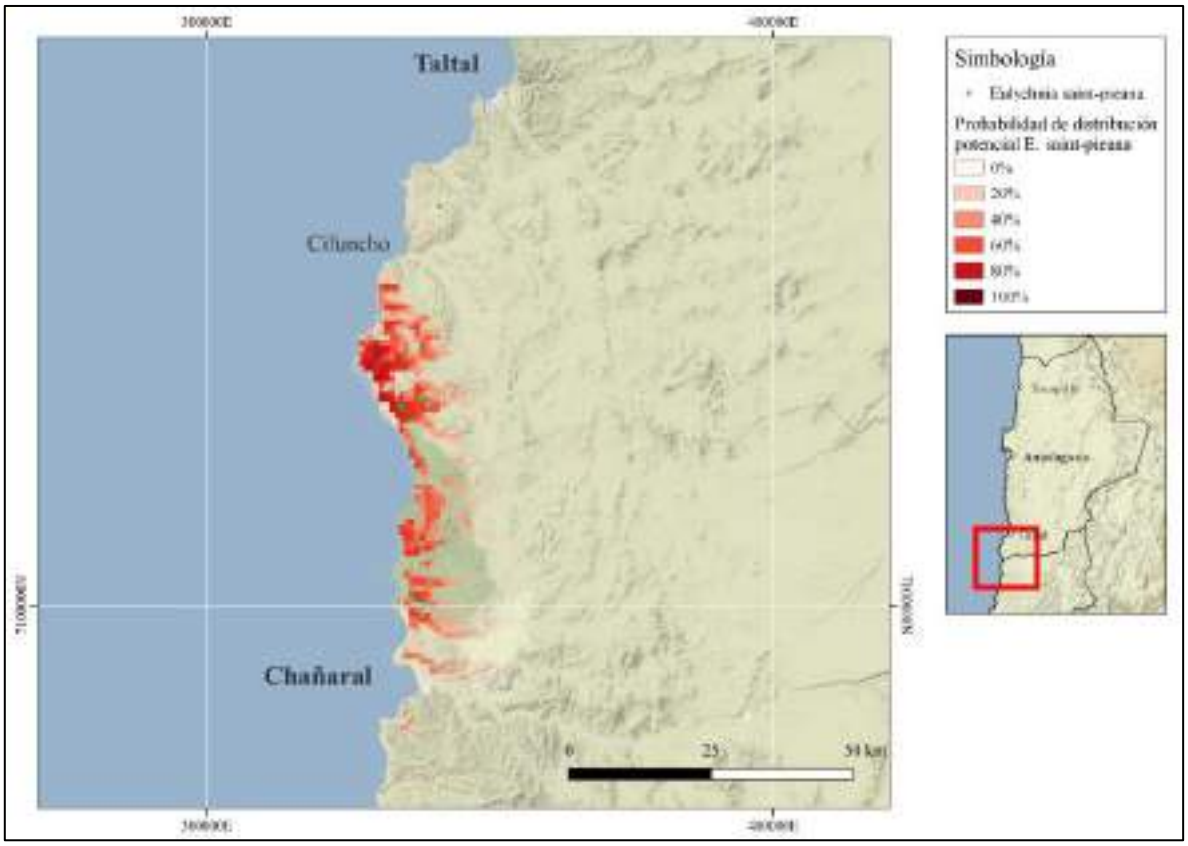


Figura 212. Modelación de nicho obtenida para *Eulychnia saint-pieana*.

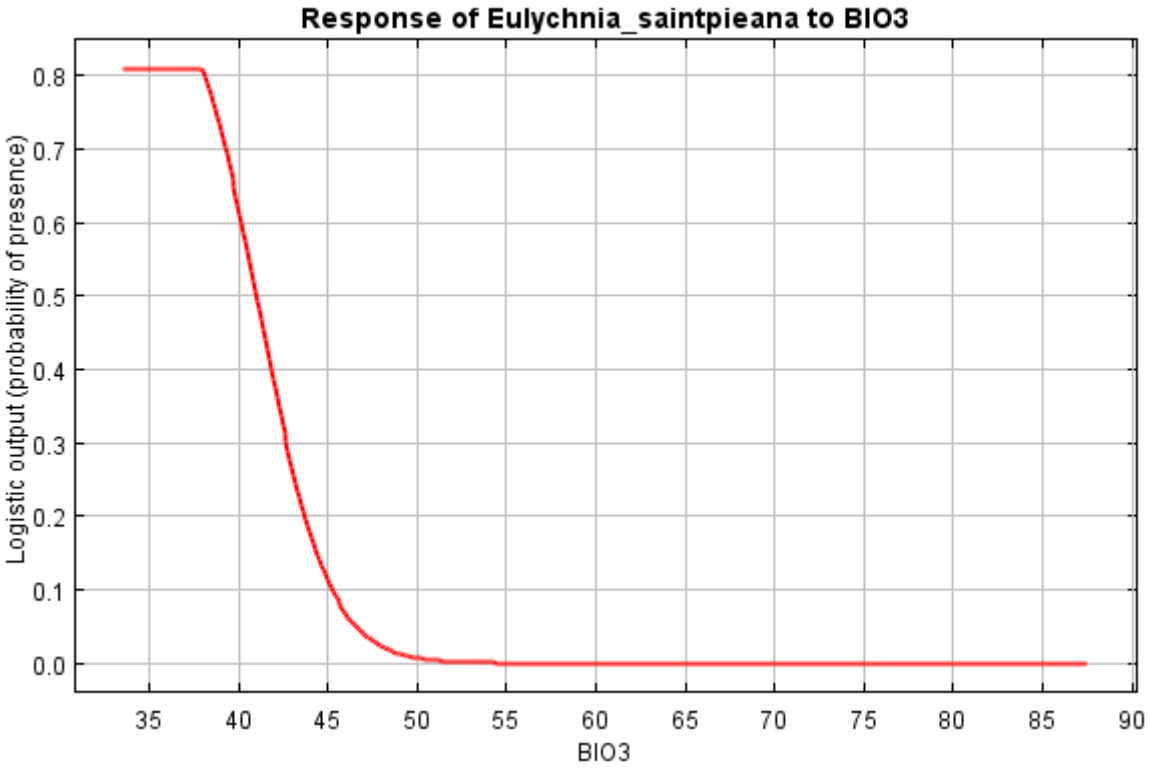


Figura 213. Respuesta de E. saint-pieana a la variable BIO3, correspondiente a la isotermalidad (cociente entre el rango diario de temperatura dividido por el rango anual de la temperatura). Los valores de temperatura del eje x corresponden a C°*10.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 2,6 ± 2,1 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.031 (p = 4.916E-7). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 1.373.356.668 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 967.982 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

A pesar de no haber sido tan colectada, se atribuye la ausencia de registros a la dificultad de colectar y herborizar cactáceas.

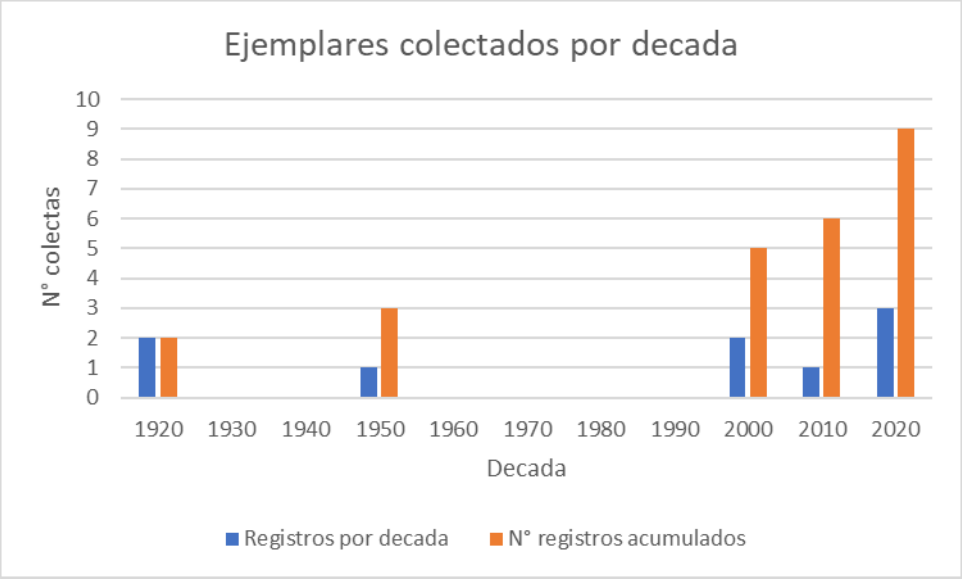


Figura 214. Registros de *Eulychnia saint-pieana* realizados a través del tiempo.

Muchas de las poblaciones registradas de esta especie fueron corroboradas en el estudio. De manera adicional, otras localidades en que no se había registrado la especie fue encontrada.

Folio004868

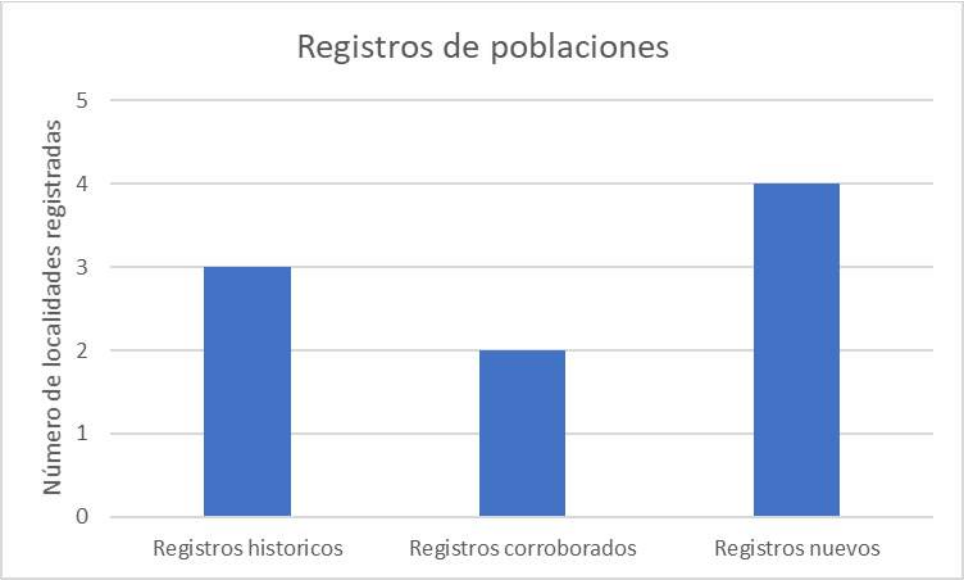
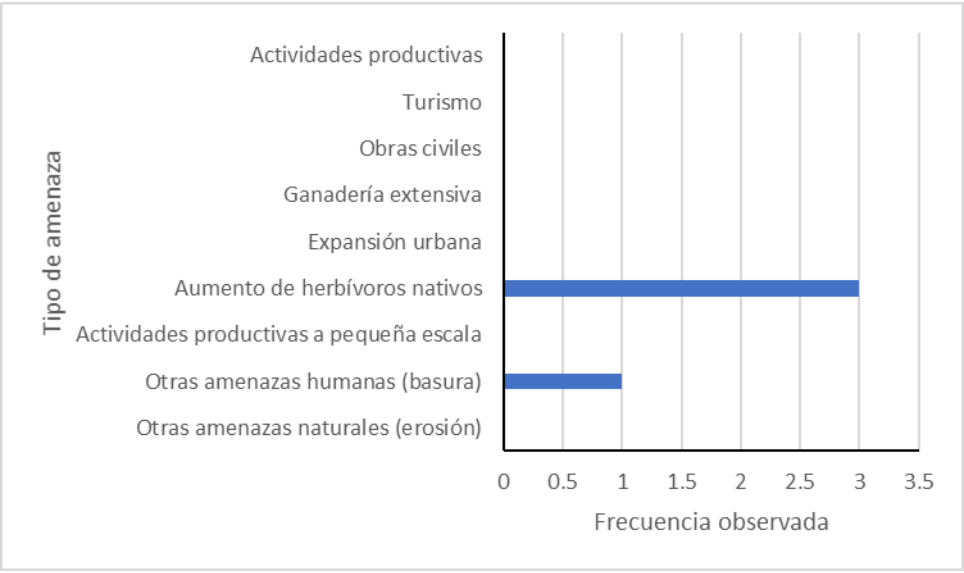


Figura 215. Corroboración de registros en el área de estudio de *Eulychnia saint-pieana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

- Amenazas

En la Figura 216 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue el aumento de herbívoros nativos.



Folio004869

Figura 216. Amenazas registradas para *Eulychnia saint-pieana*.

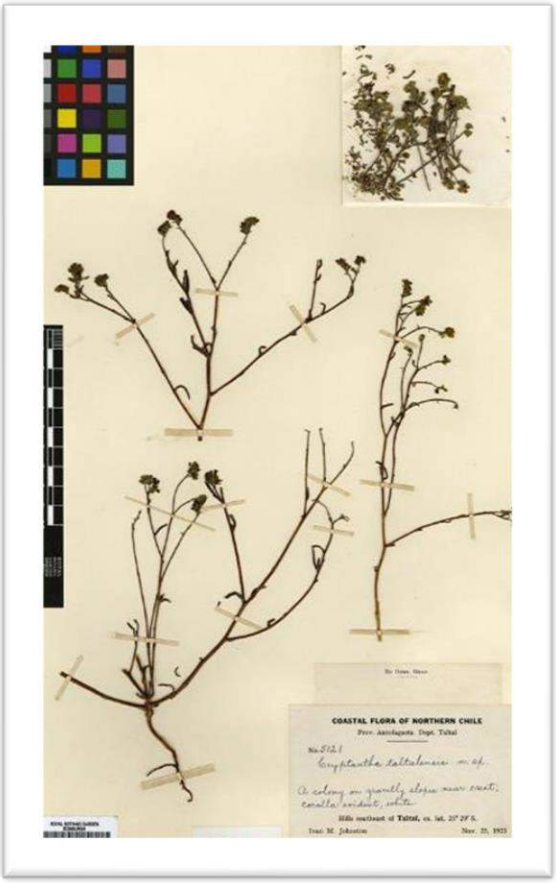
En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 17.71, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 0.32, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB1544), proveniente de la quebrada de Las Lozas.

49.- *Cryptantha taltalensis* I. M. Johnst.

Ranking IPM				**49**
Especie	***Cryptantha taltalensis*** I. M. Johnst.			Distribución
Familia	**Boraginaceae**	Categoría de conservación	-	
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades	**3**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	



Fotografía: https://plants.jstor.org/fsi/img/size1/alukaplant/e/phase_01/e0006/e00026016.jpg

Folio004871

Esta especie es bastante similar a *C. filaginea* y *C. romanii*, aunque diferenciada por caracteres como tamaño y sus frutos. No se encuentra en ninguna categoría de conservación.

- Presencia

La especie sólo ha sido colectada por I. Johnston, quien la encontró en sitios cercanos a la ciudad de Taltal. Sólo se ha colectado en Quebrada San Ramón, Taltal y el Cerro Perales.

Cuadro 80. Localidades de presencia de *Cryptantha taltalensis*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada San Ramón			Johnston 5156 (G)	1925
Taltal			Johnston 5121 (G)	1925
Cerro Perales			Johnston 5634, 5635 (G)	1925

Fuente: Johnston (1927).

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie no fue encontrada en terreno, por lo que no se pudo calcular su abundancia. Sin embargo, su abundancia debería depender de la humedad. Esto puede corroborarse, ya que, a pesar de buscar intensamente esta especie en las localidades de distribución, no fue encontrada debido a la escasez hídrica de los años de visita en los sitios revisados.

- Análisis histórico

De esta especie sólo se conocen las colectas realizadas por su descubridor, I. Johnston. Debido a la dificultad de identificar la especie, sumado a que crece simpátricamente con especies similares, ha complicado el correcto monitoreo. De manera adicional, su hábito anual causaría que no todos los años sea posible de observar esta especie.

Folio004872

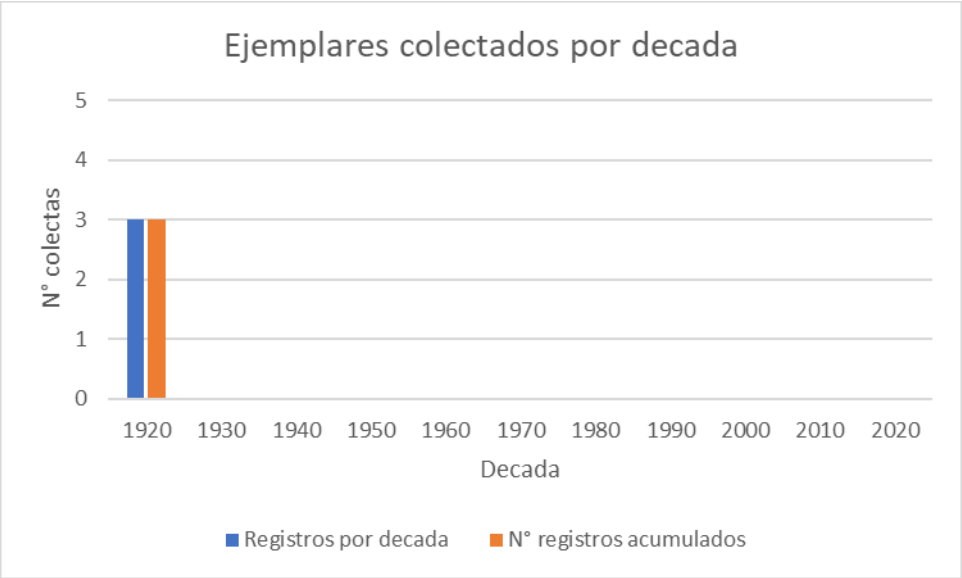


Figura 217. Registros de *Cryptantha taltalensis* realizados a través del tiempo.

El número de poblaciones en que se ha registrado esta especie se observa en la Figura 218.

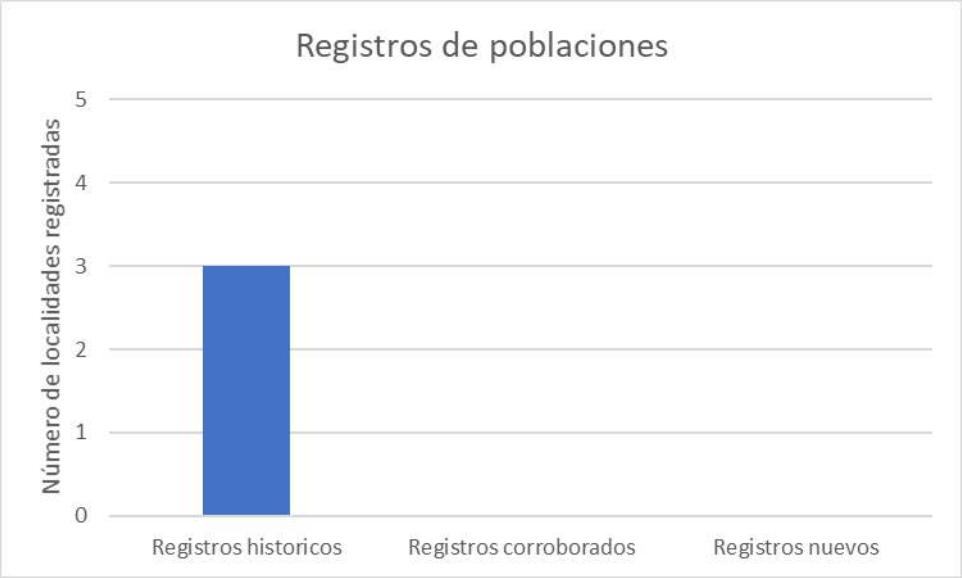


Figura 218. Corroboración de registros en el área de estudio de *Cryptantha taltalensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004873

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 101.75, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 2.98, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004874

50.- *Copiapoa humilis* subsp. *tocopillana* (F. Ritter) G. Charles

Ranking IPM				**50**
Especie	***Copiapoa humilis* subsp. *tocopillana*** (F. Ritter) G. Charles			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**	
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades	**3**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Al igual que con *C. humilis* subsp. *tenuissima*, este taxón al ser una subespecie de *Copiapoa humilis*, se considera en categoría "Vulnerable" según el DS 19/2012 MMA.

- Presencia

Esta subespecie parece ser muy escasa, encontrándose sólo a los alrededores de Tocopilla, con un registro en Michilla.

Cuadro 81. Localidades de presencia de *Copiapoa humilis* subsp. *tocopillana*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Tocopilla, Above Tocopilla 862M	379610	7556360	Brian Francis Bates BB 1741.01	
Tocopilla	-	-	F. Ritter 1057	1960
Sud Tocopilla, Monti Est Punta Blanca, 800-900 M	373422	7547635	Marco Giani MGi 64.1	
Coastal Hills Above Planta Michilla, 900M	370003	7505421	Paul Hoxey PH 433.02	

Fuente: Biota (2018), Ritter (1980).

Folio004875

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Debido a que esta especie no fue encontrada en terreno, no fue posible medir parámetros para calcular su abundancia.

- Análisis histórico

Sólo se encontró registro de esta especie en los 1960´s, cuando fue colectada por primera vez. Debido a que los registros indicados por Biota (2018) no incluyen fecha de colecta, no se tiene claro desde que fecha no se ha visto.

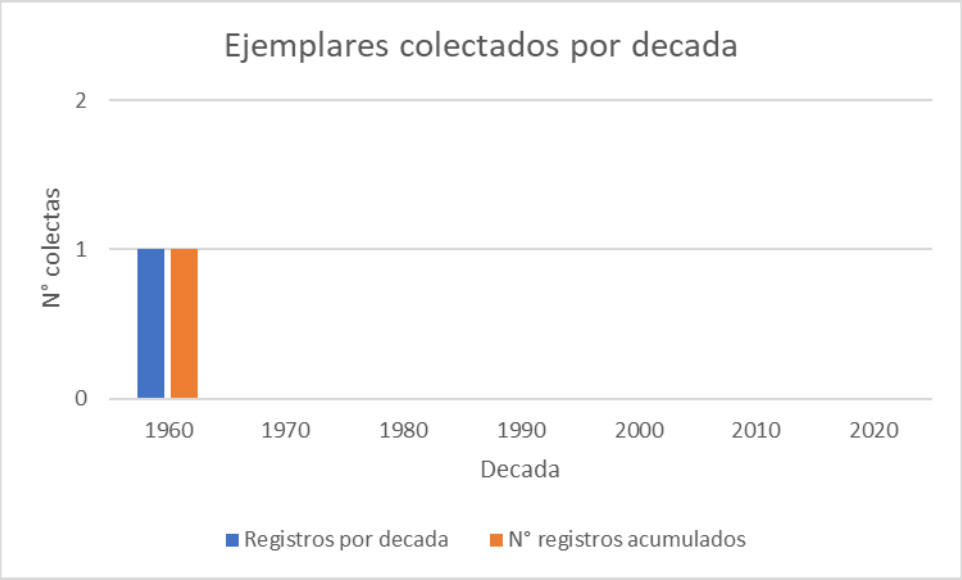


Figura 219. Registros de *Copiapoa humilis* subsp. *tocopillana* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 220.

Folio004876

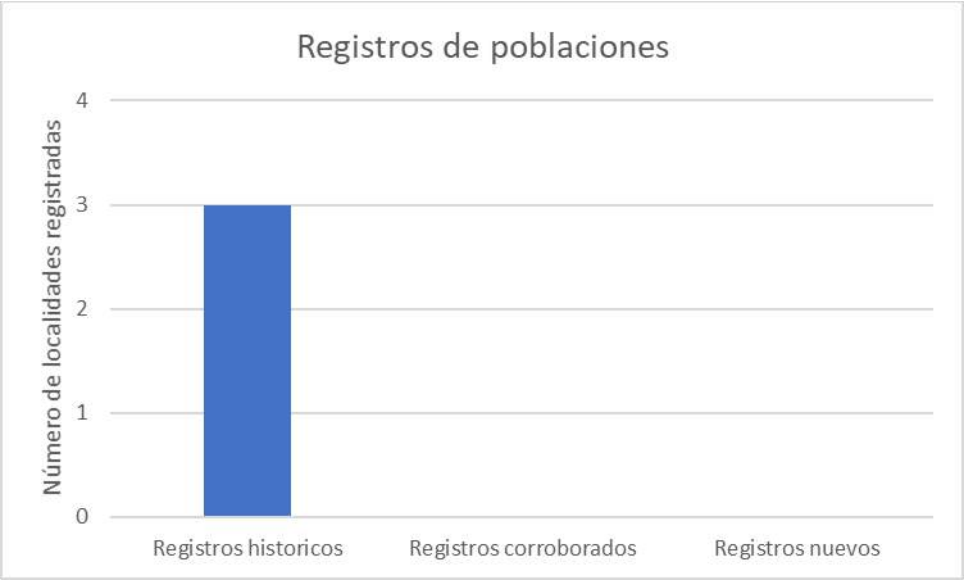


Figura 220. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa humilis* subsp. *tocopillana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 30.79, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 6.65, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Este taxón no se encuentra conservado en el BBS.

Folio004877

51.- *Calandrinia taltalensis* I.M. Johnst.

<table>
<tr><td colspan="4">Ranking IPM</td><td>51</td></tr>
<tr><td>Especie</td><td colspan="3">Calandrinia taltalensis I.M. Johnst.</td><td rowspan="2">Distribución
</td></tr>
<tr><td>Familia</td><td>Montiaceae</td><td>Categoría de conservación</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Número de individuos estimados</td><td>14.774.287</td><td>Superficie estimada (m^2)</td><td>537.104.632</td></tr>
<tr><td>Número de localidades</td><td>10</td><td>Variable climática más relevante</td><td>Humedad relativa de la estación más seca</td></tr>
<tr><td>Perturbación por minería</td><td>Media</td><td>Perturbación por proyectos con impacto ambiental</td><td>Baja</td></tr>
<tr><td>Amenaza más frecuente</td><td>Obras civiles y ganadería extensiva</td><td>Tendencia de la especie</td><td>Aumentando</td></tr>
<tr><td>Accesiones conservadas en BBS</td><td>0</td><td>Poblaciones conservadas en el BBS</td><td>0</td></tr>
</table>

Folio004878

A pesar de no existir mucha claridad de lo que corresponde esta especie o si es una especie diferente a *Cistanthe cachinalensis* (Hershkovitz, 2018), en este diagnóstico se considerarán los ejemplares de herbario o vistos en terreno correspondientes al diagnóstico de Johnston (1929).

- Presencia

La especie se encuentra distribuida entre la Quebrada El Cardón y la Aguada Grande. Se ha observado en El Cardón, El Médano, El Panul, El Rincón, El Cura, La Oveja, Anchuña, La Higuera, Taltal y Aguada Grande (esta última en el PN Pan de Azúcar).

Cuadro 82. Localidades de presencia de *Calandrinia taltalensis*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Cardón, Quebrada			Johnston, I. M. 5284	1925
El Médano	345843	7252384	INIA	2020
Aguada El Panul	344712	7251777	INIA	2021
Paposo, El Rincon	346832	7243388	Ricardi, M. 2682	1953
Quebrada El Cura	353175	7223293	INIA	2020
La Oveja	354258	7220058	Gutierrez, G.	
Quebrada de Anchuña	356901	7208464	INIA	2020
Qda De La Higuera	355780	7193639	NUÑEZ 24	1957
Taltal. Quebrada De Taltal	353906	7185652	Teillier, S. 2859	
Grande, Aguada			Johnston, I. M. 5784	1925

Fuente: Johnston (1929), SGO, datos propios.

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Calandrinia taltalensis* (Figura 221), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.998. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la humedad relativa de la estación más seca (Figura 222), la cual en la presencia de esta especie corresponde al verano en los sitios bajo los 400 msnm, mientras que en los sitios sobre los 600 msnm es en invierno. Se observa que la probabilidad de presencia de *Calandrinia taltalensis* es cercana al 100% en lugares en que la humedad relativa en la estación más seca es superior a 85%.

Folio004879

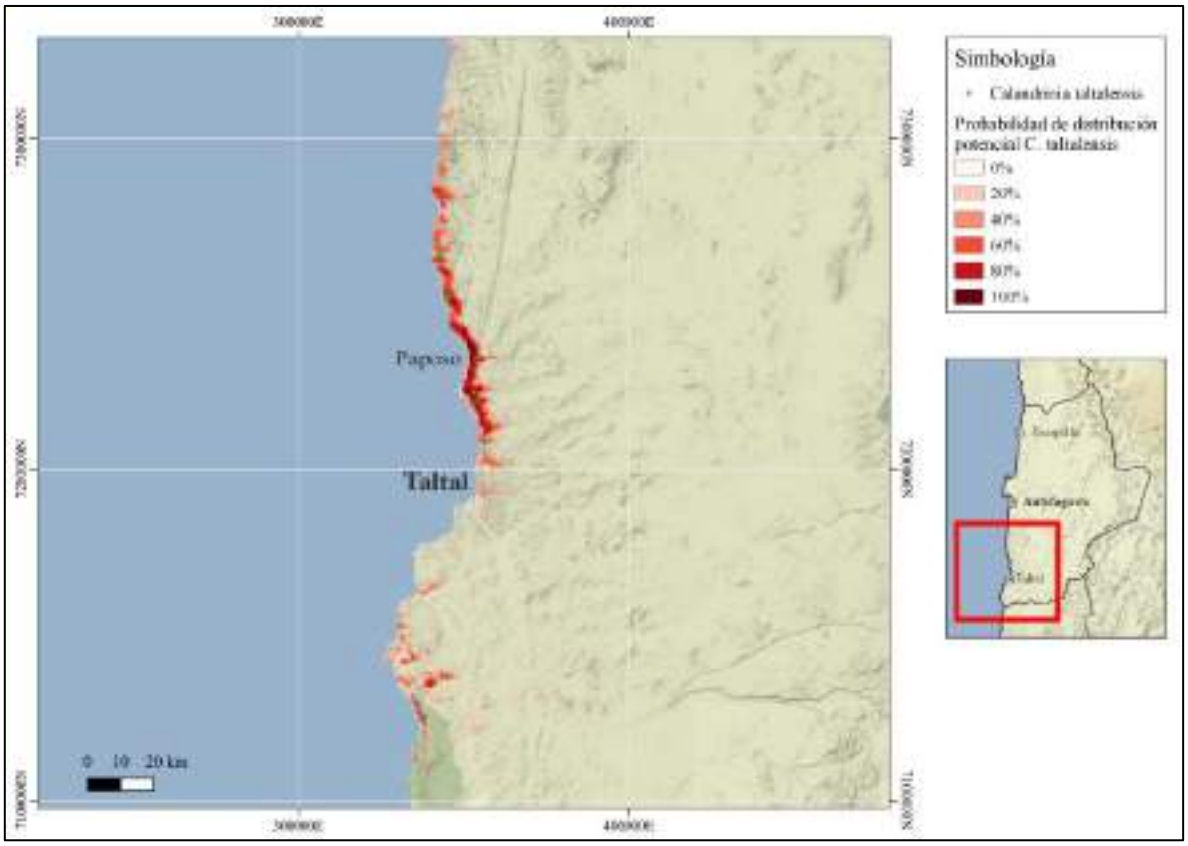
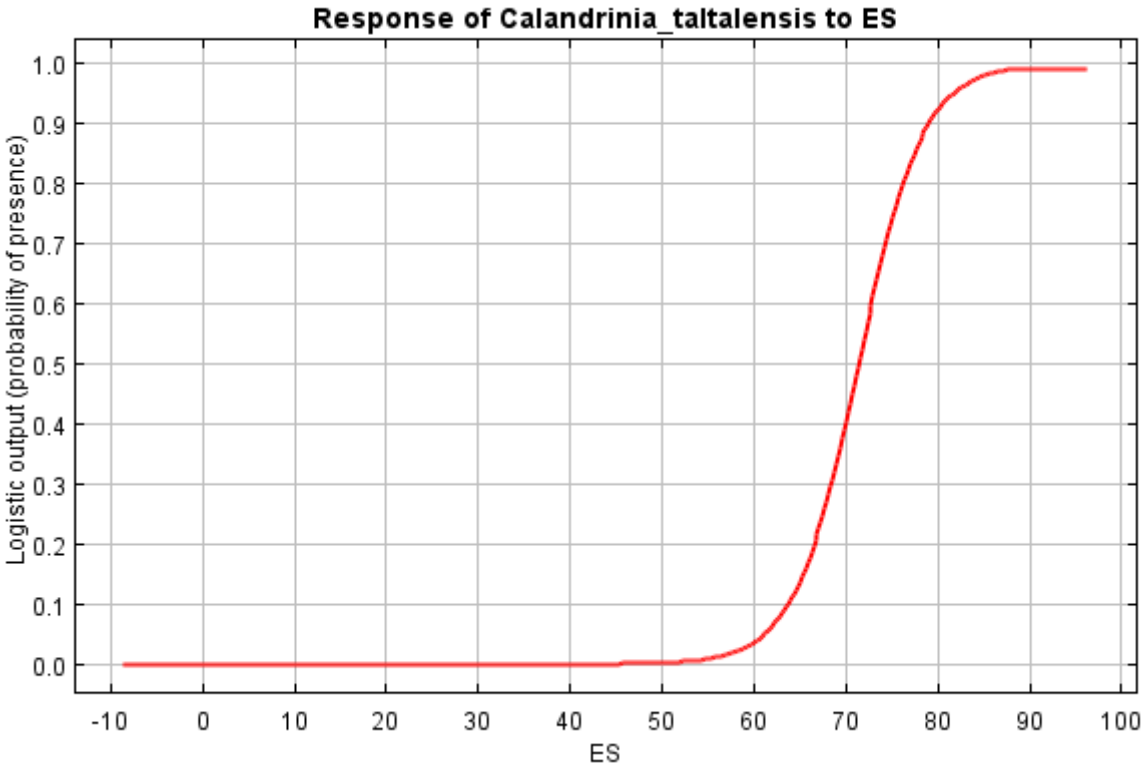


Figura 221. Modelación de nicho obtenida para *Calandrinia taltalensis*.



Folio004880

Figura 222. Respuesta de *C. taltalensis* a la variable ES, correspondiente a la humedad relativa durante la estación más seca.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 8,5 ± 9,5 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.366 (p = 4.276E-8). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 537.104.632 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 14.774.287 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Esta especie no tiene muchos registros, ya que sólo tiene colectas en los 1920's, 1950's y 2020's.

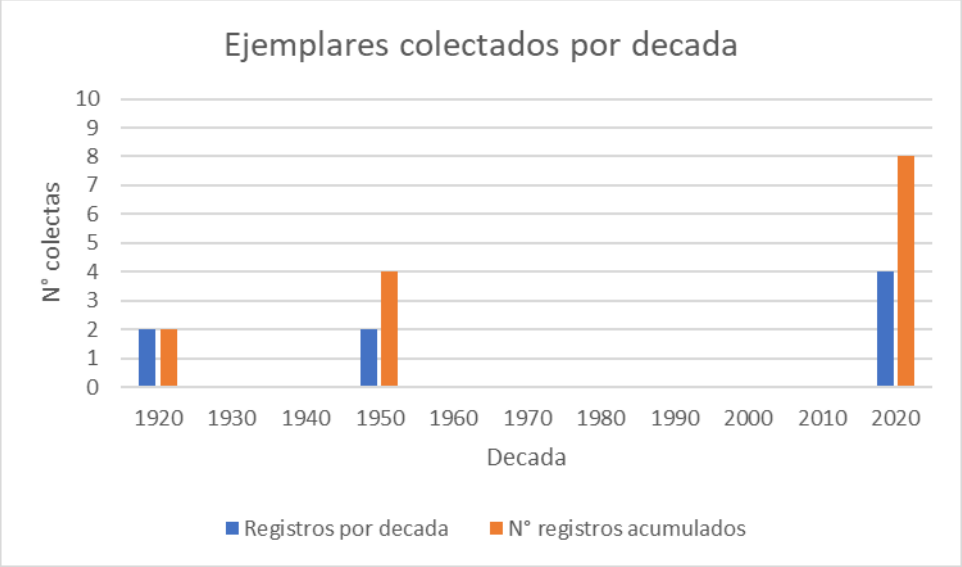


Figura 223. Registros de *Calandrinia taltalensis* realizados a través del tiempo.

La mitad de las poblaciones registradas fueron corroboradas, aunque las otras localidades no fueron visitadas, así que no se puede asegurar su presencia. Por otro lado, otras cuatro localidades fueron registradas.

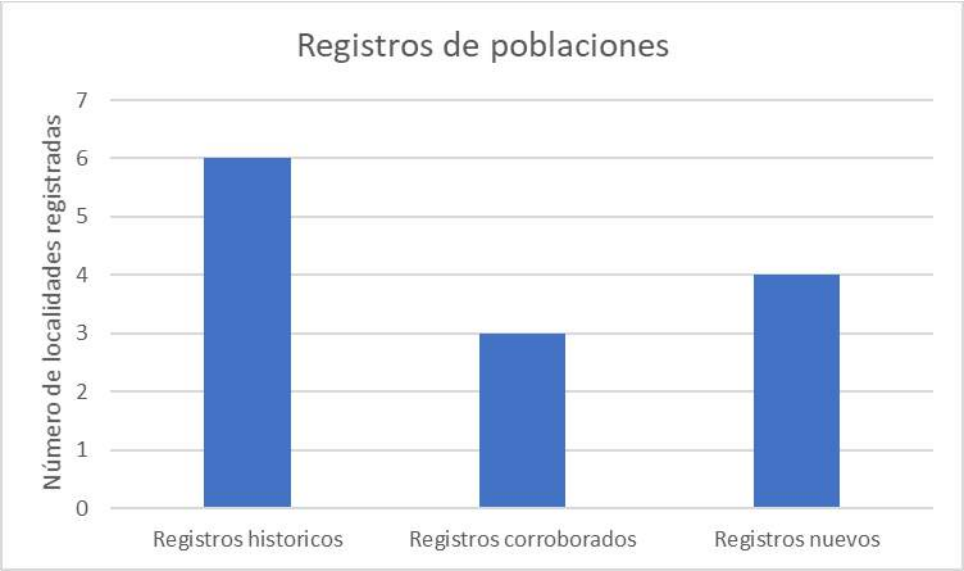


Figura 224. Corroboración de registros en el área de estudio de *Calandrinia taltalensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

- Amenazas

En la Figura 225 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue las obras civiles y la ganadería extensiva.

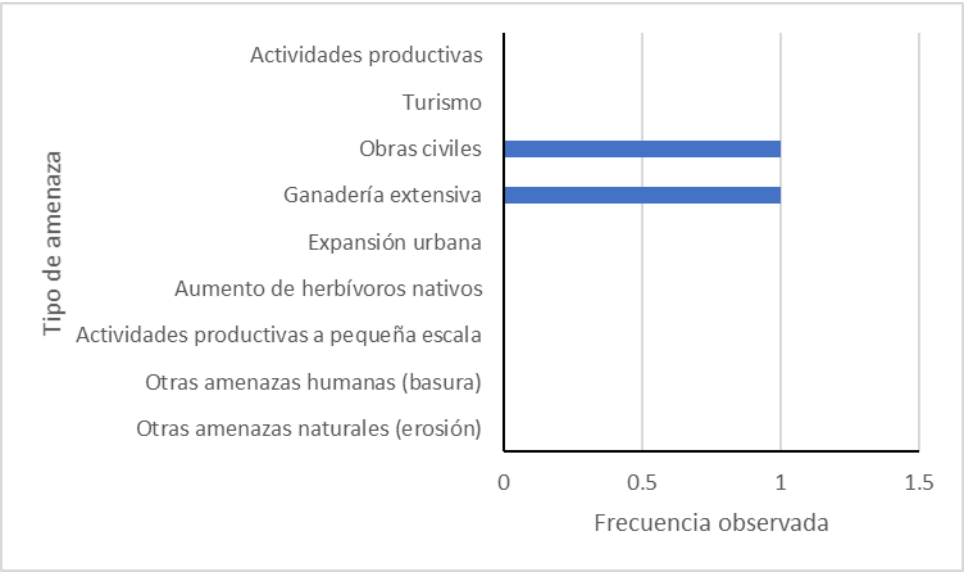


Figura 225. Amenazas registradas para *Calandrinia taltalensis*.

Folio004882

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 62.74, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.56, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB1565), proveniente de la quebrada de Los Yales.

Folio004883

52.- *Dicliptera paposana* Phil.

Ranking IPM			52
Especie	***Dicliptera paposana*** Phil.		Distribución
Familia	**Acanthaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**552**	Superficie estimada (m^2)	**21.600**
Número de localidades	**7**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**3**	Poblaciones conservadas en el BBS	**3**

Folio004884

Esta especie es una de las dos únicas de la familia Acanthaceae en Chile, y la única del género *Dicliptera*. Esta especie se encuentra en categoría "En Peligro" según el DS 50/2008 MINSEGPRES.

- Presencia

Esta especie se encuentra distribuida entre Miguel Díaz y la Quebrada La Oveja. Se tienen registros de *D. paposana* en Miguel Díaz, El Panul, El Rincón, Quebrada Peralito, Quebrada El Cura, Quebrada Matancilla y la Quebrada La Oveja.

Cuadro 83. Localidades de presencia de *Dicliptera paposana*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Miguel Díaz	343224	7285220	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 121	2010
Miguel Díaz,300 - 800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	343411	7284661	Gutierrez, G.	
Miguel Díaz	342258	7284037	Johnston, I. M. 5339	1925
Miguel Díaz	342258	7284037	Philippi, R. A.	
Miguel Díaz, 0 - 300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	342258	7284037	Gutierrez, G.	
Miguel Díaz	342258	7284037	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 121	
Antofagasta: Aguada De Miguel Diaz	343012	7283996	JOHNSTON 5339	
Vicinity Of Miguel Díaz, Directly N Of Quebrada Iscuña, Ca. 55 Km N Of Paposo & Ca. 40 Km S Of El Cobre	343012	7283996	Dillon, M. O. 5273	
Miguel Díaz, 0 - 300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	342097	7283909	Gutierrez, G.	
Vicinity Of Aguada Miguel Díaz, Quebrada S Of Punta Dos Reyes	343538	7279764	Dillon, M. O. 5922	
Aguada El Panul	345291	7259571	INIA	2020
Cerro Rincón 0-300 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Cono Aluvial	348980	7245011	Gutierrez, G.	
Rinconada De Paposo	346832	7243388	HOFFMANN 293	1988
El Rincón. Localidad	349036	7243115	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Sector Rinconada 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	350098	7242874	Gutierrez, G.	
Qda. El Rincón (Fdo. Quebrada) (B)	349862	7242368	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006

Folio004885

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Rinconada, Ca. 5 Km N Of Caleta Paposo	348539	7241967	Dillon, M. O. 5860	
Cerro Rincón 0-300 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Cono Aluvial	349810	7241251	Gutierrez, G.	
Qda. El Rincón (B) (Ladera Exp. Sur-Este)	349354	7241052	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Sector Rinconada 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	349354	7241052	Gutierrez, G.	
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
Sector El Gaucho 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	354167	7234624	Gutiérrez, G.	
Paposo	355367	7232404	Philippi, R. A.	1853
Peralito, Quebrada	354556	7231644	Johnston, I. M. 5578	1925
Quebrada El Cura Desde Portezuelo Hasta Norte De Qda Matancillas, Cabecera Quebrada Exp. Oeste	353643	7223542	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada El Cura Desde Portezuelo Hasta Norte De Qda Matancillas	353130	7223257	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Antofagasta: Paposo, Quebrada El Cura	353789	7223194	INIA	2006
Quebrada Matancilla, Lower Slopes	353790	7223194	Dillon, M. O. 8119	
Antofagasta: Paposo, Quebrada El Cura	352631	7223040	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Sobre Quebrada El Cura, Ladera Exp. Nor - Nor-Oeste	353052	7223015	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Antofagasta: Paposo, Quebrada El Cura	352856	7222421	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada Matancilla, Ca. 5 Km S Of Punta Grande, 35 Km N Of Taltal	353388	7222006	Dillon, M. O. 5765	
Quebrada La Oveja	354384	7220425	INIA	2020

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

Folio004886

- Abundancia

Esta especie fue censada en las localidades de Miguel Díaz y El Panul. Se encontraron en promedio 23 individuos por grilla de 30 x 30 m. También se registró la presencia de grupos de individuos en la Quebrada El Cura, donde la especie es más abundante. Con esto, sumado a la presencia reportada en los antecedentes, se obtuvo una aparición de esta especie en 24 grillas de 90 m^2. Finalmente, se puede estimar que existen en total 552 individuos de esta especie en una superficie de 21.600 m^2.

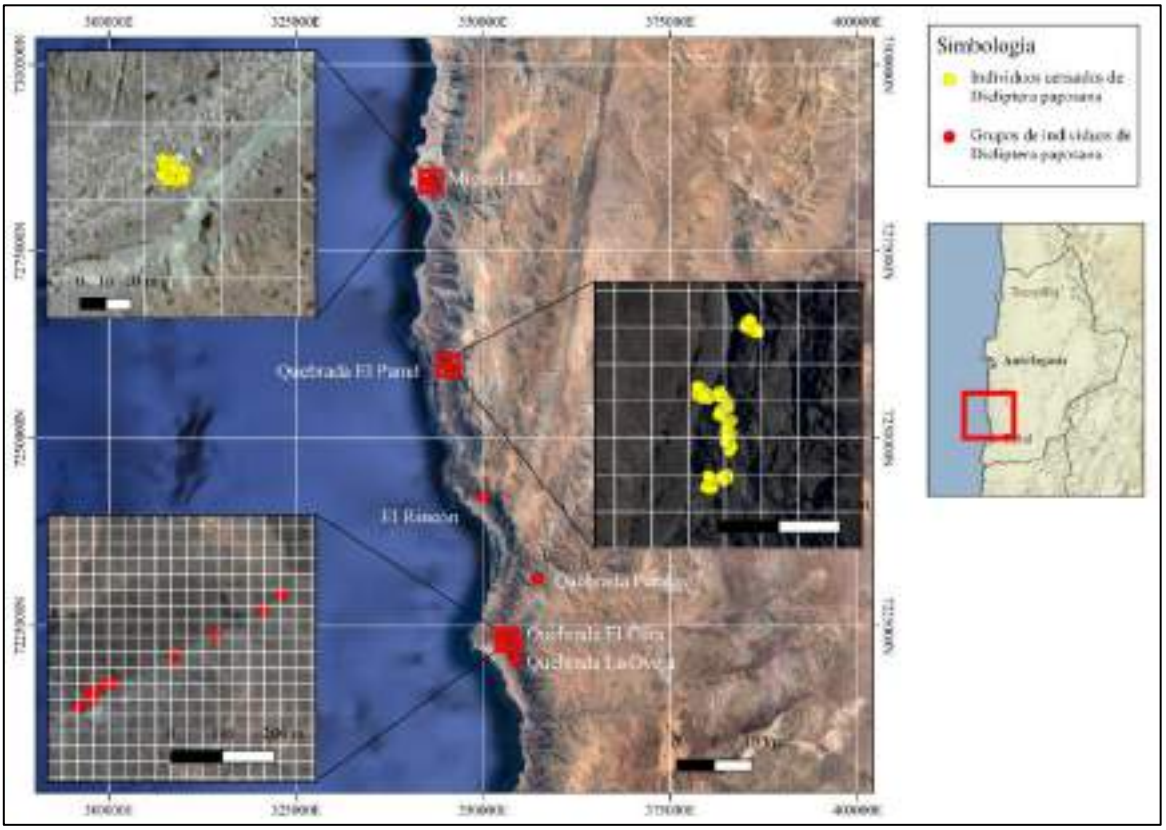


Figura 226. Distribución de presencias de *Dicliptera paposana*.

- Análisis histórico

A pesar de pasar mucho tiempo sin ser colectada, en las últimas décadas esta especie ha sido constantemente colectada, por lo que demuestra que ha sido constantemente registrada.

Folio004887

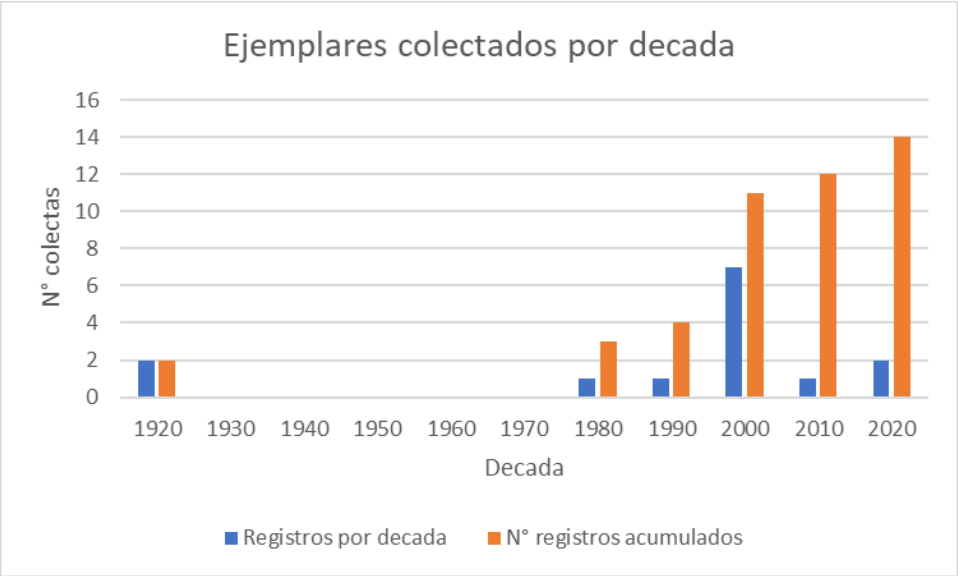


Figura 227. Registros de *Dicliptera paposana* realizados a través del tiempo.

La presencia de la especie fue corroborada en menos de la mitad de las localidades registradas históricamente. Además, se encontró en dos nuevas localidades.

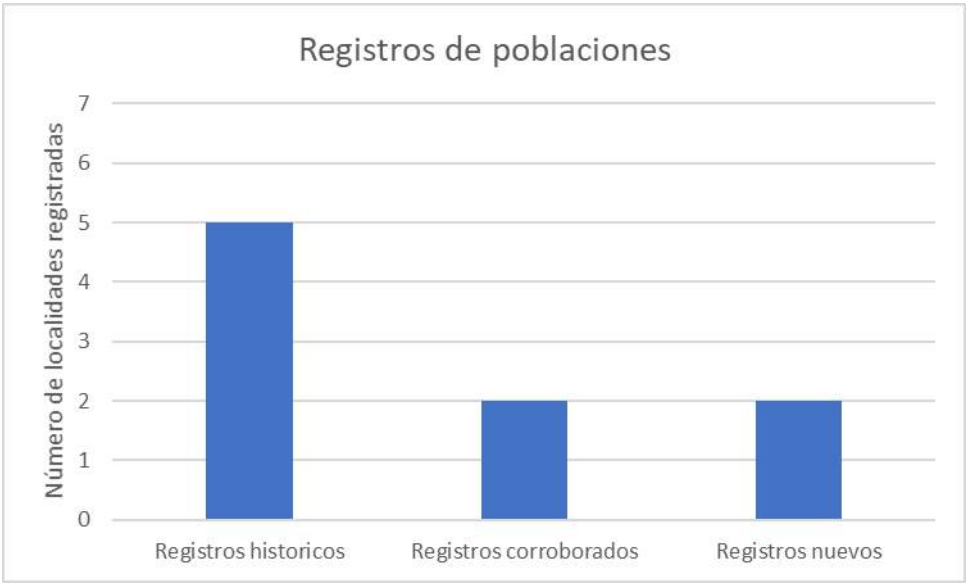


Figura 228. Corroboración de registros en el área de estudio de *Dicliptera paposana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004888

- Amenazas

En la Figura 229 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la ganadería extensiva.

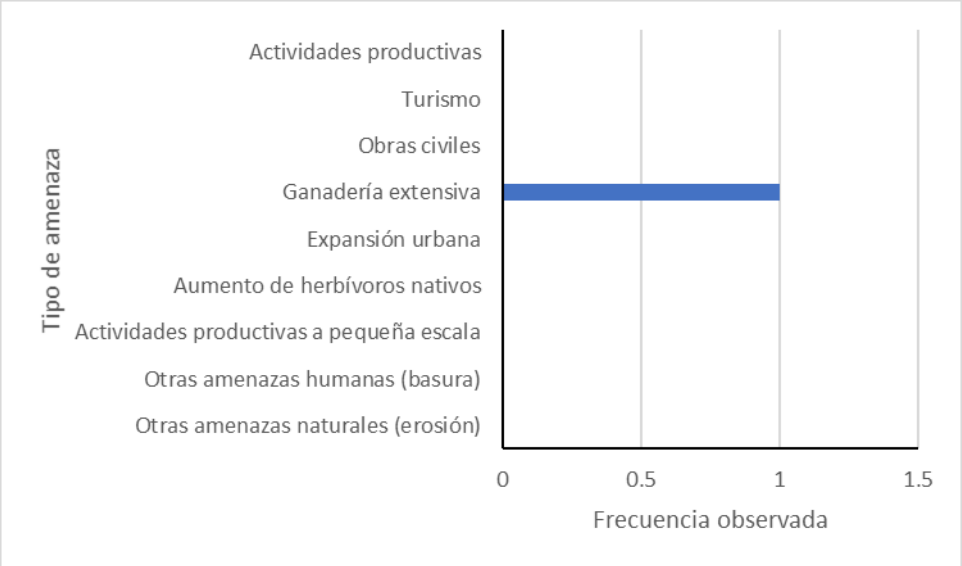


Figura 229. Amenazas registradas para *Dicliptera paposana*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 74.53, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.93, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas tres accesiones de esta especie (BB476, BB484 y BB1579), provenientes de Miguel Díaz, Quebrada el Cura y Quebrada El Panul respectivamente.

Folio004889

53.- *Heliotropium philippianum* I. M. Johnst.

Ranking IPM				53
Especie	***Heliotropium philippianum*** I. M. Johnst.			Distribución
Familia	**Heliotropiaceae**	Categoría de conservación	-	
Número de individuos estimados	**106.103**	Superficie estimada (m^2)	**12.000.000**	
Número de localidades	**13**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	**Aumento herbivoros nativos**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**2**	

Folio004890

Esta especie no tiene ninguna categoría de conservación.

- Presencia

Esta especie se distribuye entre Blanco Encalada y Paposo, habiéndose colectada en las localidades de Blanco Encalada, Miguel Díaz, La Plata, El Cardón, El Panul, Aguada Panulcito, El Médano, El Rincón y Paposo.

Cuadro 84. Localidades de presencia de *Heliotropium philippianum*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Blanco Encalada			Biese 3131 (SGO)	1949
10 km S of Caleta Blanco Encalada			Biese 3194 (SGO)	1949
Miguel Díaz			Philippi s.n. (SGO)	1853
Vicinity of Aguada Miguel Díaz			Johnston 5415 (GH)	1925
Quebrada La Plata			Quezada & Ruiz 274 (CONC, G)	1991
Vicinity of Aguada Cardón			Johnston 5294 (GH, US)	1925
Aguada Panul	345276	7256881	Luebert & García 2672/1066 (BSB)	2005
Aguada Panulcito	345665	7256467	Luebert, Becker & García 2124 (BSB, SGO)	2004
Quebrada El Médano, near the waterhole	346402	7253146	Luebert & Moreira 3003 (BSB, G, SGO)	2009
Quebrada La Rinconada	350225	7241616	Dillon, Trujillo & Villarroel 8065 (CONC, F, MSB, SGO)	1997
Paposo			Philippi s.n. (SGO)	1853
Vicinity of Paposo; hill directly back of Punta Grande			Johnston 5233 (GH)	1925

Fuente: Luebert (2013)

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

Folio004891

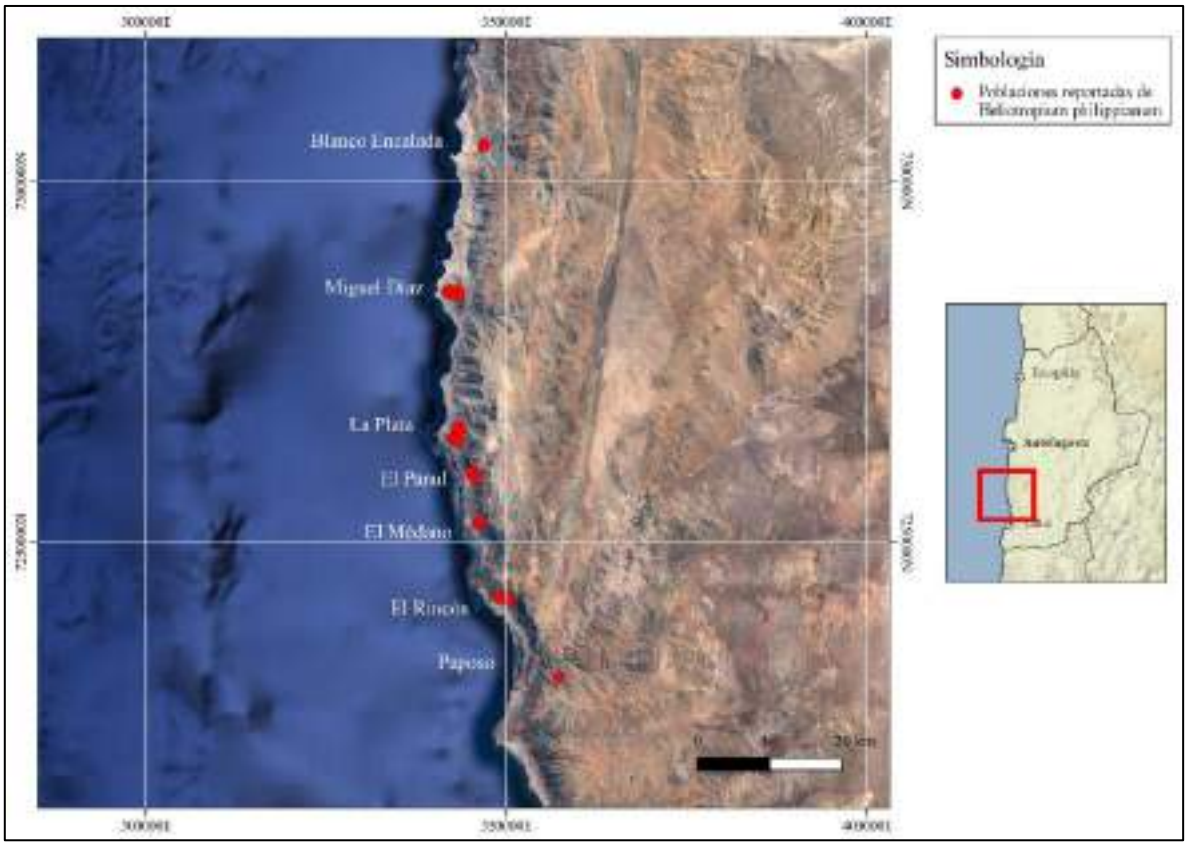


Figura 230. Distribución de presencias de *Heliotropium philippianum*.

- Abundancia

Esta especie se registró en las parcelas de muestreo, evidenciando que existe en promedio 1 individuo por parcela de 12 m de diámetro. Considerando grillas de 1 x 1 km, se obtiene que hay una abundancia de 8,9 individuos por grilla. Considerando los grupos de individuos encontrados en terreno más las localidades de presencia registrada en la literatura, se obtiene de que la especie se encuentra presente en 12 grillas. Finalmente, se estima que existen 106.103 individuos restringidos a 12.000.000 m^2.

- Análisis histórico

Esta especie fue colectada por primera vez por Philippi, y luego registrada por Johnston. Luego de esto, sólo se ha registrado en determinadas décadas.

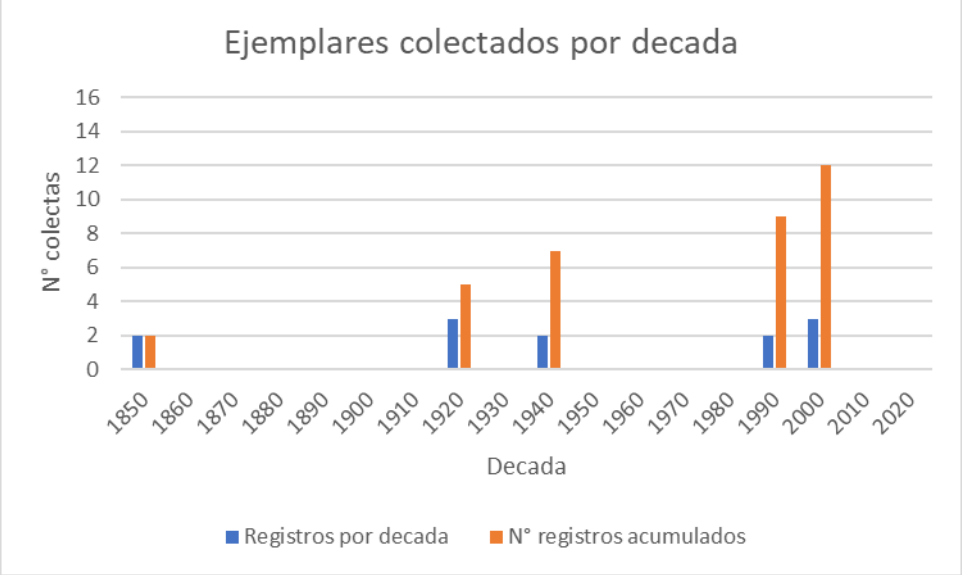


Figura 231. Registros de *Heliotropium philippianum* realizados a través del tiempo.

Casi la mitad de las localidades registradas fueron corroboradas. Sin embargo, no se encontraron registros nuevos.

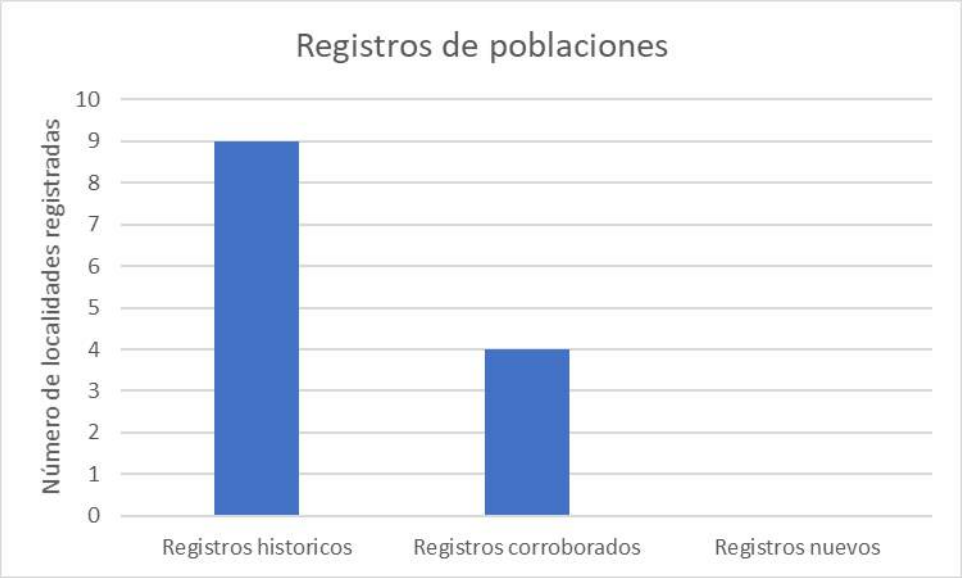


Figura 232. Corroboración de registros en el área de estudio de *Heliotropium philippianum*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004893

- Amenazas

En la Figura 233 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue el aumento de herbívoros nativos.

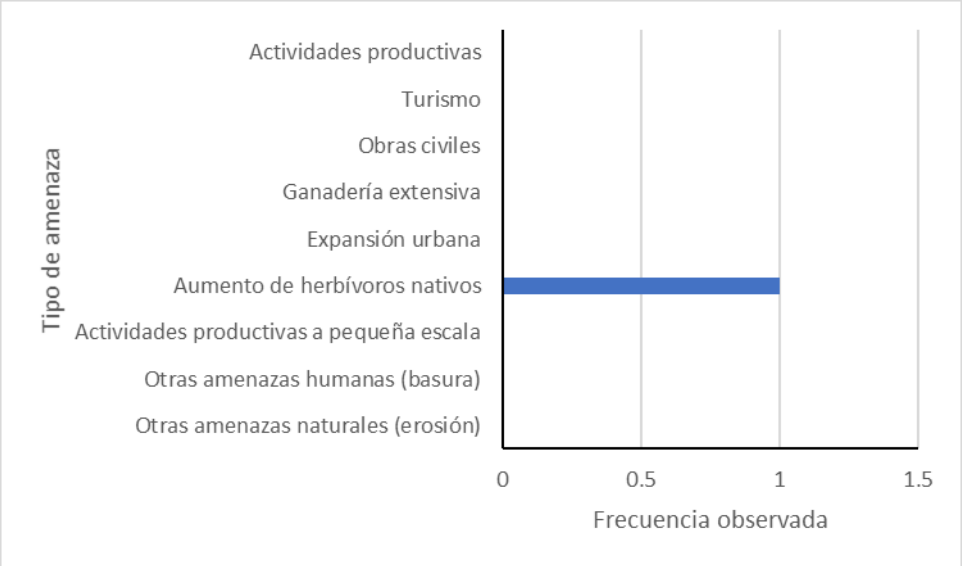


Figura 233. Amenazas registradas para *Heliotropium philippianum*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 52.24, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.3, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas dos accesiones de esta especie (BB1254 y BB1566), provenientes de la Quebrada La Oveja y la Quebrada El Cardón respectivamente.

54.- *Oxalis matancillae* Lourteig

Ranking IPM			54
Especie	***Oxalis matancillae*** Lourteig		Distribución
Familia	**Oxalidaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-
Número de localidades	**4**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Fotografía: https://plants.jstor.org/fsi/img/size1/alukaplant/f/phase_01/f0006/f0044696f.jpg

Folio004895

Oxalis matancillae es una especie descrita recientemente por Lourtieg (2000). Esta especie no se encuentra en ninguna categoría de conservación.

- Presencia

Esta especie se encuentra distribuida entre Miguel Díaz y Quebrada Anchuña. Se ha registrado en Miguel Díaz, Quebrada Matancilla, Quebrada Bandurrias y Quebrada Anchuña.

Cuadro 85. Localidades de presencia de *Oxalis matancillae*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Aguada Miguel Díaz	-	-	Dillon & Teillier, 5288	1987
Vic. of Q. Matancilla	-	-	Heibl, 01-056	2004
Quebrada de Matancilla	-	-	Dillon, 5749	1988
Quebrada Bandurillas	-	-	Ehrhart, 2002/256	2002
Quebrada Anchuña	-	-	Heibl, 01-064	2004

Fuente: Heibl (2005)

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie no fue registrada en terreno, por lo que no se pudo calcular su abundancia.

- Análisis histórico

Esta especie fue recientemente descubierta, sólo registrada nuevamente por Heibl en los 2000's.

Folio004896

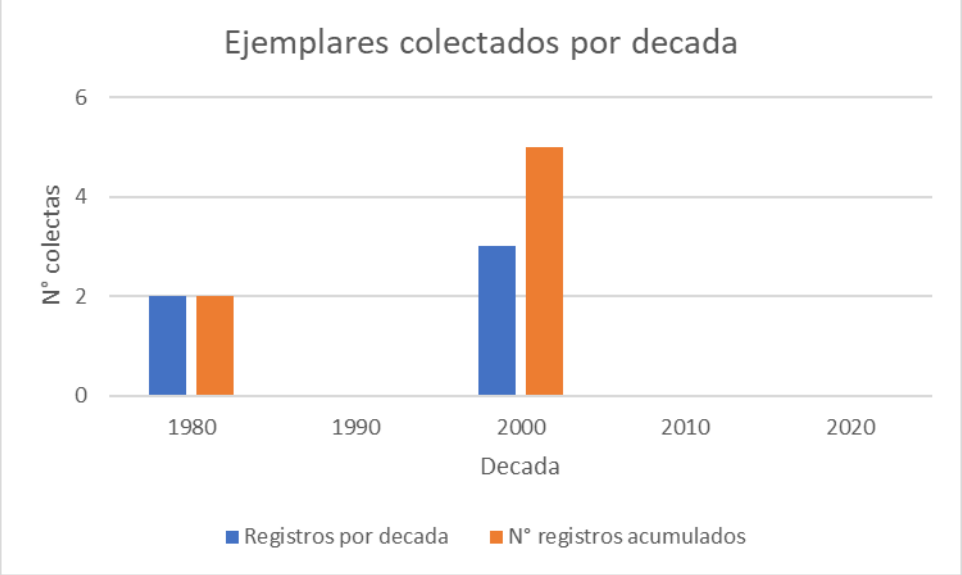


Figura 234. Registros de *Oxalis matancillae* realizados a través del tiempo.

A pesar de haber cuatro localidades, esta especie no pudo ser encontrada en terreno.

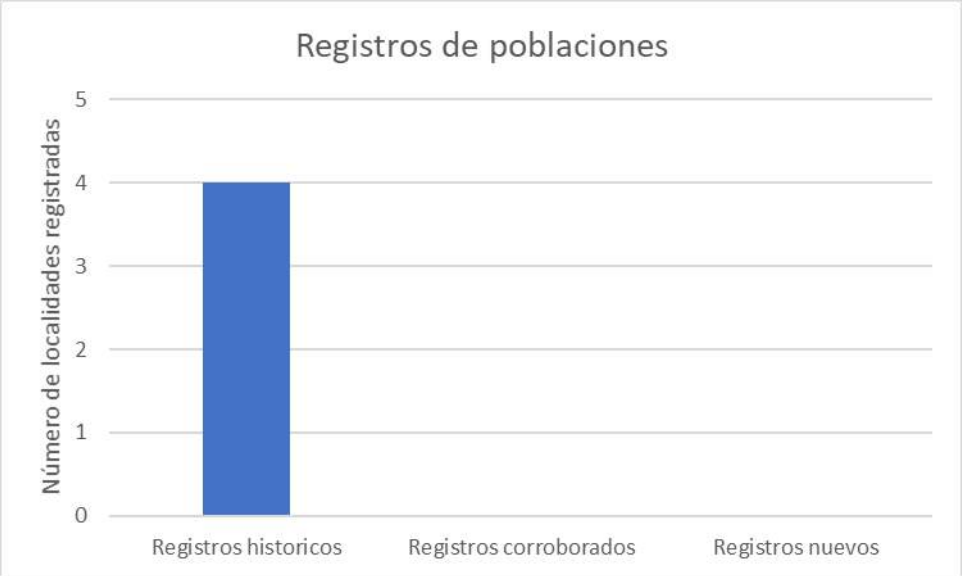


Figura 235. Corroboración de registros en el área de estudio de *Oxalis matancillae*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004897

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 55.56, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.65, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004898

55.- *Copiapoa angustiflora* Helmut Walter, G. J. Charles & Mächler

Ranking IPM			**55**
Especie	***Copiapoa angustiflora*** Helmut Walter, G. J. Charles & Mächler		
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**9.903**	Superficie estimada (m^2)	**160.000**
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Obras civiles**	Tendencia de la especie	**Estable**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Distribución

Esta especie, antes considerada como parte de *Copiapoa humilis*, fue reconocida por Walter & Mächler (2006a) como

Folio004899

especie distinta por sus areolas distribuidas en costillas en lugar de mamillas. Esta especie aún no ha sido incluida en ninguna categoría de clasificación.

- Presencia

Esta especie sólo se ha encontrado en una localidad, correspondiente a la Quebrada Guanillos.

Cuadro 86. Localidades de presencia de *Copiapoa angustiflora*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Guanillos			Helmut Walter HW 436 (SGO)	2005

Fuente: Walter & Mächler (2006), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie sólo ha sido encontrada en una localidad, creciendo en un área reducida, no mayor a 400 x 400 m^2. En este lugar, se registraron 7 individuos en una parcela de 12 m de diámetro. Por lo tanto, es posible estimar que existen 9.903 individuos en una superficie de 160.000 m^2.

- Análisis histórico

Esta especie fue descubierta hace pocos años, descrita sólo en el año 2006. Desde entonces, no se han encontrado nuevos registros.

Folio004900

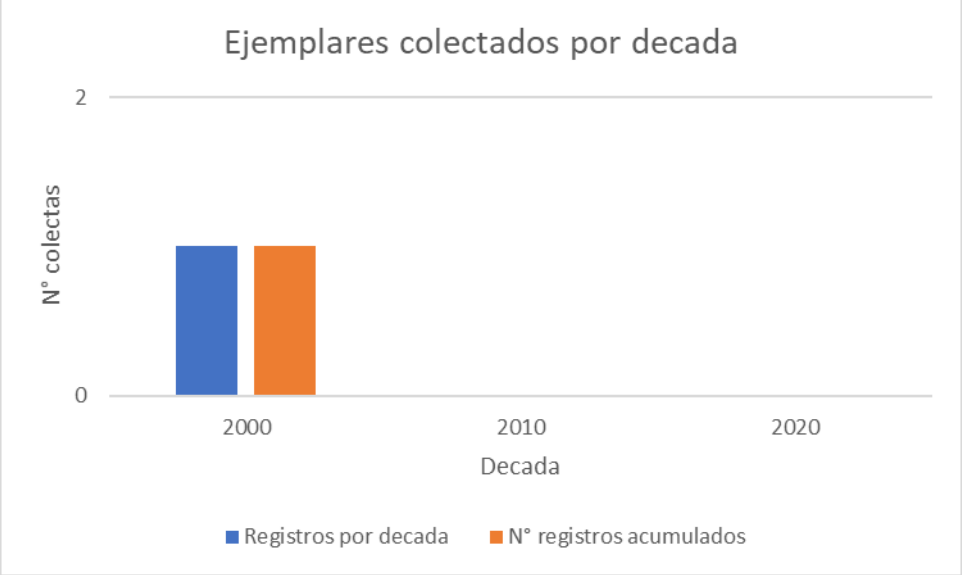


Figura 236. Registros de *Copiapoa angustiflora* realizados a través del tiempo.

La única población conocida fue corroborada en su localidad de colecta.

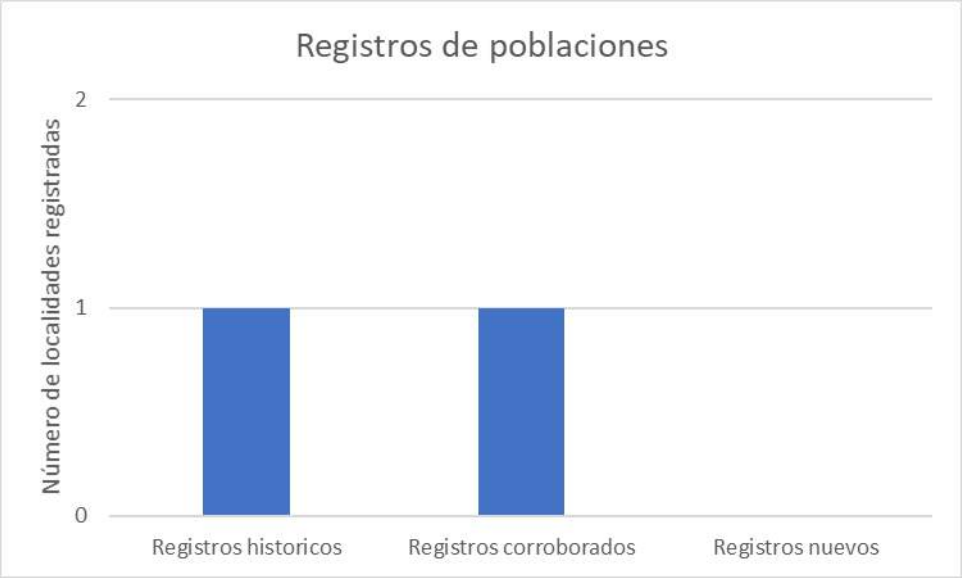


Figura 237. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa angustiflora*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

Folio004901

- Amenazas

En la Figura 238 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue las obras civiles.

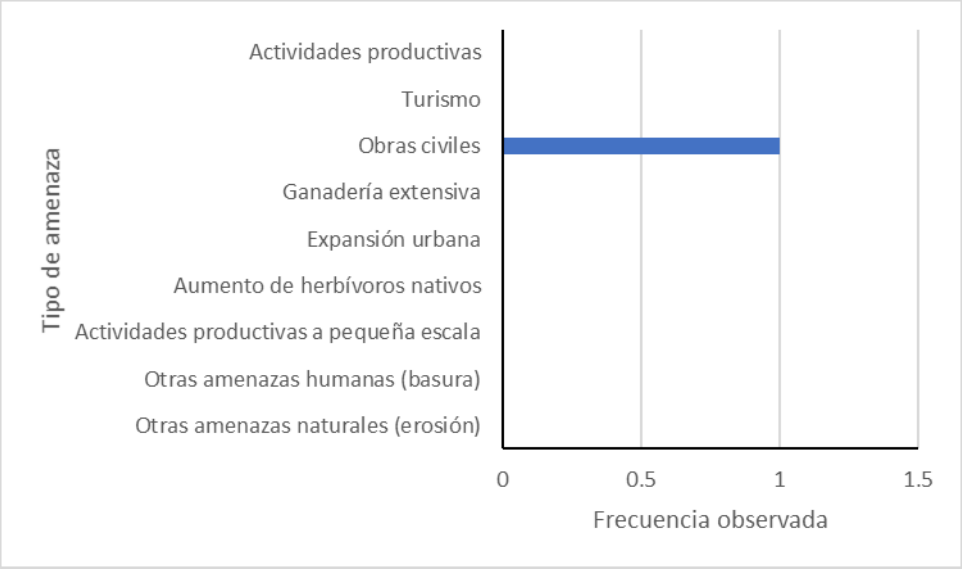


Figura 238. Amenazas registradas para *Copiapoa angustiflora*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 15.27, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 0.19, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004902

56.- *Copiapoa aphanes* Mächler & Helmut Walter

Ranking IPM				**56**
Especie	***Copiapoa aphanes*** Mächler & Helmut Walter			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**	
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Muy alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Al igual que la especie anterior, esta especie también fue descrita hace relativamente poco tiempo. De acuerdo al DS 50/2008 MINSEGPRES, se encuentra en categoría “En Peligro”.

- Presencia

Esta especie se ha registrado sólo en las cercanías de la estación Breas, cerca de Taltal.

Cuadro 87. Localidades de presencia de *Copiapoa aphanes*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
E de Taltal	356460.33	7184938.27	Helmut Walter	2003
Estacion Las Breasa, E Taltal	358765.1708	7178675.942	Andrea Piombetti APT 510	

Fuente: Biota (2018),

Folio004903

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Debido a que esta especie no pudo ser observada en terreno, no fue posible calcular su abundancia. Sin embargo, se asume que es una especie extremadamente escasa por haberse encontrado en sólo una localidad.

- Análisis histórico

Esta especie fue encontrada por primera vez en el 2003, por lo que fue recientemente descrita.

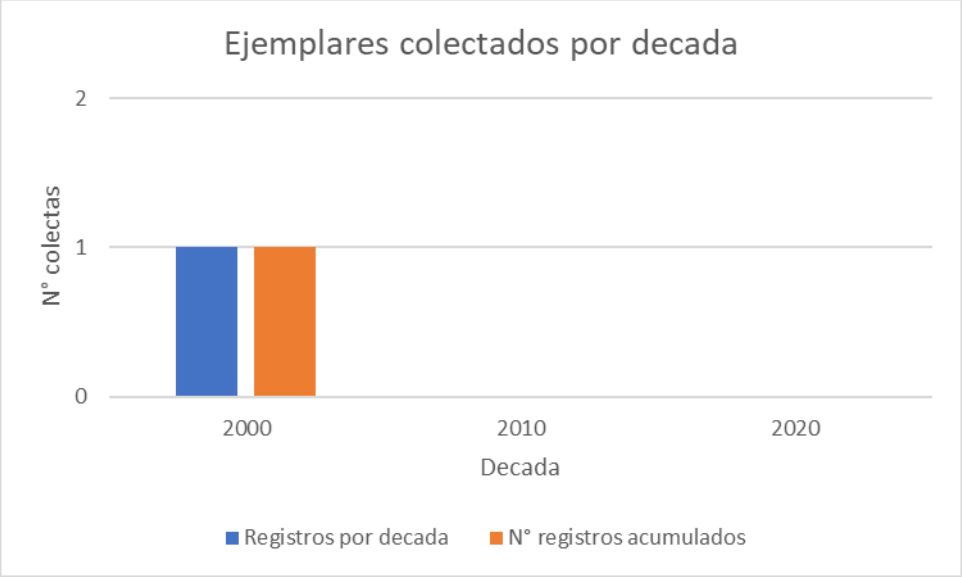


Figura 239. Registros de *Copiapoa aphanes* realizados a través del tiempo.

La localidad de Las Breas fue visitada, pero a pesar de una intensa búsqueda, no se encontró la especie.

Folio004904

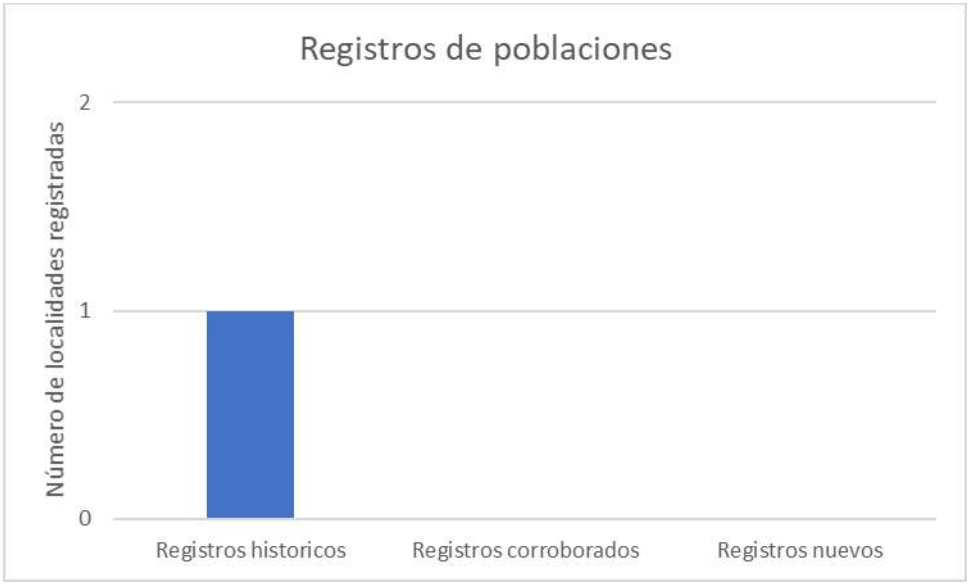


Figura 240. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa aphanes*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 129.13, por lo que se considera una influencia muy alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 2.24, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004905

57.- *Copiapoa krainziana* F. Ritter

Ranking IPM			**57**
Especie	***Copiapoa krainziana*** F. Ritter		Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**CR**
Número de individuos estimados	**42.441**	Superficie estimada (m^2)	**200.000**
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Basurales**	Tendencia de la especie	**Estable**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Folio004906

Esta especie, también considerada como *Copiapoa cinerea* subsp. *krainziana*, se encuentra en categoría de conservación de "Peligro Crítico" según el DS 41/2011 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra restringida exclusivamente a la Quebrada San Ramón, cercana a la ciudad de Taltal.

Cuadro 88. Localidades de presencia de *Copiapoa krainziana*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
San Ramon, 400 M	356136	7191576	Andrea Piombetti APT 501	
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Andreas Wessner AW 92	
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Alan William Craig AWC 252	
Quebrada San Ramon, 205-600 M	356136	7191576	BCHK - gerardo.cz BCHK 1371	
S. Ramon H. 320	356136	7191576	Ignazio Blando BIG 99	
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Jaromír Chvastek CH 1521	
Taltal, Quebrada San Ramon	356136	7191576	Isabella, Carlo Doni D 172	
Quebrada Ramon	356136	7191576	Fred (Friedrich Kattermann FK 1073	
Mountains Near Coast, North Of Taltal	355960	7206772	Friedrich Ritter FR 210	1954
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Graham Charles GC 131.02	
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Grzegorz Matuszewski GM 1174	
Quebrada San Ramon, Taltal	356136	7191576	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 176	
San Ramon, Nearly Taltal, 205 M	356136	7191576	Jiří Červený (Jiri Cerveny JC 3606	
Quebrada San Ramon, 312 M	356136	7191576	Jan Novák JN 1309	
North Of Taltal, Quebrada San Ramon;350M	356136	7191576	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1152	
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Ladislav Horáček LH 1327	
Quebrada San Ramon, 100-300 M	356136	7191576	Marco Giani MGi 22.5	
Quebrada San Ramon, 205 M	356136	7191576	Martin Tvrdik MT 06-004	
San Ramon Valley	356136	7191576	Benjy Oliver OLV 25	
On Rocks, Dry River Banks, San Ramon Valley, Chile 295M	356136	7191576	Petr Česal PC 133	
South Side Of Quebrada De San Ramón, 700M	356136	7191576	Paul Hoxey PH 258.04	

Folio004907

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada San Ramon, Taltal	356136	7191576	Pavel Heřtus PHA 1165	
A Quebrada North Of Taltal	356136	7191576	Ken Preston-Mafham pm 205a	
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Petr Pavelka (son) PV 2023	
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Alain Laroze, Philippe Corman, Patrick Cazuguel, Georges Marchand RCP 40	
San Ramon, Taltal, Chile	356136	7191576	Roger M. Ferryman RMF 319	
Quebrada San Ramon, 312 M	356136	7191576	Martin Švidrnoch SV 81	
Antofagasta: Taltal, Qda San Ramon	355785	7193677	EGGLI & LEUENBERGER 2660	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie se registró en las parcelas de muestreo, donde representó una abundancia de 24 individuos por parcela de 12 m de diámetro. Considerando grillas de 200 x 200 m, se encontró que esta especie se encuentra presente en 5 grillas. Por lo tanto, se estima que existen 42.441 individuos en una superficie de 200.000 m^2.

- Análisis histórico

A pesar de los extensos registros de esta especie indicados por Biota (2018), sólo se cuenta con la fecha de colecta de Ritter al describir la especie.

Folio004908

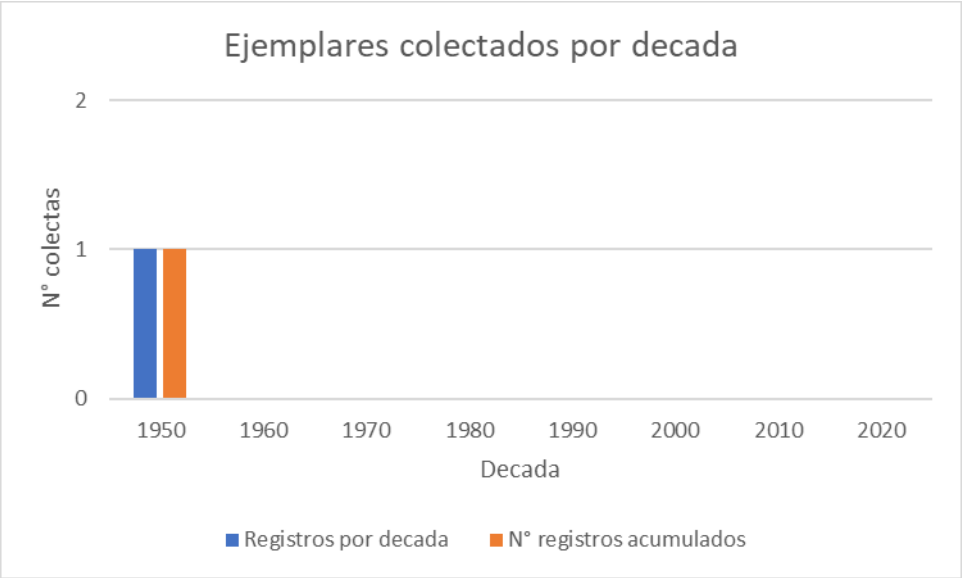


Figura 241. Registros de *Copiapoa krainziana* realizados a través del tiempo.

La única localidad conocida para esta especie fue corroborada en las campañas de terreno.

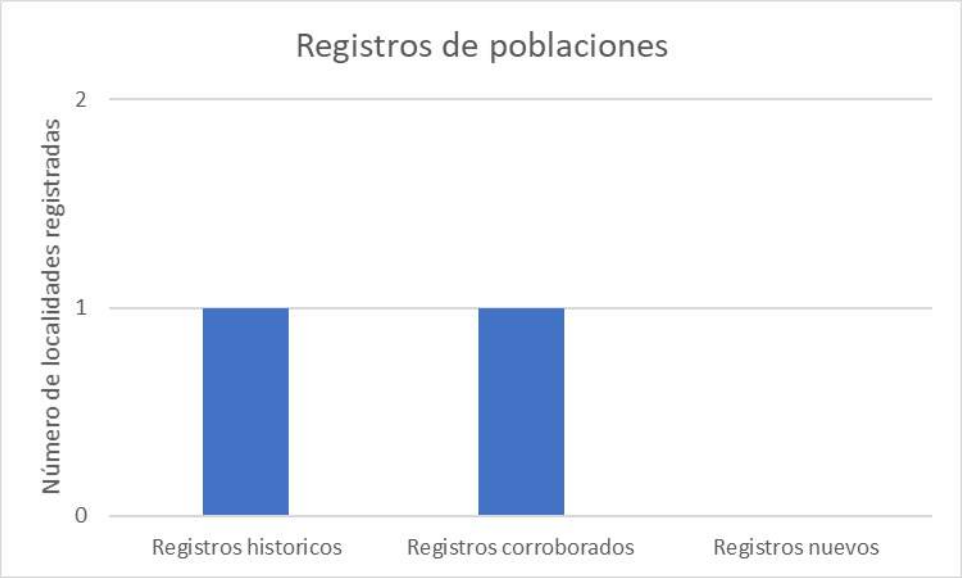


Figura 242. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa krainziana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

Folio004909

- Amenazas

En la Figura 243 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fueron los basurales.

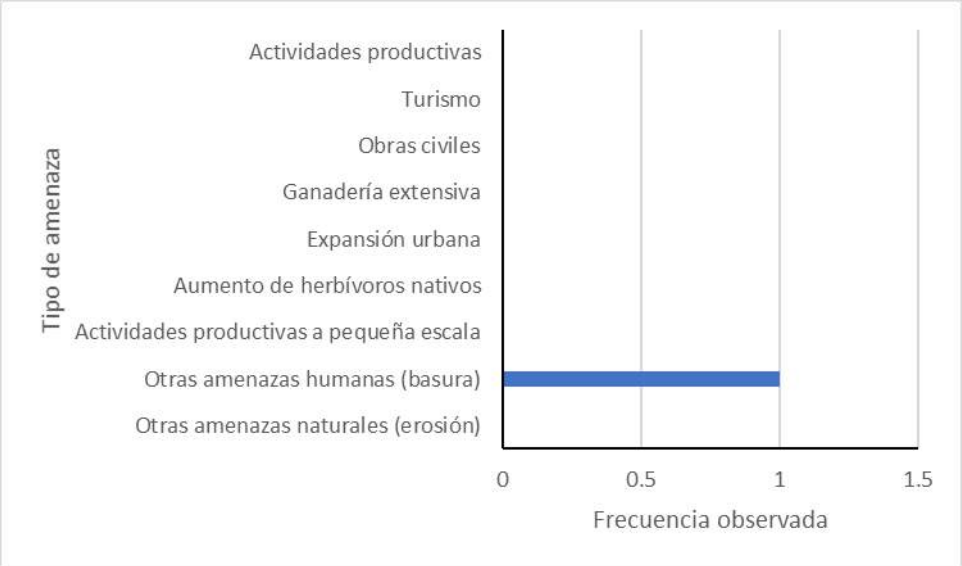


Figura 243. Amenazas registradas para *Copiapoa krainziana*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 104.25, por lo que se considera una influencia muy alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 3.19, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB1578), provenientes de la Quebrada San Ramón.

Folio004910

58.- *Copiapoa desertorum* F. Ritter

Ranking IPM			58
Especie	***Copiapoa desertorum*** F. Ritter		
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**2.829**	Superficie estimada (m^2)	**20.000**
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	**-**
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Obras civiles**	Tendencia de la especie	**Estable**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Distribución

Folio004911

Esta especie se ha considerado como una subespecie de *Copiapoa rupestris*. En este diagnóstico, se considera como una especie distinta siguiendo la circunscripción de Larridon et al. (2015). Sin embargo, la clasificación de categoría de conservación incluye *C. desertorum* como sinónimo de *C. rupestris*, considerando esta última como especie "En Peligro".

- Presencia

Esta especie es extremadamente escasa, y se ha registrado sólo en una quebrada, correspondiente a la Quebrada Los Zanjones o Quebrada del Gritón.

Cuadro 89. Localidades de presencia de *Copiapoa desertorum*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Del Gritón	343340	7175750	Benjy Oliver OLV 59	
Quebrada Los Zanjones	346308	7169595	Baldur Cornely BC 10	
14Km North-East Of Cifuncho	346162	7165808	Alan William Craig AWC 89	
Cifunchos 20-300M	346162	7165808	Alfred Bernhard Lau L 817	
14 Km Ne Cifuncho	346162	7165808	Andrea Piombetti APT 731	
Cifuncho - Taltal Hugel A 5178	346162	7165808	Andreas Wessner AW 267	
Taltal, Cifuncho, Up Quebrada 75M	346162	7165808	Brian Francis Bates BB 1264.03	
East Of Cifuncho;350M	346162	7165808	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1046	
Cifuncho	346162	7165808	Chris Sherrah CS 23	
Cifunchos 20-300M	346162	7165808	Dennis Sargant (plants collected by Alfred Bernhard Lau SH 817	
Cifuncho	346162	7165808	Frans Kühhas FK 27.803	
Cifuncho East To Las Breas	346162	7165808	Friedrich Ritter FR 529	1956
Cifuncho	346162	7165808	Guillermo (Willy Smith WS 76	
Cifuncho	346162	7165808	Isabella, Carlo Doni D 15	
Cifuncho; 200M	346162	7165808	Karel Knize KK 1535	
Cifuncho, 80 M	346162	7165808	Martin Tvrdik MT 06-008	
Road To Cifuncho, 380M	346162	7165808	Paul Hoxey PH 451.01	
Cifuncho	346162	7165808	Pavel Heřtus PHA 605	
Valley, Stony Terrain, Cifuncho, Chile 150M	346162	7165808	Petr Česal PC 143	
Este De Cifuncho, 10 M	346162	7165808	Rodrigo Dacal Barlow RD 93	
Taltal To Cifuncho, Chile 220M	346162	7165808	Roger M. Ferryman RMF 153	

Folio004912

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Taltal To Cifuncho;300M	346162	7165808	Tom Jenkins TJ 65	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Se registraron 16 individuos de esta especie en una parcela de 12 m de diámetro. Considerando grillas de 50 x 50 m, se encontró la especie en 8 grillas. Finalmente, se puede estimar que existen 2.829 individuos en una superficie de 20.000 m^2.

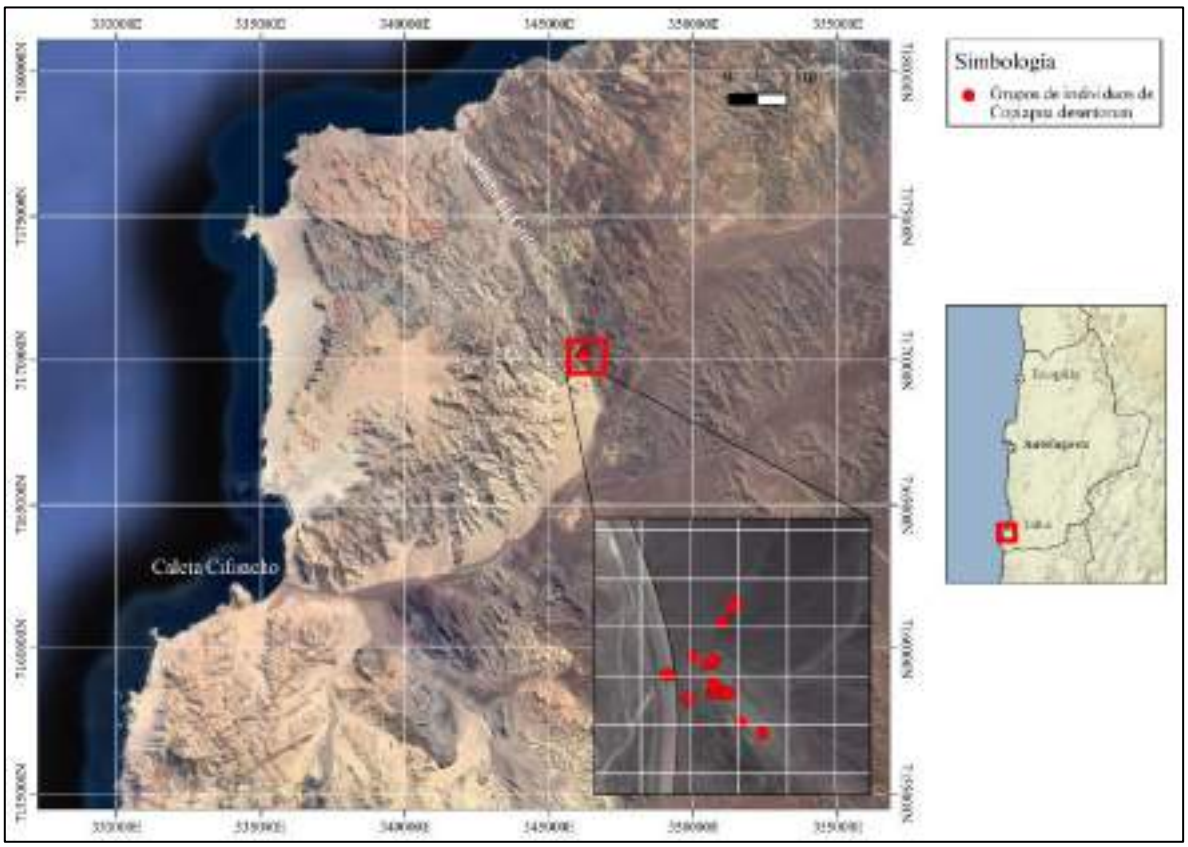


Figura 244. Distribución de presencias de *Copiapoa desertorum*.

Folio004913

- Análisis histórico

Para esta especie sólo se cuenta con la fecha de colecta de su descubridor, a pesar de que pareciera haberse visto una gran cantidad de veces.

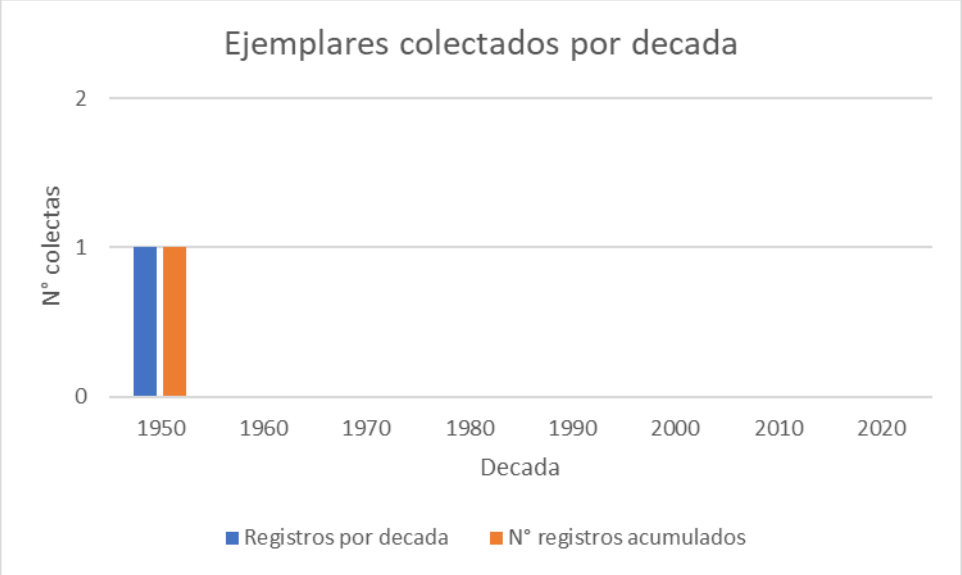


Figura 245. Registros de *Copiapoa desertorum* realizados a través del tiempo.

La única localidad conocida para esta especie fue corroborada en terreno.

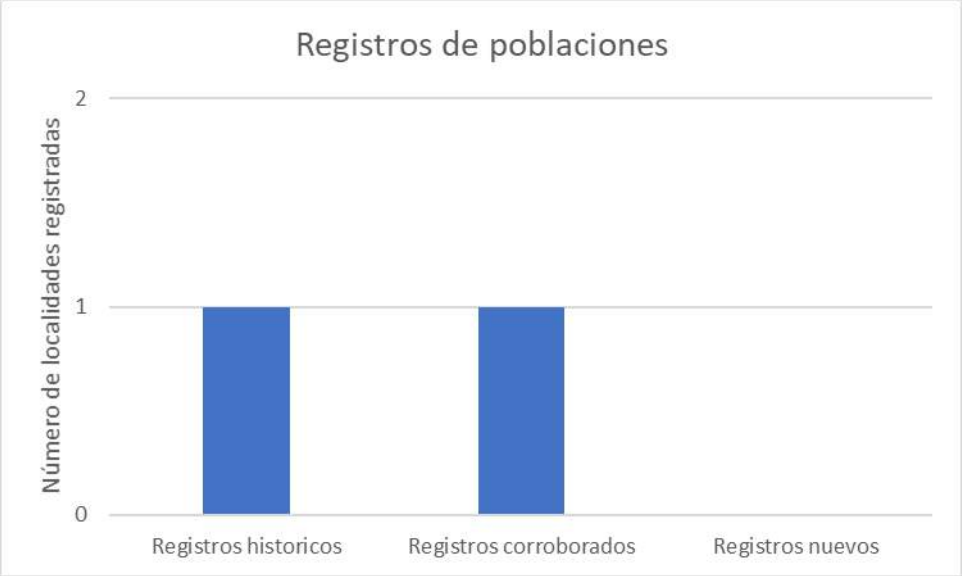


Figura 246. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa desertorum*.

Folio004914

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

- Amenazas

En la Figura 247 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue las obras civiles.

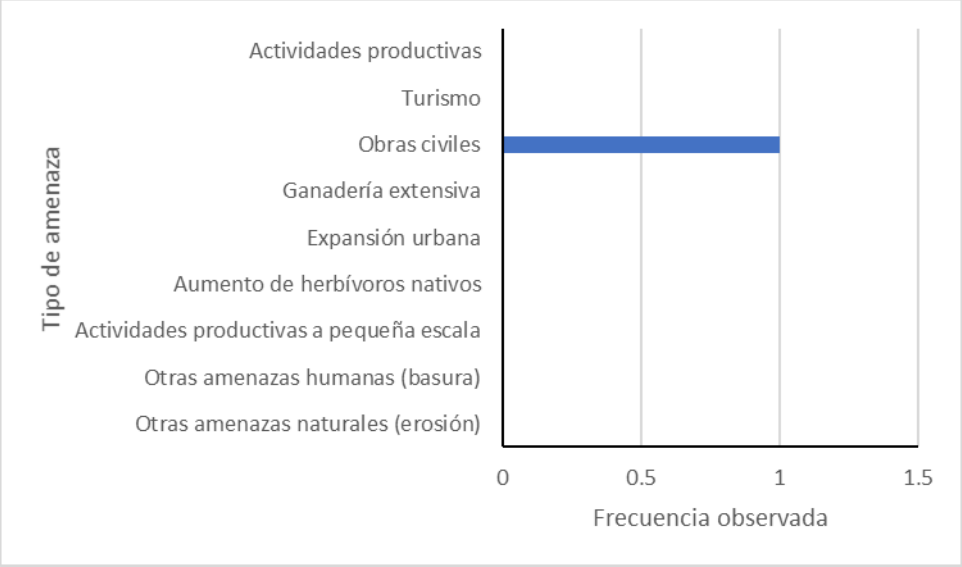


Figura 247. Amenazas registradas para *Copiapoa desertorum*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 94.26, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 1.44, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004915

Folio004916

59.- *Copiapoa esmeraldana* F. Ritter

Ranking IPM				**59**
Especie	***Copiapoa esmeraldana*** F. Ritter			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	-	
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	**Obras civiles**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Esta especie se ha confundido con *C. grandiflora* por un error al atribuir el nombre a su localidad tipo. Sin embargo, esta especie provendría al sur de Esmeralda, en el sector Las Lomitas del PN Pan de Azúcar. Esta especie no ha sido clasificada en alguna categoría de conservación.

- Presencia

C. esmeraldana se encuentra restringida al PN Pan de Azúcar, específicamente al sector Las Lomitas.

Cuadro 90. Localidades de presencia de *Copiapoa esmeraldana*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Sur de Esmeralda			F. Ritter 1457	1969
Pan De Azúcar	335068	7106657	Baldur Cornely BC 27	
Las Lomitas, Pan De Azucar	339074	7122329	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 253	
P. Azucar	335068	7106657	Jaromír Chvastek CH 44.1	

Fuente: Biota (2018).

Folio004917

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

No es posible calcular la abundancia de esta especie, ya que no fue posible encontrarla en terreno.

- Análisis histórico

De esta especie solo se cuenta con la información de su primera colecta.

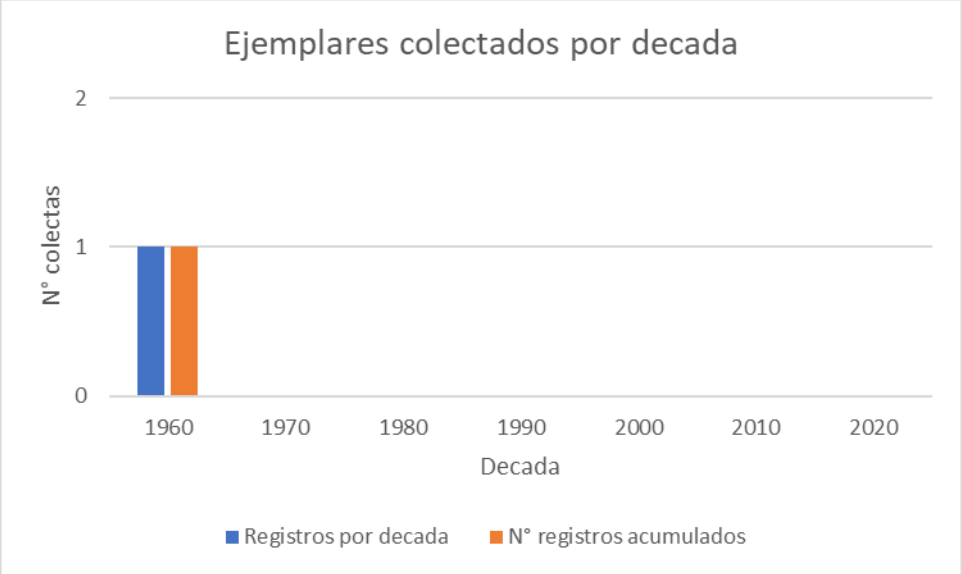


Figura 248. Registros de *Copiapoa esmeraldana* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 249.

Folio004918

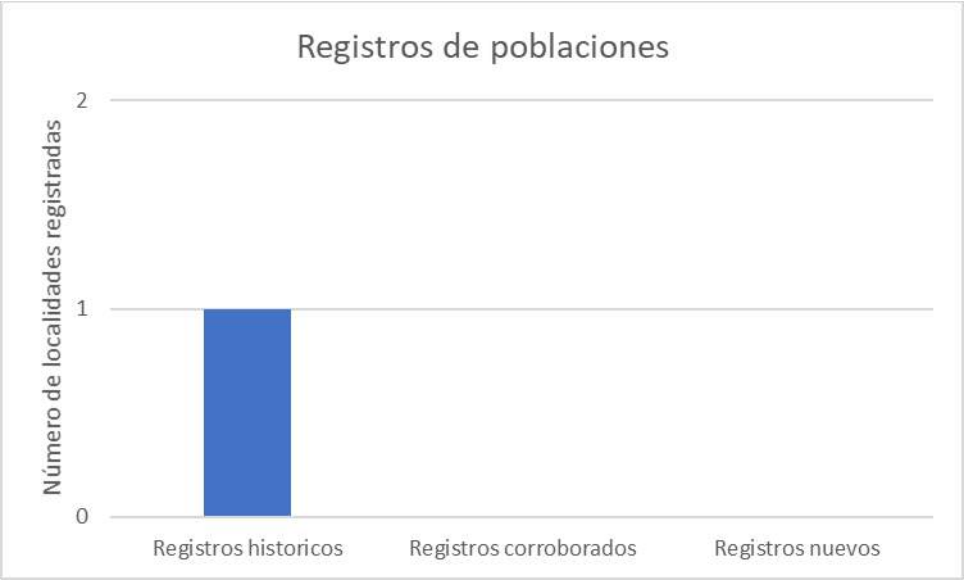
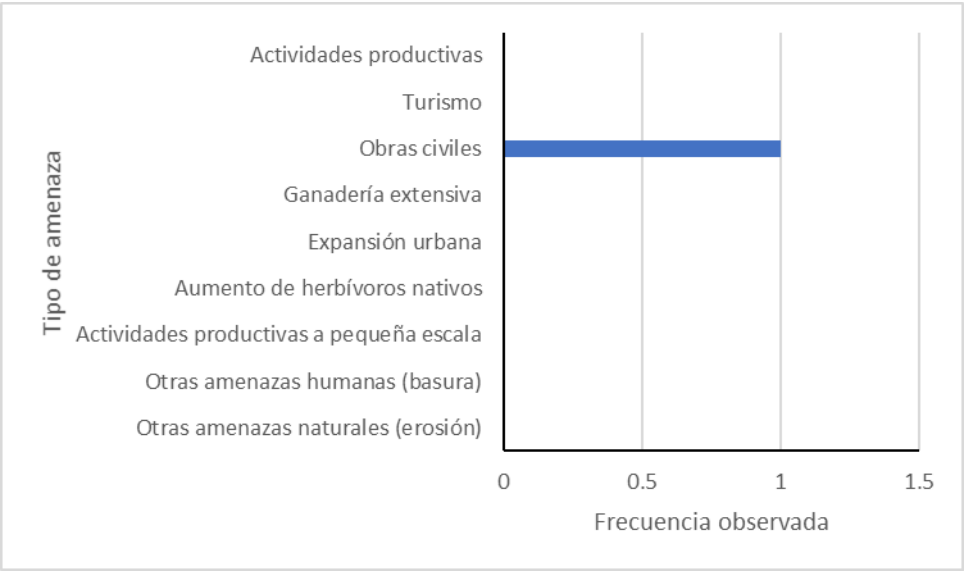


Figura 249. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa esmeraldana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 250 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue las obras civiles.



Folio004919

Figura 250. Amenazas registradas para *Copiapoa esmeraldana*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 6.55, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 0.06, por lo que se considera una influencia muy baja.

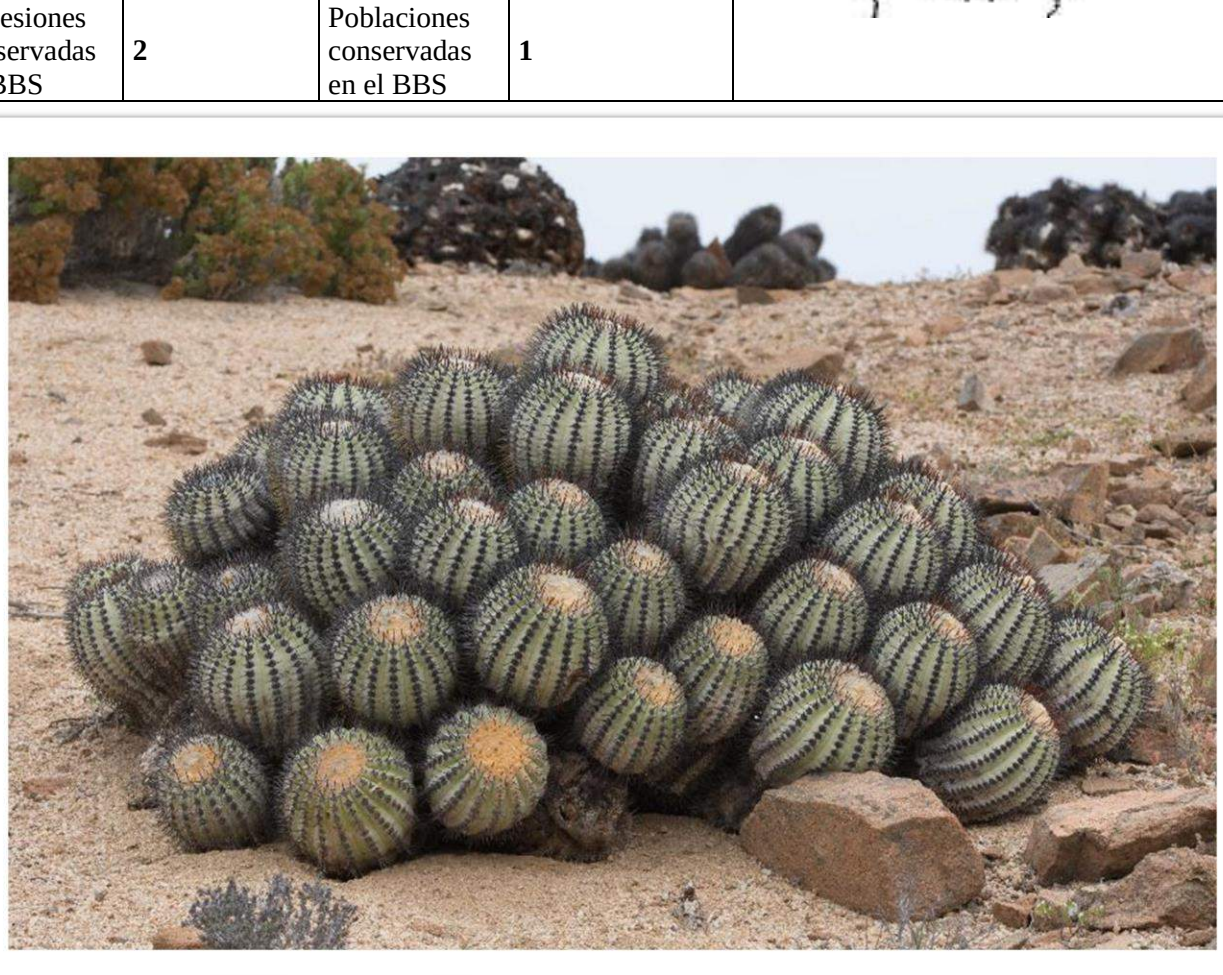
- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004920

60.- *Copiapoa longistaminea* F. Ritter

Ranking IPM			**60**
Especie	***Copiapoa longistaminea*** F. Ritter		Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**7.073.553**	Superficie estimada (m^2)	**50.000.000**
Número de localidades	**6**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Obras civiles y erosión**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**



Folio004921

Esta especie se encuentra en categoría “Vulnerable” según el DS 13/2013 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra distribuida en una acotada zona de la Región de Antofagasta, entre la Quebrada Leoncitos hasta La Cachina. Se ha registrado en la Quebrada Leoncitos, Caleta La Madera, Cerro Hornillos, Quebrada Tigrillo, Quebrada Guanillos (o Las Lozas), Quebrada La Cachina.

Cuadro 91. Localidades de presencia de *Copiapoa longistaminea*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Quebrada Leoncitos, 300 M	331935	7147730	Ignazio Blando BIG 168	
La Madera	329612	7141675	Andrea Piombetti APT 694	
Caleta La Madera, 30 M	329612	7141675	Marco Giani MGi 81	
Caleta La Madera, North Of Quebrada Tigrillo, 350M	329612	7141675	Paul Hoxey PH 669.06	
Cerro Hornillos	341333	7139971	Fred (Friedrich Kattermann FK 1060	
Towards Tigrillo	330642	7139691	Alain Laroze, Philippe Corman, Patrick Cazuguel, Georges Marchand RCP 31	
Tigrillo	330642	7139691	Andrea Piombetti APT 691[a]	
Tigrillo, North Of Esmeralda	330642	7139691	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 258	
Valle Tigrillo, 80 Mm	330642	7139691	Grzegorz Matuszewski GM 1170.1	
Caleta Tigrillo	330642	7139691	Ignazio Blando BIG 124.03	
Esmeralda->Tigrillo, 79 M	330642	7139691	Jan Novák JN 836	
Tigrillo	330642	7139691	Jaromír Chvastek CH 55	
Caleta Tigrillo, 40 M	330642	7139691	Marco Giani Mgi 80.1	
Tigrillo, 35 M	330642	7139691	Martin Tvrdik MT 06-009	
Quebrada Guanillos-Tigrillo	330642	7139691	Roman Staník RS 1478	
Tiqrillo, Before Esmeralda, 35 M	329660	7137975	Jiří Červený (Jiri Cerveny JC 4006	
Quebrada Lateral A Quebrada Guanillos	334716	7135338	Faúndez, L.	2006
Quebrada Guanillos (Las Lozas):Parte Baja	333718	7135091	Faúndez L & Larraín B	2006
Quebrada Guanillos (Las Lozas):Parte Baja	333718	7135091	Faúndez, L.	2006
Camp Between Esmeralda And Guanillos	334581	7135048	Alain Laroze, Philippe Corman, Patrick Cazuguel, Georges Marchand RCP 63	

Folio004922

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Guanillos / Huanillos	334581	7135048	Andrea Piombetti APT 692	
Quebrada Guanillos	334581	7135048	Baldur Cornely BC 31	
Guanillos Valley	334581	7135048	Benjy Oliver OLV 76	
Quebrada Guanillos	334581	7135048	Fred (Friedrich Kattermann FK 1124	
Guanillos Valley	334581	7135048	Graham Charles GC 129.04	
Strada Per Guanillos	334581	71350489	Ignazio Blando BIG 38	
Guanillos	334581	7135048	Jaromír Chvastek CH 56	
Quebrada Guanillos, 200-250 M	334581	7135048	Marco Giani Mgi 27.1	
Quebrada Guanillos, 220-240M	334581	7135048	Paul Hoxey PH 263.02	
Entry On Placilla Esmeralda Before Guanillos Valley 290 M	334581	7135048	Petr Kupcak + Josef Bis KBC 942	
Entry On Placilla Esmeralda Before Guanillos Valley 290 M	334581	7135048	Petr Kupcak KP 942	
Km 33598 (Inv_16)	334624	7135006	Faúndez, L.	2005
Desvio Quebrada Guanillos (Inv_2)	335891	7133959	Faúndez, L.	2003
Quebrada De La Cachina, 300M	336191	7133133	Paul Hoxey PH 670.04	
Esmeralda , Chanaral 30M	335238	7132806	Alfred Bernhard Lau L 874	
Esmeralda, 70 / 100 M	335238	7132806	Andrea Piombetti APT 690	
Esmeralda A 1320	335238	7132806	Andreas Wessner AW 104	
Esmeralda;40M	335238	7132806	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1048	
Esmeralda	335238	7132806	Chris Sherrah CS 48	
Esmeralda , Chanaral 30M	335238	7132806	Dennis Sargant (plants collected by Alfred Bernhard Lau SH 874	
Esmeralda, Chile	335238	7132806	Edward (Ed George Gay and Betty Gay EG 4193	
East Of Esmeralda	335238	7132806	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 141	
Esmeralda	335238	7132806	Frans Kühhas FK 20.792	
Esmeralda, Coast	335238	7132806	Friedrich Ritter FR 531	1956
Esmeralda, 250 Mm	335238	7132806	Grzegorz Matuszewski GM 1168.7	
Esmeralda	335238	7132806	Guillermo (Willy Smith WS 77	
Caleta Esmeralda	335238	7132806	Isabella, Carlo Doni D 163	
Higway Ruta 5 Norte To Turning Off Road To Esmeralda, Left Plain Near Road, Left Plain Near Road	335238	7132806	Jan Novák JN 296	
Esmeralda, 220 M	335238	7132806	Jan Novák JN 834	
Esmeralda	335238	7132806	Jaromír Chvastek CH 1516	

Folio004923

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Esmeralda	335238	7132806	Ladislav Horáček LH 1305	
In Esmeralda	335238	7132806	Pavel Heřtus PHA 1171	
Hilly Terrain, Esmeralda Valley, Chile 300M	335238	7132806	Petr Česal PC 145	
Higway Ruta 5 Norte – Turning Off Road Esmeralda Ii. Left Plain Near Road , 296 M	3352387	7132806	Petr Kupcak KP 829	
North Of Esmeralda	335238	7132806	Petr Pavelka (son) PV 1930	
Esmeralda, Chile 100M	335238	7132806	Roger M. Ferryman RMF 160	
Planta Esmeralda	335238	7132806	Tom Jenkins TJ 72	
Esmeralda, Localidad Rural	335077	7132772	Ritter	0

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie fue registrada en las parcelas de muestreo, presentando 8,67 individuos en promedio. Usando grillas de 2.500 m^2, se encontró *C. longistaminea* en 8 de estas grillas. Por lo tanto, es posible estimar que existen 7.073.553 individuos en una superficie de 50.000.000 m^2.

- Análisis histórico

A pesar de haber sido muy colectada, tampoco hay muchos registros con fecha.

Folio004924

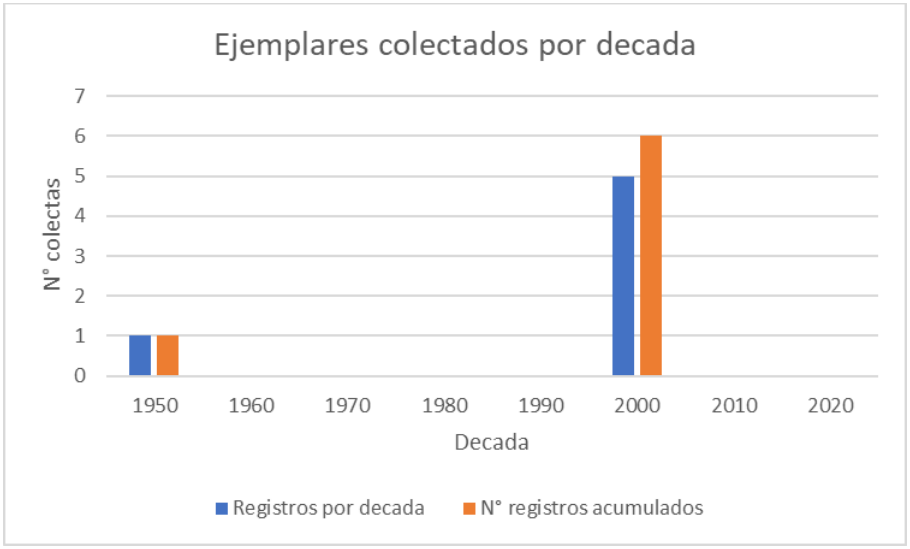


Figura 251. Registros de *Copiapoa longistaminea* realizados a través del tiempo.

De las 6 localidades en que se ha registrado, esta especie se ha observado presente en 5. Sólo no se ha observado en el Cerro Hornillos.

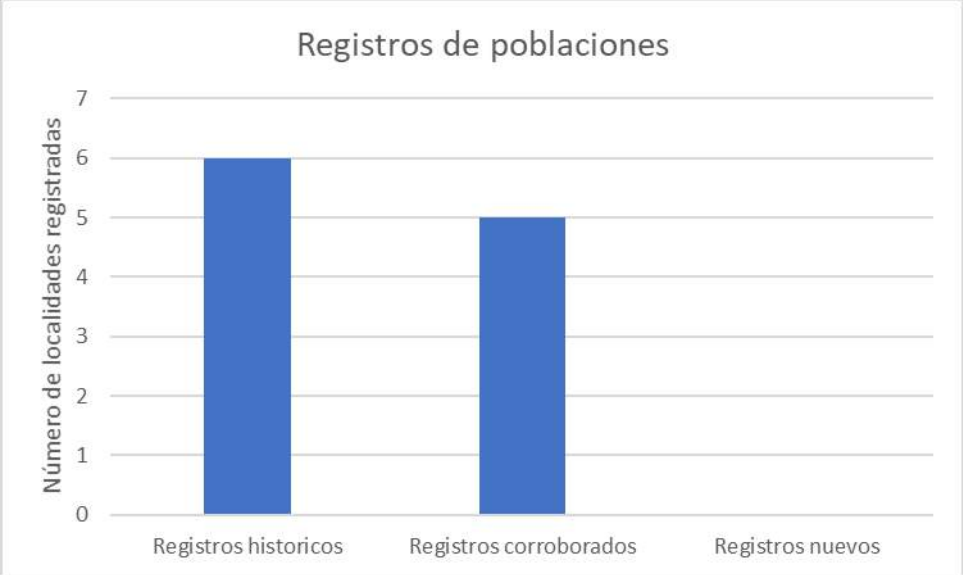


Figura 252. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa longistaminea*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Folio004925

En la Figura 253 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que las mayores amenazas fueron las obras civiles y la erosión.

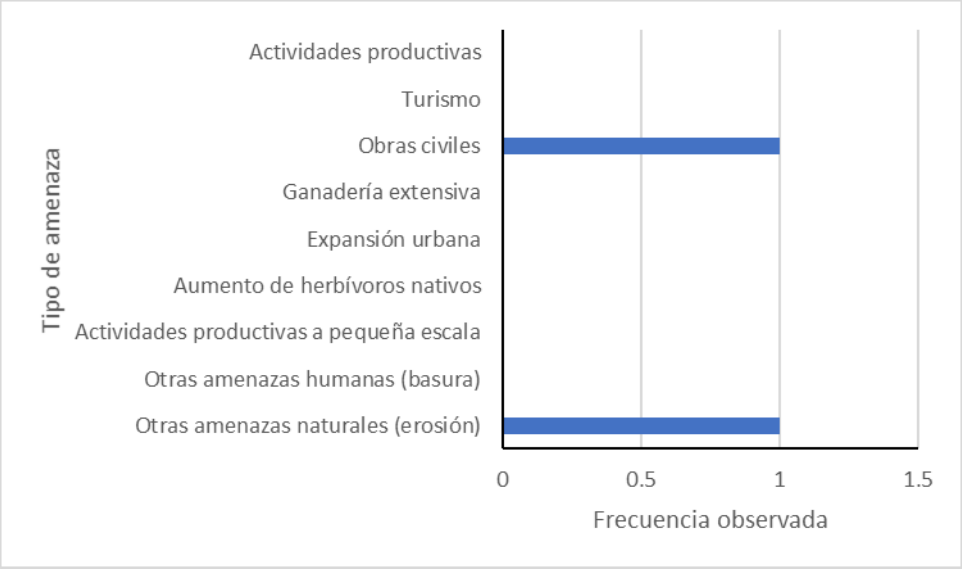


Figura 253. Amenazas registradas para *Copiapoa longistaminea*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 27.12, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 0.31, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas dos accesiones de esta especie (BB545 y BB1303), ambas provenientes de la Aguada La Cachina.

Folio004926

61.- *Copiapoa rarissima* F. Ritter

Ranking IPM				**61**
Especie	***Copiapoa rarissima*** F. Ritter			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**	
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades	**1**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Muy alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Esta especie probablemente se trata de un sinónimo de *C. montana*, y a pesar de que Larridon et al. (2015) no la validan como especie, se decidió incluir en el diagnostico debido a que sí es validada como especie por Rodríguez et al. (2018). El nombre *C. rarissima* no se encuentra con clasificación de conservación, pero si se considera como sinónimo de *C. montana*, se incluiría como especie "En Peligro" según el DS 42/2011 MMA.

- Presencia

Esta especie en el sentido estricto, se encontraría exclusivamente a los alrededores de la Quebrada Matancilla.

Cuadro 92. Localidades de presencia de *Copiapoa rarissima*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
South Of Paposo	351988.2917	7234251.52	Friedrich Ritter FR 1452	1969
Suedl. Paposo, Sehr Selten	351988.2917	7234251.52	Wendelin Mächler WM 227	
N. Quebrada Matancilla	360757.8063	7232091.829	Andrea Piombetti APT 303B	

Fuente: Biota (2018).

Folio004927

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Debido a que no pudo encontrarse en terreno, no se pudo estimar la abundancia de esta especie. Ritter, (1980) indica que esta especie es extremadamente escasa, encontrándose los escasos ejemplares muy dañados por animales.

- Análisis histórico

Esta especie sólo ha sido colectada por Ritter, para la cual el mismo colector indica que ya estaría extinta en la naturaleza.

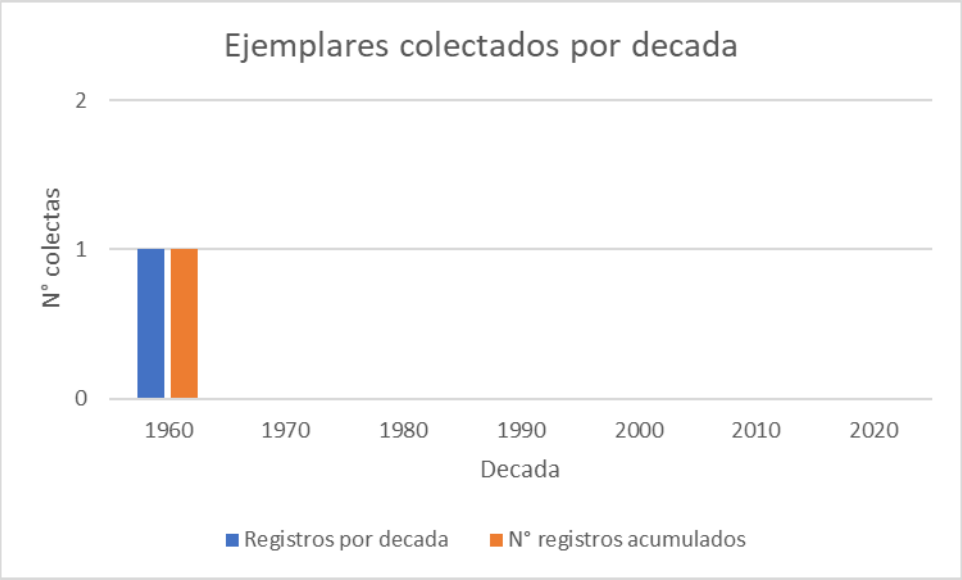


Figura 254. Registros de *Copiapoa rarissima* realizados a través del tiempo.

Debido a la probable extinción de la especie (Ritter, 1980), no se ha podido volver a ver en terreno.

Folio004928

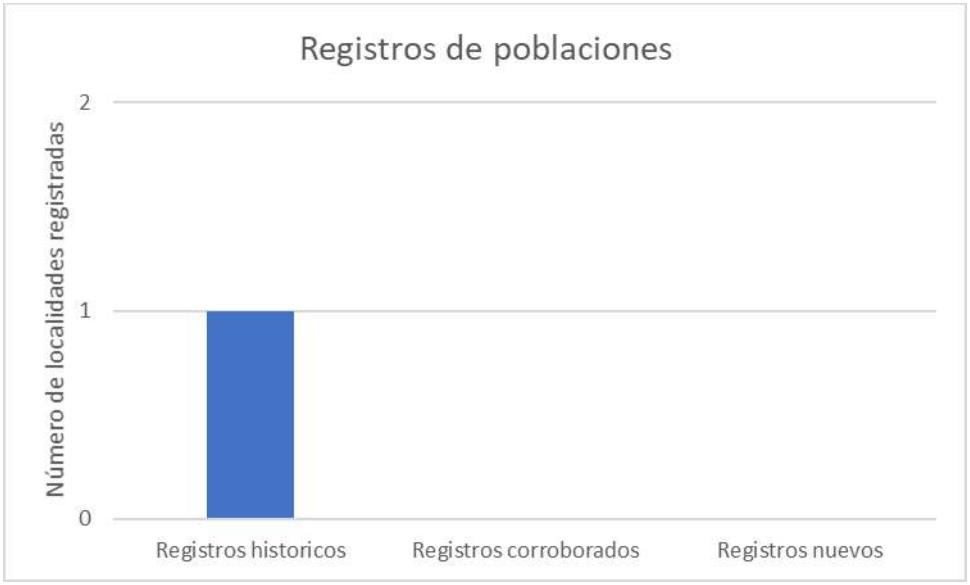


Figura 255. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa rarissima*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 125.75, por lo que se considera una influencia muy alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 5.49, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004929

62.- *Croton chilensis* Müll. Arg.

Ranking IPM			62
Especie	***Croton chilensis*** Müll. Arg.		
Familia	**Euphorbiaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**2.158.383**	Superficie estimada (m^2)	**312.290.942**
Número de localidades	**9**	Variable climática más relevante	**Probabilidad de alcanzar el punto de rocío en el mes más húmedo**
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Distribución

Folio004930

Esta especie sería la única nativa del género mega diverso *Croton*, común en los trópicos. Según el DS 50/2008 MINSEGPRES, esta especie se encontraría en categoría “En Peligro”.

- Presencia

Croton chilensis se encuentra distribuido entre Miguel Díaz y la Quebrada Matancilla. Se ha registrado en Miguel Díaz, El Cardón, El Médano, El Panul, El Rincón, Paposo, Peralito, La Higuera y Quebrada Matancilla.

Cuadro 93. Localidades de presencia de *Croton chilensis*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Ridge E Of Punta Dos Reyes	341128	7284466	Dillon, M. O. & D. Dillon 5951	
Miguel Díaz, Aguada	342258	7284037	Johnston, I. M. 5395	1925
Miguel Díaz, Aguada	342159	7283990	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Cardón, Quebrada	344394	7262535	Johnston, I. M. 5279	1925
Cam Paposo-Bco Encalada, El Medano	344394	7262535	Rodríguez, R. 3129	
Antofagasta: Cam Paposo-Bco Encalada, El Medano	346633	7261883	RODRIGUEZ R 3129	
Cam Paposo-Bco Encalada, El Medano	346627	7261847	Rodríguez, R. 3129	1996
Aguada El Panul	344972	7259259	INIA	2020
Antofagasta: Quebrada El Medano	346736	7252654	MARTICORENA A ET AL 735	
Antofagasta: Qda El Medano	345051	7252635	QUEZADA & RUIZ 313	
Qda El Medano	345046	7252599	Quezada, M. & E. Ruiz 313	1991
Qda El Medano	345847	7252449	Quezada, M. & E. Ruiz 313	
10.5 Km N Of Paposo, La Rinconada. At End Of Road Towards E. Euphorbia, Croton, And Loasa Common.	348502	7245290	Landrum, L. R., G. Gutíerrez & S.S. Landrum 7470	1991
10.5 Km N Of Paposo, La Rinconada. At End Of Road Towards E. Euphorbia, Croton, And Loasa Comm	348496	7245253	Landrum, L. R., G. Gutíerrez & S. S. Landrum	1991
Quebrada Rinconada, 12 Km Au Nord De Paposo (Route N 1). Quebrada Rocailleuse.	348980	7245011	Billet, F. & B. Jadin 5513	1991
Antofagasta: Paposo, Quebrada El Rincon	350205	7243462	ROSAS 5185	
Antofagasta: Cam Paposo-Bco Encalada, Qda Resbalon	350205	7243462	RODRIGUEZ R 3123	
Antofagasta: Taltal, Paposo, Queb La Rinconada	350205	7243462	BAINES ET AL 53	
Cam Paposo-Bco Encalada, Qda Resbalon	350200	7243425	Rodríguez, R. 3123	1996
Antofagasta: Loma Rinconada	346838	7243425	QUEZADA & RUIZ 172	

Folio004931

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Antofagasta: Qda La Rinconada, N De Taltal	346838	7243425	LOYOLA 5	
El Rincon, Barrancas	346832	7243388	Galvez et al. 1	1989
Loma Rinconada	346832	7243388	Quezada, M. & E. Ruiz 172	1991
Quebrada Rinconada, 12 Km Au Nord De Paposo (Route N 1). Quebrada Rocailleuse.	348901	7242121	Billet, F. & B. Jadin	
Quebrada Rinconada, Ca. 5 Km N Of Caleta Paposo	348539	7241967	Dillon, M. O. & D. Dillon 5970	
Quebrada El Rincón (Inv_1)	350152	7241957	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Antofagasta: Paposo, Sector La Rinconada	350225	7241616	FERNANDEZ	
Rincón El, Localidad Rural	349354	7241052	Johnston, I. M. 5519	1925
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
10.5 Km N Of Paposo, La Rinconada. At End Of Road Towards E. Euphorbia, Croton, And Loasa Comm	349354	7241052	Landrum, L. R., G. Gutíerrez & S. S. Landrum 2935230	
Cam Paposo-Bco Encalada, Qda Resbalon	349354	7241052	Rodríguez, R. 3123	
El Rincon, Barrancas	349354	7241052	Galvez et al. 1	
Loma Rinconada	349354	7241052	Quezada, M. & E. Ruiz 172	
Quebrada El Rincón (Inv_1)	349354	7241052	Faúndez, L.	
Quebrada Rinconada, 12 Km Au Nord De Paposo (Route N 1). Quebrada Rocailleuse.	349354	7241052	Billet, F. & B. Jadin 2934486	
Paposo.	353702	7233071	Gardner, Martin F. & Matthews, Kat 125	1997
Paposo.	354113	7232827	Gardner, Martin F. & Matthews, Kat 125	
Antofagasta: Paposo	355372	7232441	MORALES 7	
Antofagasta: Paposo	355372	7232441	LOYOLA 34	
Antofagasta: Paposo	355372	7232441	RICARDI 3575	
Paposo	355367	7232404	Ricardi, M. 3575	1955
Paposo	355367	7232404	LOYOLA 34	1992
Qda Los Perales	353684	7232386	HOFFMANN 202	1988
Quebrada Paposo, Ca. 5-12 Km E Of Caleta Paposo	356722	7232087	Dillon, M. O. & al. 5582	
Quebrada Paposo, Ca. 5-7 Km E Of Caleta Paposo	356722	7232087	Dillon, M. O. & S. Teillier 5245	
Paposo, Qda La Higuera	357083	7231375	Ricardi, M. 2658	
Qda Paposo, Agua Perales	357083	7231375	Ricardi, M. 2595	
Prov. Antofagasta. Quebrada Paposo. Agua Perales	353700	7230910	Ricardi, M.	1953
Antofagasta: Paposo, Qda La Higuera	355392	7230595	RICARDI 2658	
Antofagasta: Qda Paposo, Agua Perales	353710	7230577	RICARDI 2595	

Folio004932

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Guanillo, Quebrada	353695	7230556	Philippi, R. A.	
Qda Paposo, Agua Perales	353704	7230541	Ricardi, M. 2595	1953
Paposo, Qda De Matancilla	353783	7223157	Schlegel, F. 7918	1985
El Cura 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352920	7223130	Gutierrez, G.	
Paposo, Qda De Matancilla	353359	7221780	Schlegel, F. 7918	

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Croton chilensis* (Figura 256), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.998. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la probabilidad de alcanzar el punto de rocío (100% de humedad relativa) en el mes más húmedo (Figura 257), el cual corresponde a octubre en los sitios donde se encuentra la especie. Se observa que la probabilidad de presencia de *Croton chilensis* es cercana al 95% en lugares en que la probabilidad de alcanzar el punto de rocío en el mes más húmedo es superior a 75%.

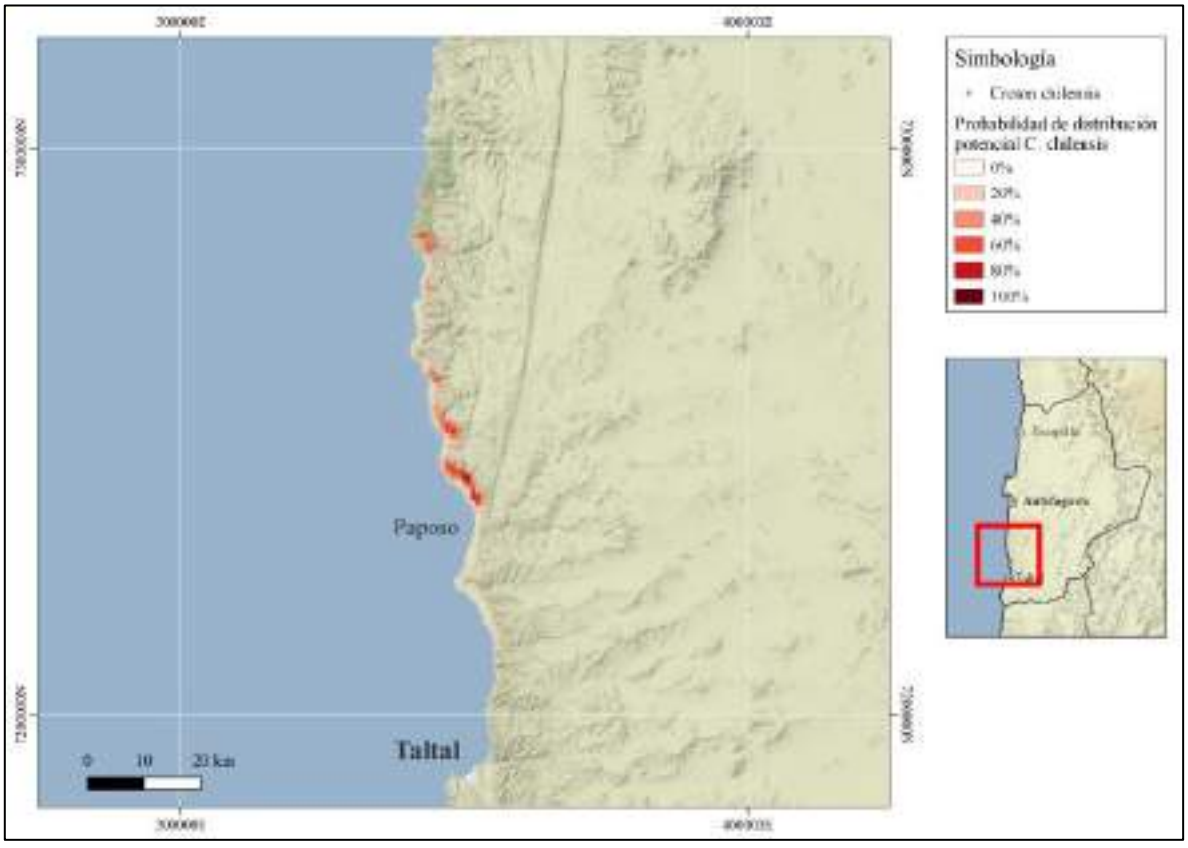


Figura 256. Modelación de nicho obtenida para *Croton chilensis*.

Folio004933

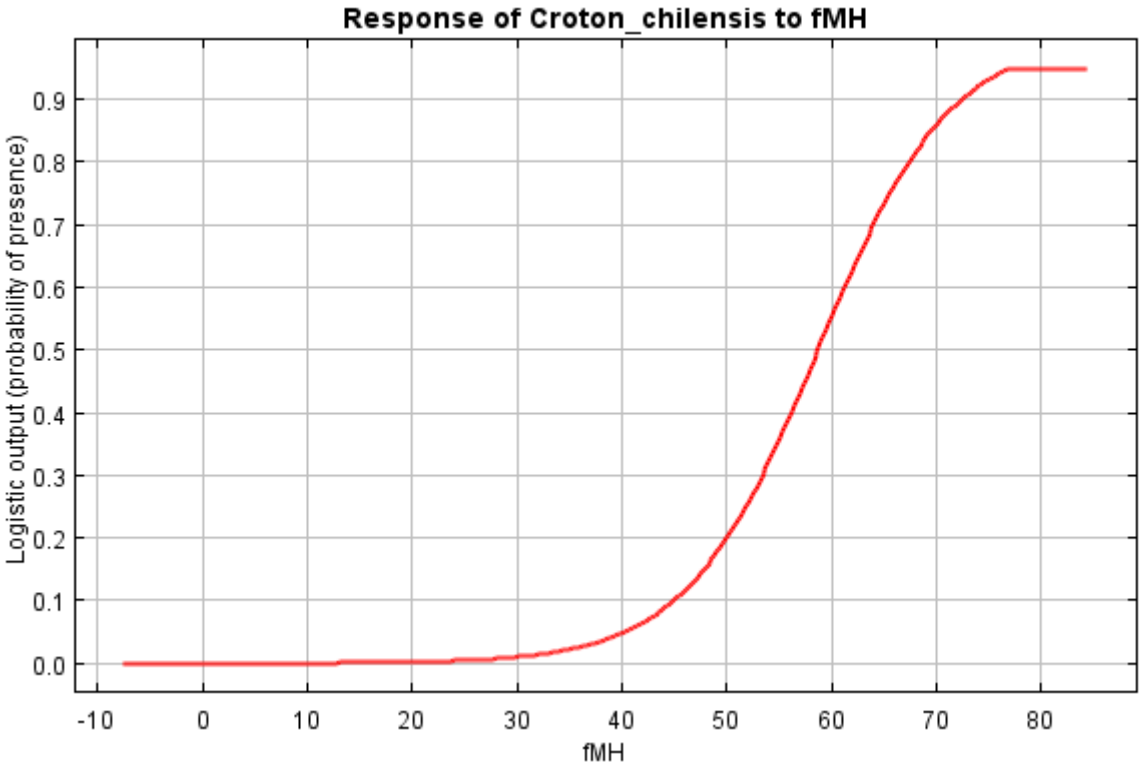


Figura 257. Respuesta de *C. chilensis* a la variable fMH, correspondiente a la probabilidad diaria de alcanzar el punto de rocío en el mes más húmedo.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 11,17 ± 14,11 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.07 (p = 7.278E-6). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 312.290.942 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 2.158.383 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Esta especie a sido constantemente registrada durante las últimas décadas.

Folio004934

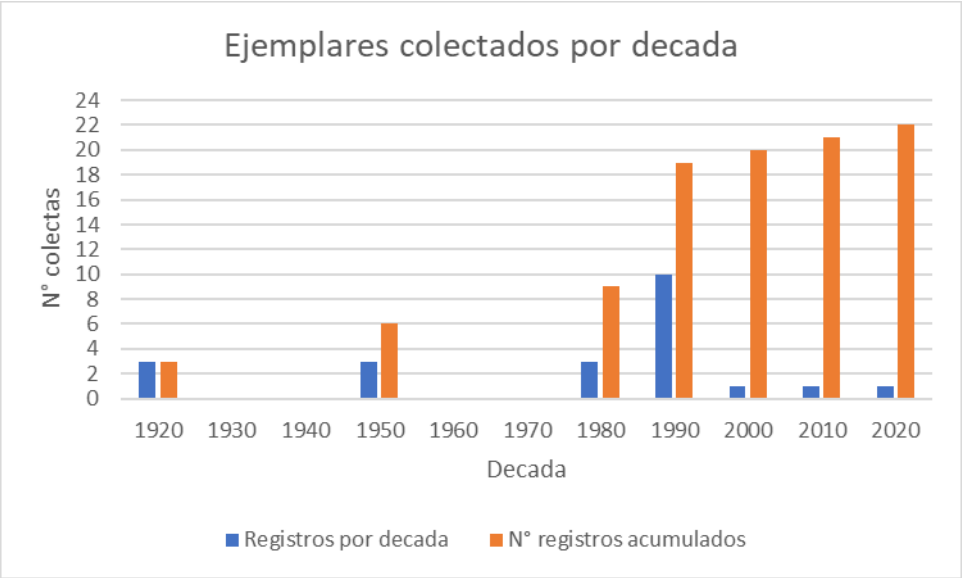


Figura 258. Registros de *Croton chilensis* realizados a través del tiempo.

Más de la mitad de las localidades en que se ha registrado la especie, pudo ser corroborada su presencia.

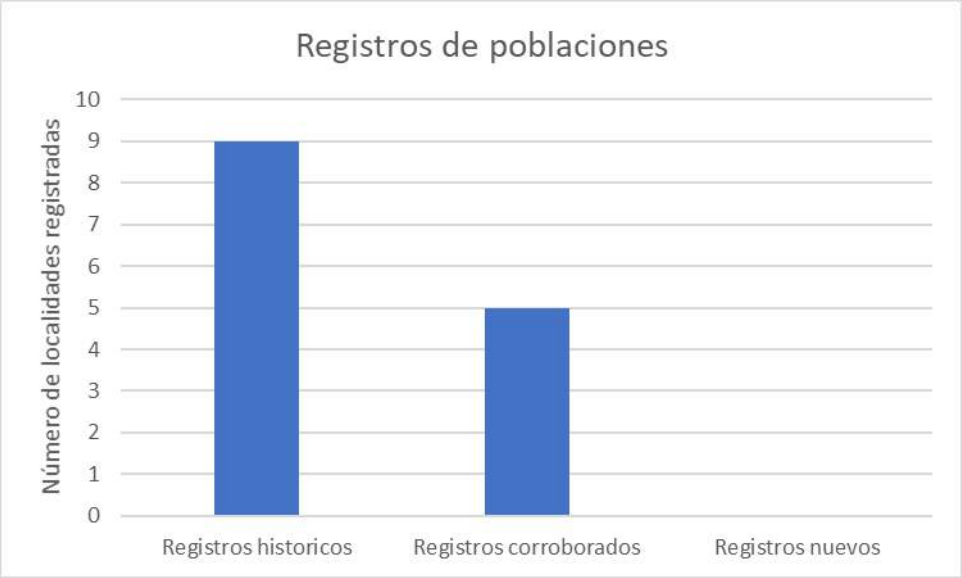


Figura 259. Corroboración de registros en el área de estudio de *Croton chilensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004935

- Amenazas

En la Figura 260 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la ganadería extensiva.

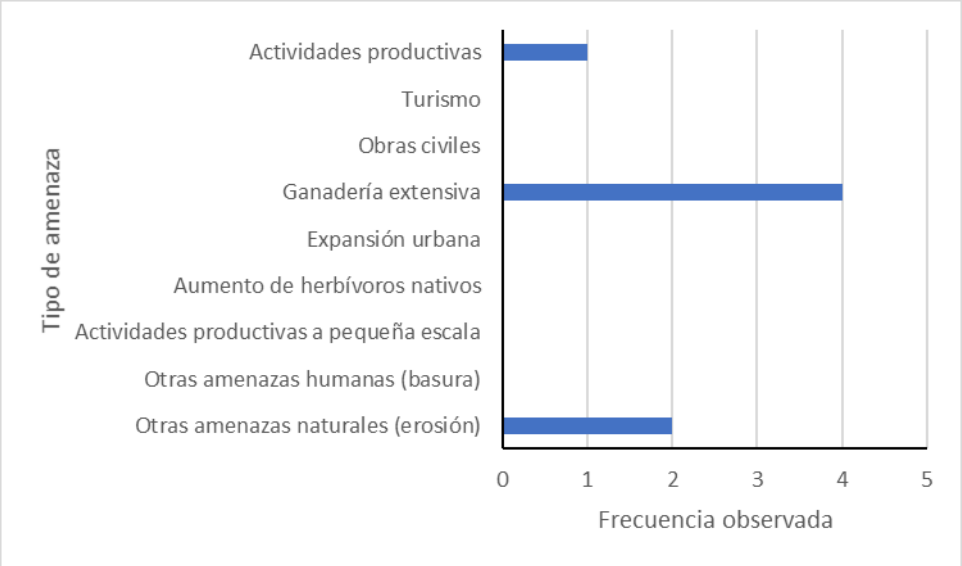


Figura 260. Amenazas registradas para *Croton chilensis*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 88.59, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 5.27, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB1533), proveniente de la localidad de El Rincón.

Folio004936

63.- *Nolana tocopillensis* (I. M. Johnst.) I. M. Johnst.

Ranking IPM			**63**
Especie	***Nolana tocopillensis*** (I. M. Johnst.) I. M. Johnst.		
Familia	**Solanaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**517.254**	Superficie estimada (m^2)	**9.000.000**
Número de localidades	**9**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Actividades productivas**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Distribución

Folio004937

Esta especie no se incluye en ninguna categoría de conservación.

- Presencia

Esta especie se encuentra al norte de la Región de Antofagasta, desde el Río Loa hasta punta Tames, cerca de Michilla. Se ha registrado en el Río Loa, Tocopilla, Cerro Rosario, Aguada Cañas, Gatico, Cobija y Tames.

Cuadro 94. Localidades de presencia de *Nolana tocopillensis*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Sobre los cerros de los paredones en las orillas del Loa			S. Raimondi 10285	
Tocopilla			Jaffuel 1022 (G)	1930
Tocopilla			Johnston 3603 (G)	1925
Cerro Rosario, Tocopilla			M. R. Espinoza	
Aguada Cañas			W. Biese	1949
Gatico	374242	7513997	INIA	2019
Cobija			Gaudichaud 4-5 (P)	1836
Tames	372133	7497327	INIA	2020

Fuente: Johnston (1936), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

De acuerdo a los registros de las parcelas de muestreo, esta especie presenta en promedio 6,5 ± 2,1 individuos en parcelas de 12 m de diámetro. La presencia de esta especie se confirmó en 9 grillas de 1000 x 1000 m^2. Por lo tanto, se estima que esta especie presenta 517.254 individuos distribuidos en 9.000.000 m^2.

Folio004938

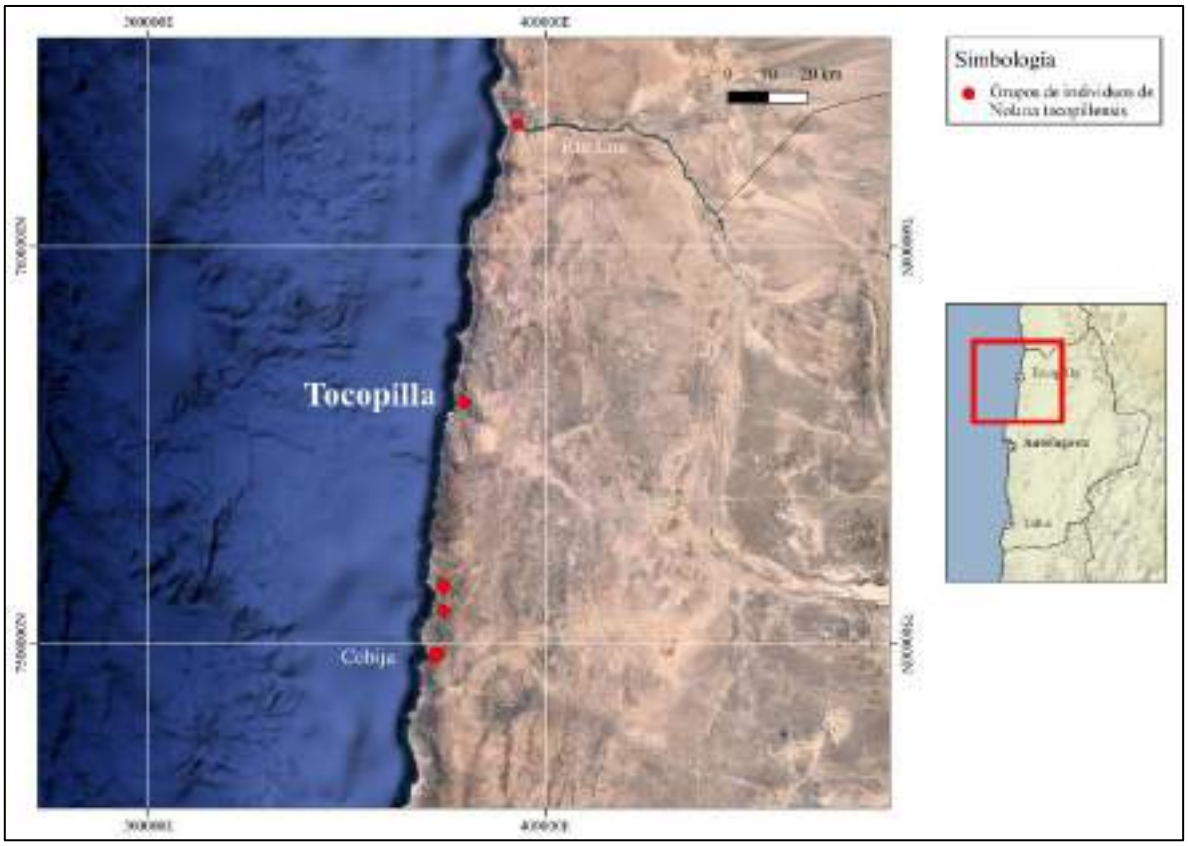
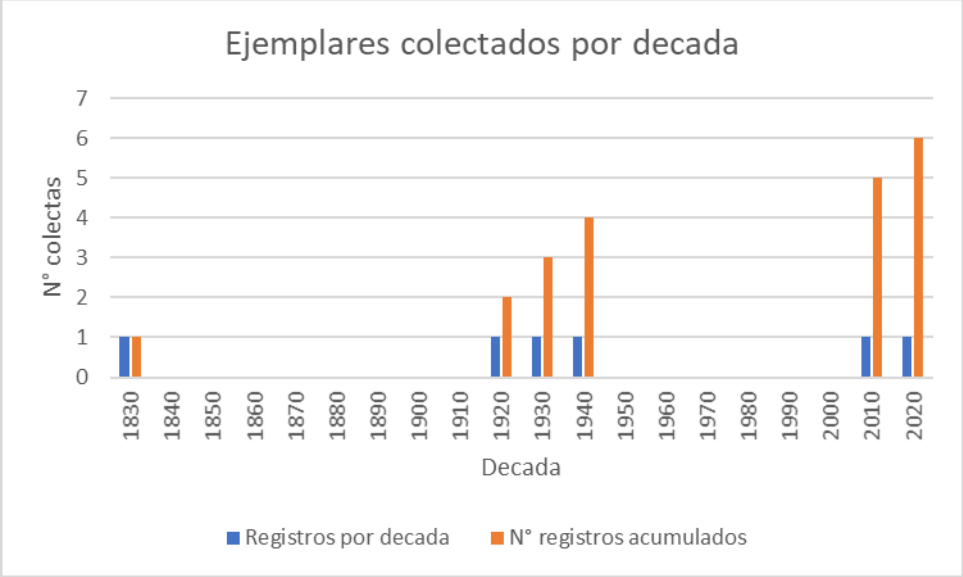


Figura 261. Distribución de presencias de *Nolana tocopillensis*.

- Análisis histórico

Esta especie fue colectada por primera vez en 1836 por Gaudichaud en su visita a Cobija. Luego de esto se conocen sus colectas en la primera mitad del siglo XX, y colectas de las últimas décadas.



Folio004939

Figura 262. Registros de *Nolana tocopillensis* realizados a través del tiempo.

Más de la mitad de las localidades en que se conoce esta especie pudieron ser corroboradas.

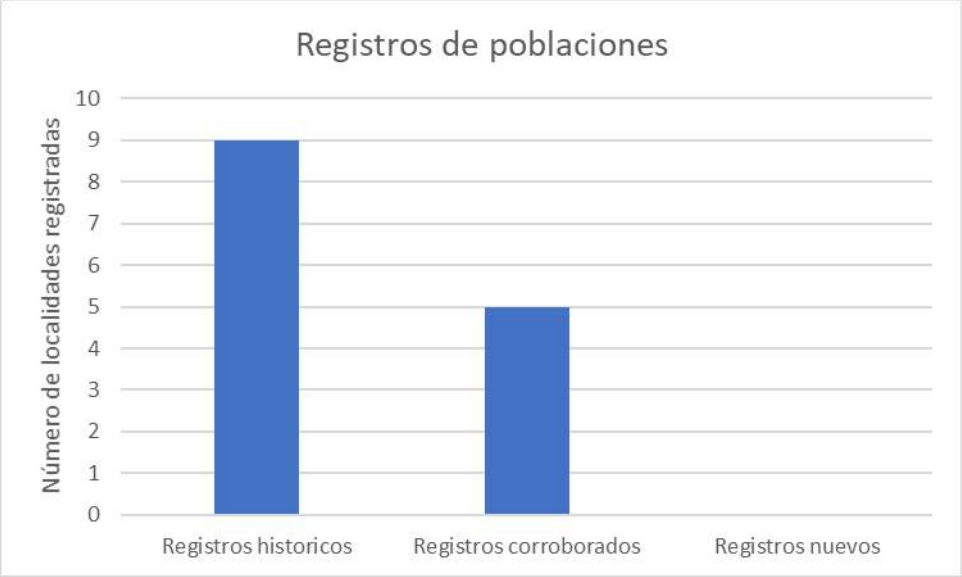


Figura 263. Corroboración de registros en el área de estudio de *Nolana tocopillensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 264 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que las mayores amenazas fueron las actividades productivas.

Folio004940

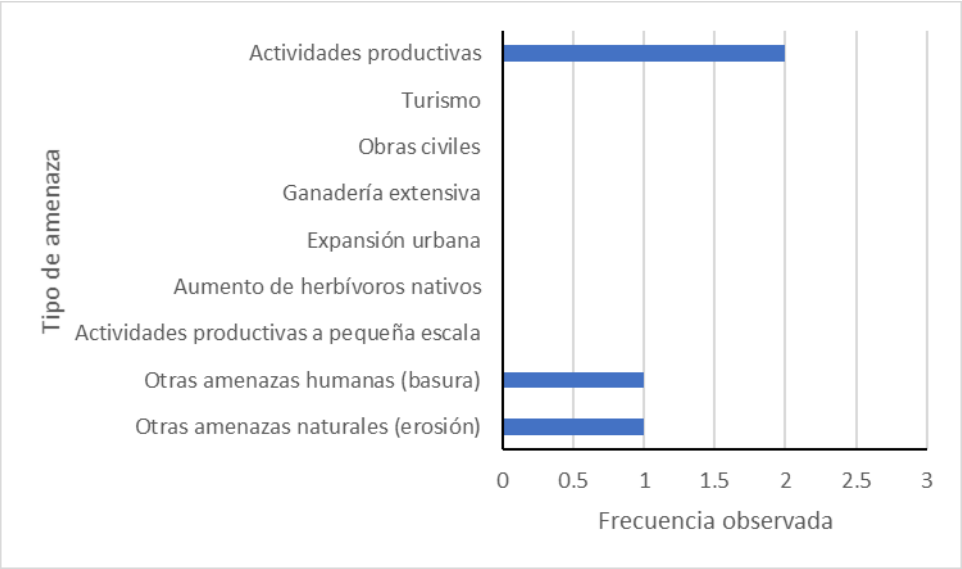


Figura 264. Amenazas registradas para *Nolana tocopillensis*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 56.71, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 7.77, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no está conservada en el BBS.

Folio004941

64.- *Nolana elegans* (Phil.) Reiche

Ranking IPM			**64**
Especie	***Nolana elegans*** (Phil.) Reiche		Distribución
Familia	**Solanaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**11.817.218**	Superficie estimada (m^2)	**528.120.096**
Número de localidades	**13**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa de la estación más seca**
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Erosión**	Tendencia de la especie	**Estable**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Folio004942

Esta especie del grupo de *Nolana* anuales (*Sorema*) no se encuentra en ninguna categoría de conservación.

- Presencia

Esta especie se encuentra distribuida desde Botija a Caleta Obispito. Se ha registrado en Botija, Miguel Díaz, La Plata, El Panul, El Médano, Las Cañas, El Rincón, Paposo, Hueso Parado, Esmeralda y Caleta Obispito.

Cuadro 95. Localidades de presencia de *Nolana elegans*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Caleta Botija				
Miguel Díaz			Johnston 5383 (G)	1925
Quebrada La Plata	342682	7264550	INIA	2021
Alto Panul	346497	7255451	INIA	2021
Quebrada El Médano	346371	7253028	INIA	2020
Aguada de Las Cañas	346303	7244154	INIA	2016
El Rincón			Johnston 5511 (G)	1925
Paposo			Philippi s.n.	1853
Hueso Parado			Dillon	
Esmeralda			Dillon	
Caleta Obispito			Dillon	

Fuente: Dillon (2005); Johnston (1936), datos propios.

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Nolana elegans* (Figura 265), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.998. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la humedad relativa de la estación más seca (Figura 266), la cual en la presencia de esta especie corresponde al verano en los sitios bajo los 400 msnm, mientras que en los sitios sobre los 600 msnm es en invierno. Se observa que la probabilidad de presencia de *Nolana elegans* es cercana al 95% en lugares en que la humedad relativa en la estación más seca es superior a 85%.

Folio004943

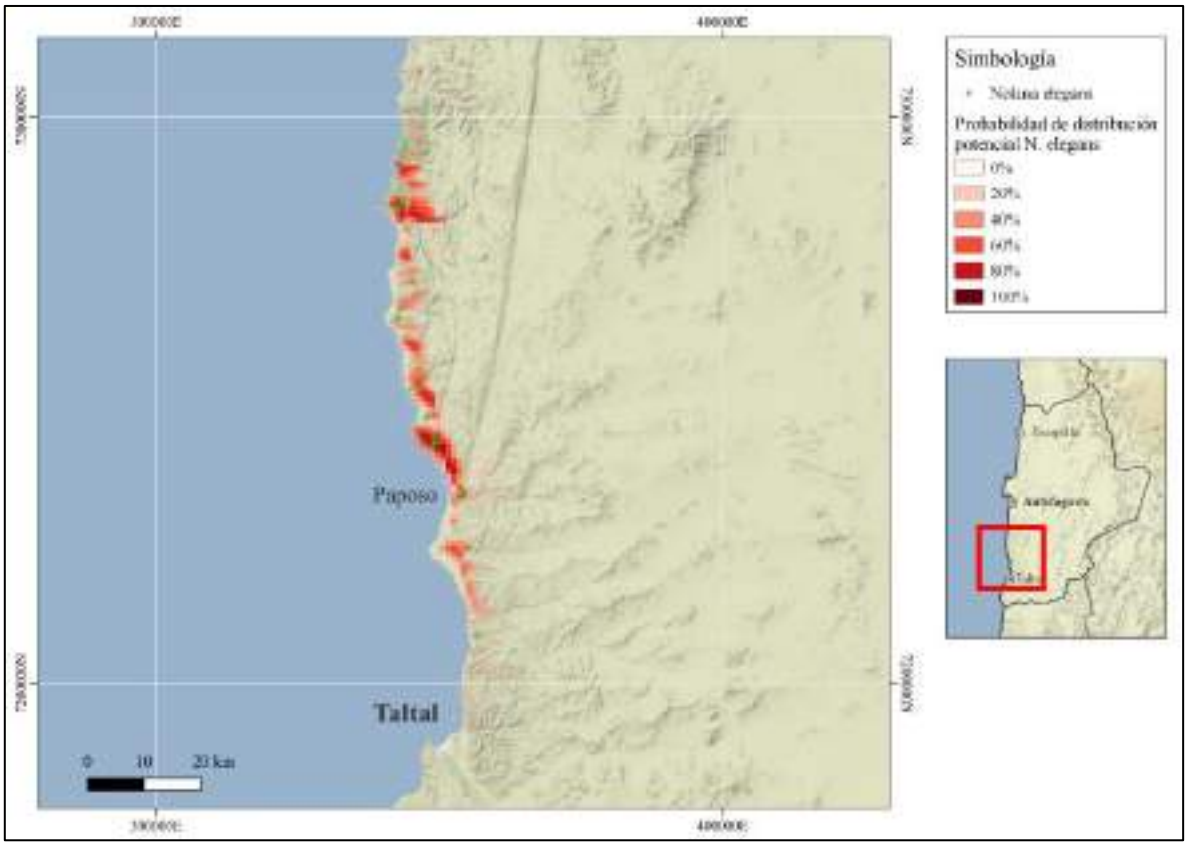
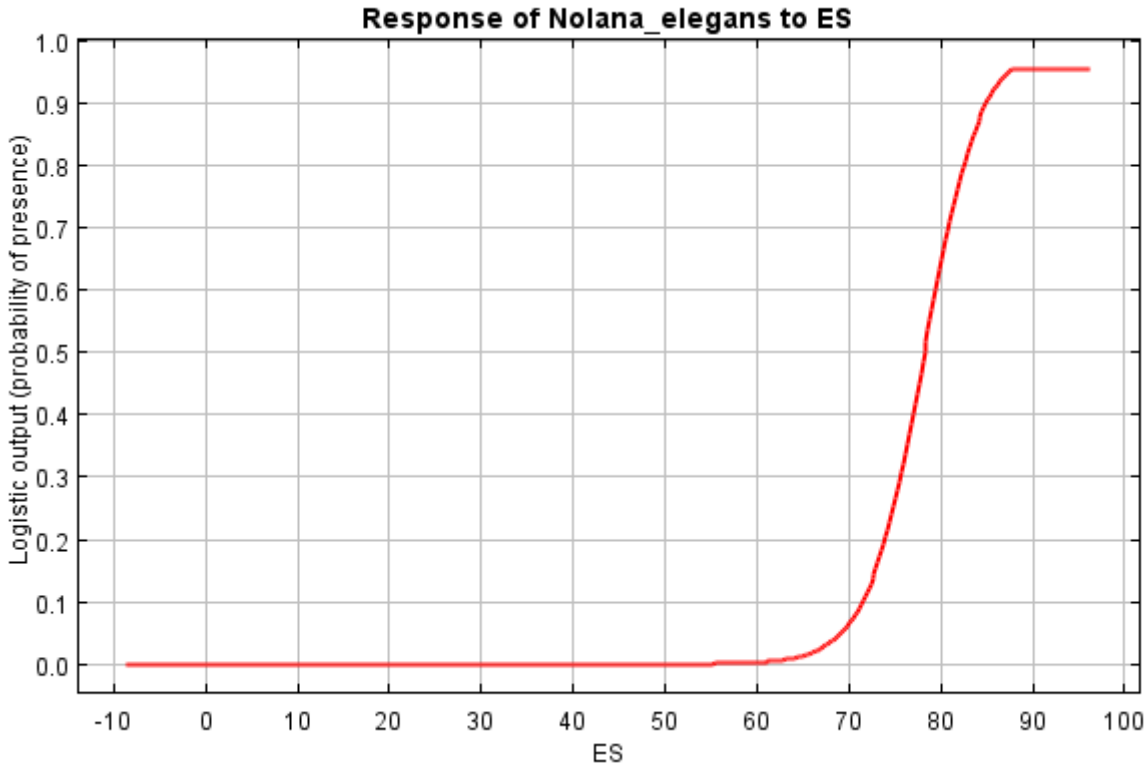


Figura 265. Modelación de nicho obtenida para *Nolana elegans*.



Folio004944

Figura 266. Respuesta de N. elegans a la variable ES, correspondiente a la humedad relativa durante la estación más seca.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 17,33 ± 18,61 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.
Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.146 (p = 2.547E-10). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 528.120.096 m^2.
Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 11.817.218 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

A pesar de que los registros de esta especie son escasos, aparentemente es bastante común.

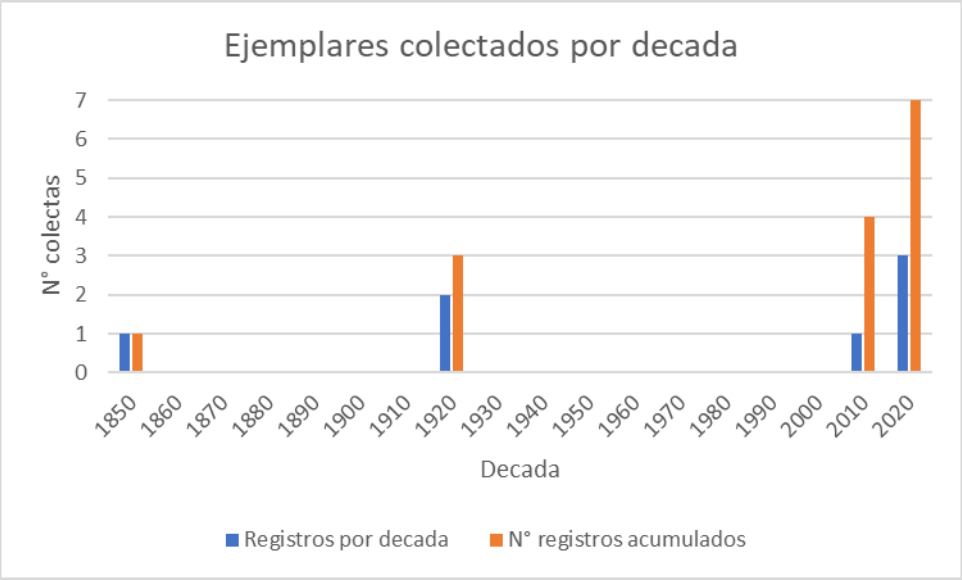


Figura 267. Registros de *Nolana elegans* realizados a través del tiempo.

A pesar de tener pocos registros, hay bastantes localidades en que se ha colectado esta especie. La mitad de estos fueron corroborados, mientras que otras cuatro localidades fueron encontradas.

Folio004945

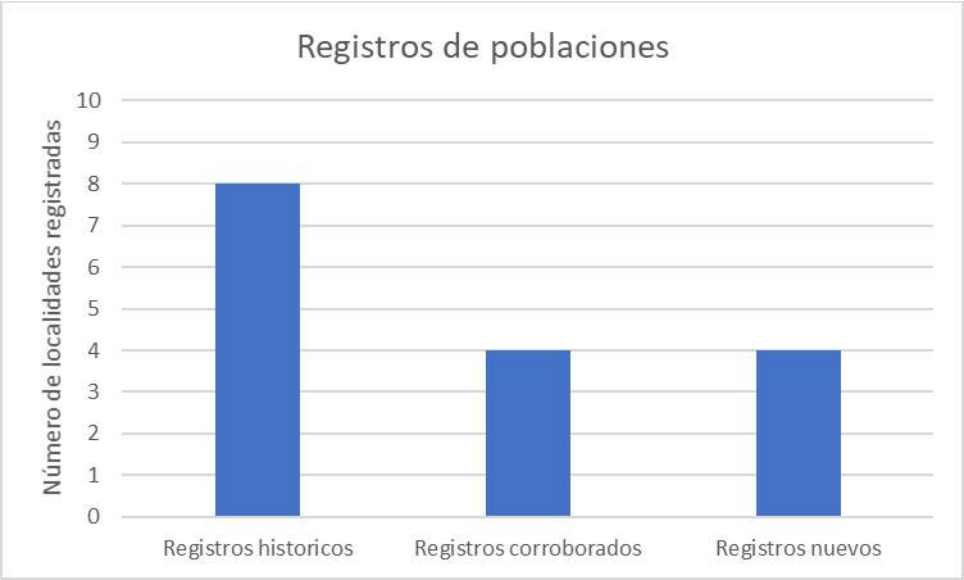
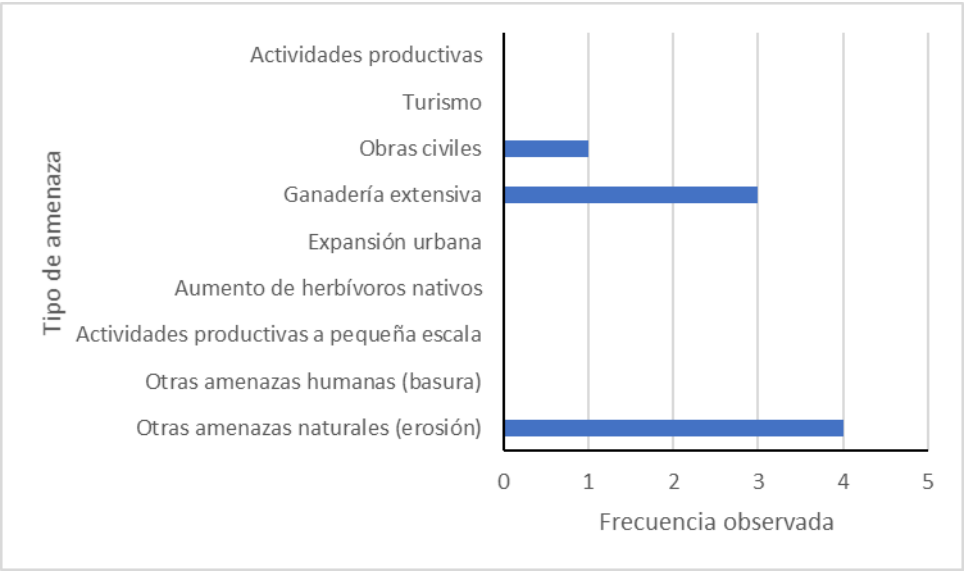


Figura 268. Corroboración de registros en el área de estudio de *Nolana elegans*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

- Amenazas

En la Figura 269 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la erosión.



Folio004946

Figura 269. Amenazas registradas para *Nolana elegans*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 65.88, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.67, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB465), proveniente de la Quebrada Los Yales.

Folio004947

65.- *Cristaria leucantha* I. M. Johnst.

Ranking IPM			65
Especie	***Cristaria leucantha*** I. M. Johnst.		
Familia	**Malvaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados	**174**	Superficie estimada (m^2)	**13.500.000**
Número de localidades	**2**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva**	Tendencia de la especie	**Estable**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Distribución

Folio004948

Esta especie, muy poco colectada, no se encuentra en ninguna categoría de conservación.

- Presencia

Esta especie se ha encontrado sólo en dos localidades, correspondientes a la Aguada del Cardón, la adyacente Quebrada La Plata y la Aguada Panulcito.

Cuadro 96. Localidades de presencia de *Cristaria leucantha*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Quebrada La Plata	343160	7265875	INIA	2020
Aguada Cardón			Johnston 5270 (GH)	1925
Aguada Panulcito			Johnston 5458 (GH)	1925

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie fue censada en una parte de la Quebrada El Cardón, donde en una grilla de 1.500 x 1.500 m^2, se contabilizaron 29 individuos. Se encontró la presencia de esta especie en 6 grillas la dimensión indicada. Por lo tanto, se estima que existen 174 individuos de esta especie en una superficie de 13.500.000 m^2.

Folio004949

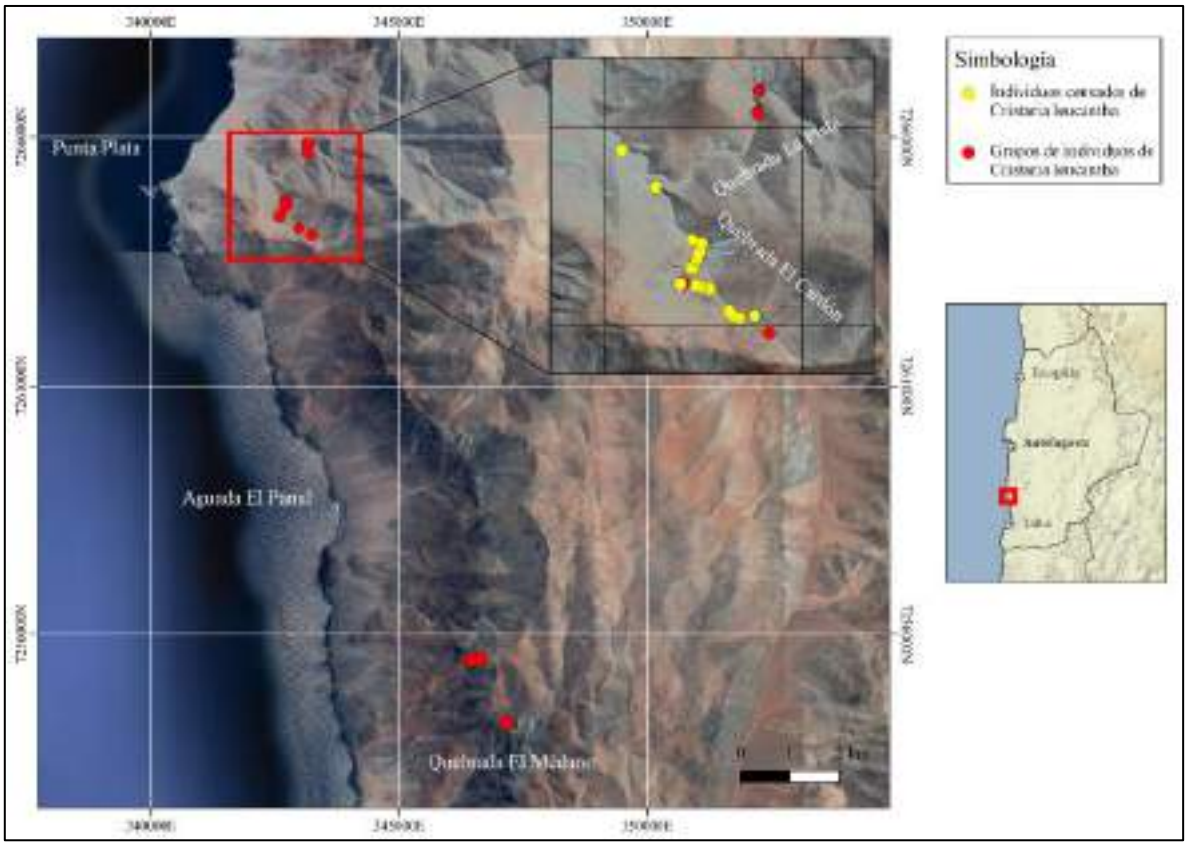
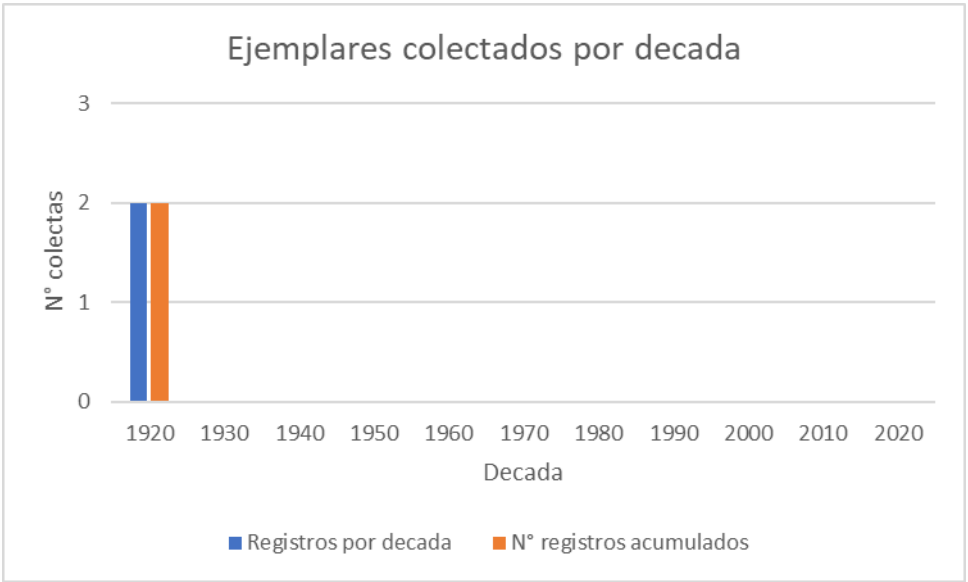


Figura 270. Distribución de presencias de *Cristaria leucantha*.

- Análisis histórico

Además de la primera colecta realizada por Johnston, al parecer esta especie no ha sido registrada nuevamente.



Folio004950

Figura 271. Registros de *Cristaria leucantha* realizados a través del tiempo.

En ambas localidades en que se había encontrado, esta especie pudo ser observada nuevamente gracias a las campañas de terreno de este proyecto.

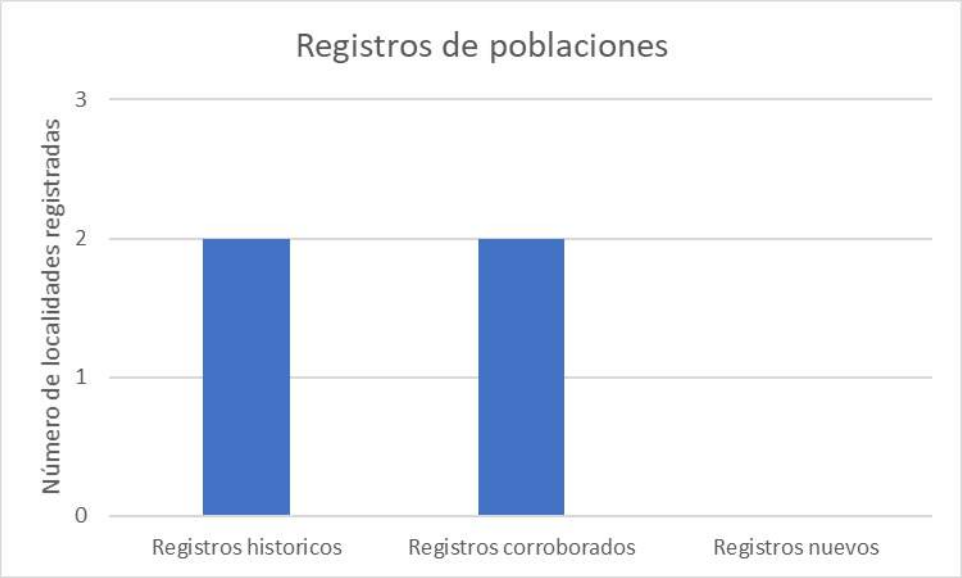


Figura 272. Corroboración de registros en el área de estudio de *Cristaria leucantha*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

- Amenazas

En la Figura 273 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la ganadería extensiva.

Folio004951

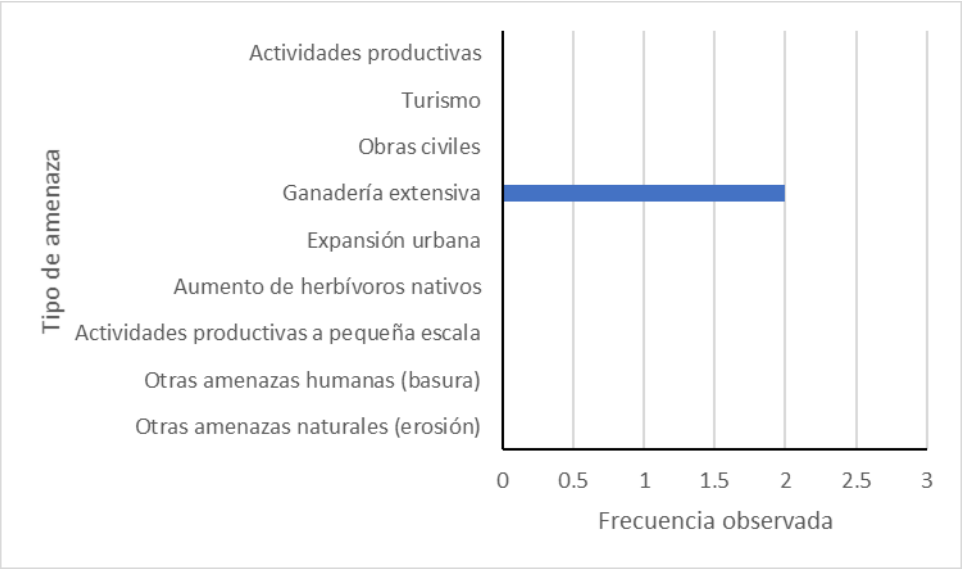


Figura 273. Amenazas registradas para *Cristaria leucantha*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 12.52, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.15, por lo que se considera una influencia muy baja.

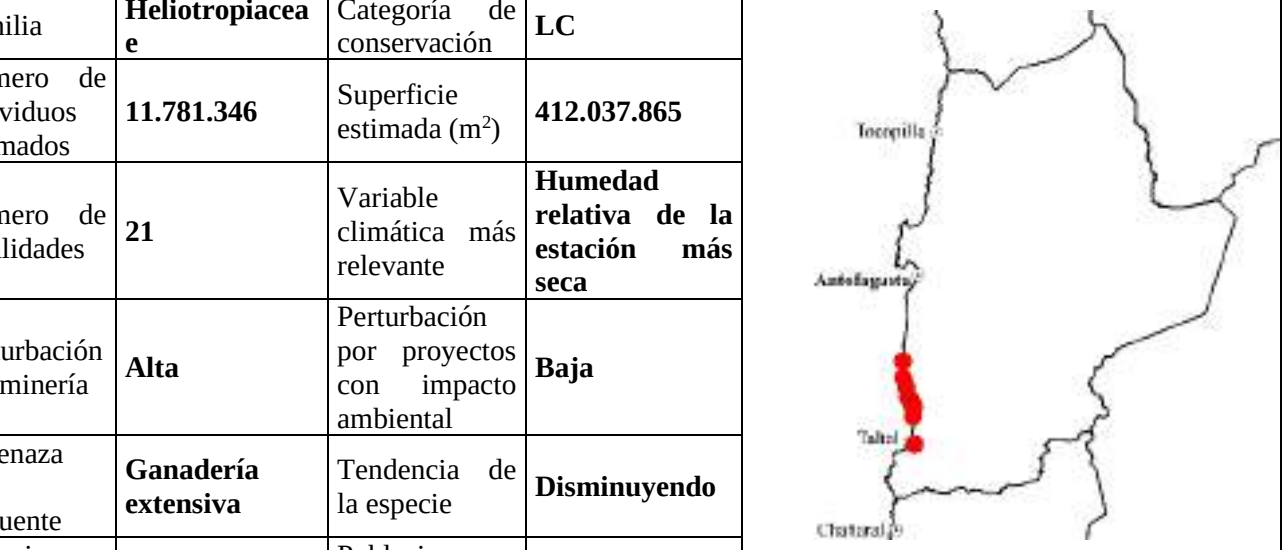
- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004952

66.- *Heliotropium taltalense* (Phil.) I. M. Johnst.

Ranking IPM				**66**
Especie	***Heliotropium taltalense*** (Phil.) I. M. Johnst.			Distribución
Familia	**Heliotropiaceae**	Categoría de conservación	**LC**	
Número de individuos estimados	**11.781.346**	Superficie estimada (m^2)	**412.037.865**	
Número de localidades	**21**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa de la estación más seca**	
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**	



Folio004953

Esta especie se encuentra en categoría de conservación “Preocupación Menor”, según el DS 42/2011 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre Miguel Díaz y el PN Pan de Azúcar. Se ha registrado en Miguel Díaz, Quebrada La Plata, Quebrada El Cardón, Aguada El Panul, El Rincón, Quebrada Yumbes, Cerro Mirador, Paposo, Quebrada Peralito, Quebrada La Totorita, Quebrada Yerbas Buenas, Quebrada El Cura, Quebrada Matancilla, Quebrada La Oveja, Potrerillos, Cachinales, Bandurrias, Cerro Perales, Taltal, Quebrada El Nueve y el PN Pan de Azúcar.

Cuadro 97. Localidades de presencia de *Heliotropium taltalense*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Miguel Díaz	343259	7285287	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	343178	7285226	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	343546	7285041	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Fondo De Quebrada, Qda Lateral Hacia El Norte De Qda Miguel Diaz	342980	7284444	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz, Aguada	342258	7284037	Johnston, I. M. 5414	1925
Fondo De Quebrada, Qda Lateral Hacia El Norte De Qda Miguel Diaz	342258	7284037	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Antofagasta: Qda Miguel Diaz	343012	7283996	RODRIGUEZ R 3139	
Qda Miguel Diaz	343006	7283960	Rodríguez, R. 3139	1996
Quebrada Plata 0-300 M, Exposición Nor-Oeste, Posición De Lecho Quebrada	344998	7266766	Gutierrez, G.	
Quebrada Plata 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	345356	7266698	Gutierrez, G.	
Quebrada Plata 0-300 M, Exposición Nor-Oeste, Posición De Lecho Quebrada	342311	7265318	Gutierrez, G.	
Cardón, Quebrada	344394	7262535	Johnston, I. M. 5293	1925
Ag. Panul	345245	7258855	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Ag. Panul	346482	7258376	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ag. Panul	346060	7258121	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Panulcito, Aguada	345002	7256370	Johnston, I. M. 5476	1925
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	348980	7245011	Gutierrez, G.	
La Rinconada. 10.5 Km N	348496	7245253	Landrum L. R., G. G 2859744	1991
El Rincón	349111	7243699	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
El Rincón	349052	7243516	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006

Folio004954

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Antofagasta: Qda La Rinconada, N De Taltal	346838	7243425	LOYOLA 9	
El Rincon, Barrancas	346832	7243388	Galvez et al. 8	1989
El Rincón	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	349561	7242610	Gutierrez, G.	
Qda. El Rincón (Fdo. Quebrada) (B)	349862	7242368	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
La Rinconada. 10.5 Km N Of Paposo. Between Ocean And End Of Road Towards E. Shrub And Cactus Vegetation Below Fog Zone. Euphorbia, Croton, And Loasa Common.	348502	7245290	Landrum, L. R., G. Gutíerrez & S.S. Landrum 7485	1991
Qda. Al Norte De Majada Rincón, Fondo Quebrada	348819	7242176	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
El Rincón	350034	7241734	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Sector Rinconada 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	350045	7241717	Gutierrez, G.	
El Rincón	349676	7241097	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
El Rincón	349354	7241052	Faúndez, L. & Larraín, B.	
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
Sector El Gaucho 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	350725	7239027	Gutierrez, G.	
Qebrada Yumbes 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	354984	7236723	Gutierrez, G.	
Quebrada Yumbes 800-100 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354558	7235157	Gutierrez, G.	
Yumbes, Quebrada	355123	7234998	Girón et al	2016
Quebrada Yumbes 300-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354269	7234961	Gutierrez, G.	
Yumbes, Quebrada	353067	7234799	Girón et al	2016
Quebrada Yumbes 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	353255	7234744	Gutierrez, G.	
Yumbes, Quebrada	353227	7234729	Girón et al	2016
Yumbes, Quebrada	355188	7234505	Girón et al	2016
Antofagasta: Qda Portezuelo	353670	7234269	QUEZADA & RUIZ 224	
Qda Portezuelo	353665	7234232	Quezada, M. & E. Ruiz 224	1991
Yumbes, Quebrada	354967	7234236	Girón et al	2016
Yumbes, Quebrada	354802	7234096	Girón et al	2016
Yumbes, Quebrada	354653	7233982	Girón et al	2016

Folio004955

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Yumbes, Quebrada	354674	7233978	Girón et al	2016
Paposo	352432	7233398	Philippi, R. A.	
Paposo, Localidad Rural	352432	7233398	Johnston, I. M. 5544	1925
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Quebrada Portezuelo 300-800 M, Exposición Sur-Este, Posición De Lecho Quebrada	353934	7233286	Gutierrez, G.	
Qda Portezuelo	354113	7232827	Quezada, M. & E. Ruiz 224	
Paposo	355053	7232621	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Antofagasta: Paposo	355372	7232441	HOFFMANN & RODRIGUEZ X 94	
Antofagasta: Quebrada Portezuelo	353690	7232423	LEON M 18	
Paposo	355367	7232404	HOFFMANN & RODRIGU 94	1987
Quebrada Portezuelo	353684	7232386	LEON M 18	1997
Quebrada Paposo, E Of Caleta Paposo, Quebrada Los Yales Inside Reservada	353695	7232055	Dillon, M. O. 8044	
Quebrada Paposo, Ca. 5-12 Km E Of Caleta Paposo	356722	7232087	Dillon, M. O. 5583	
Qda Paposo, Agua Perales	353704	7230541	Ricardi, M. 2614	1953
Paposo	353778	7231936	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Paposo	353828	7231912	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Paposo	353857	7231854	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Qda Peralito	355367	7232404	Quezada, M. & E. Ruiz 371	1991
Quebrada Paposo (Perales) 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354740	7231507	Gutierrez, G.	
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357083	7231375	Gutierrez, G.	
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354907	7231108	Gutierrez, G.	
Agua Perales	353706	7230947	Ricardi, M. 2614	
Agua Perales	354147	7230900	Ricardi, M. 2614	
Quebrada Algarrobo 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354062	7230886	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Qda Paposo, Agua Perales	353710	7230577	RICARDI 2614	

Folio004956

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada La Totorita 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353551	7230566	Gutierrez, G.	
Fdo. Quebrada	353695	7230556	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Quebrada Paposo (Perales) 800-1000 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355590	7230440	Gutierrez, G.	
Quebrada La Totorita 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353723	7230200	Gutierrez, G.	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352928	7223821	Gutierrez, G.	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352219	7223683	Gutierrez, G.	
Quebrada El Cura Desde Portezuelo Hasta Norte De Qda Matancillas, Cabecera Quebrada Exp. Oeste	353643	7223542	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Antofagasta: Paposo, Qda De Matancilla	353789	7223194	SCHLEGEL 7903	
Tunas, Quebrada	355153	7223206	Berninger	
Matancilla	353783	7223157	Berninger	
El Cura 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352920	7223130	Gutierrez, G.	
El Cura	352631	7223040	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Sobre Quebrada El Cura, Ladera Exp. Nor - Nor-Oeste	353052	7223015	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Matancilla, Quebrada	355332	7222994	BIOTA LTDA.	2017
Matancillas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355068	7222817	Gutierrez, G.	
Cumbre Redondeada Exp. Oeste	353234	7222781	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Matancillas	353904	7222415	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Matancillas	353511	7222231	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Matancillas	353770	7221964	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Matancillas	353359	7221780	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Matancillas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353106	7221586	Gutierrez, G.	

Folio004957

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
La Oveja 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354528	7220526	Gutierrez, G.	
La Oveja 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	354291	7220261	Gutierrez, G.	
La Oveja 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	354062	7219934	Gutierrez, G.	
Potrerillos 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	355897	7219542	Gutierrez, G.	
Potrerillos 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	354565	7219330	Gutierrez, G.	
Cachinales	355696	7217428	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales	355425	7217351	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales 0-300 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Cono Aluvial	355320	7217163	Gutierrez, G.	
Cachinales	355405	7217127	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales- Paposo/ Quebrada Cachinales Alto (Inv_17)	355686	7217126	Faúndez, L.	2006
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355997	7217034	Gutierrez, G.	
Cachinales 0-300 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Cono Aluvial	354976	7216844	Gutierrez, G.	
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357543	7210943	Gutierrez, G.	
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	356241	7210689	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Qda De Taltal	355726	7199215	MONTERO 2881	
Qda De Taltal	355720	7199177	Montero 2881	1936
Antofagasta: Taltal, Qda Peralito	357462	7193695	RICARDI 2462	
Taltal, Qda Peralito	357456	7193657	Ricardi, M. 2462	1953
Taltal	354875	7192067	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Taltal	354134	7191764	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	
Cerca De Taltal	354142	7189930	Darapski	1889
Antofagasta: Taltal	351461	7189761	WERDERMANN 837	
Taltal	351400	7189615	Werdermann, E. 837	1925
Cerca De Taltal	355161	7189182	Darapski	
Taltal, Ciudad	351047	7189090	Borchers	
Taltal	351047	7189090	Johnston, I. M. 5118	
Antofagasta: Taltal, Cerro Perales	357521	7188157	NIEMEYER ET AL 539	

Folio004958

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cerro Perales, Ca. 5 Km E Of Taltal	357190	7187785	Dillon, M. O. 5998	
Cerro Perales ['Cerro D	356910	7186811	Johnston, I. M. 5632	1925
Queb. Peralito	349156	7186590	Ricardi, M. 2426	
Antofagasta: Lomas De Taltal, Taltal-Panamericana	354228	7182584	ACKERMANN 501	
Taltal, Qda El Nueve	354222	7182545	Ricardi, M. 2726	1953
Breas	359276	7178518	Larrañaga, A.	
Breas	361022	7173387	Larrañaga, A.	1888
Parque Nacional Pan De Azúcar, Fuera Oasis De Neblina	334797	7107841	Rundel	

Fuente: Biota (2018)

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Heliotropium taltalense* (Figura 274), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.989. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la estación más seca (Figura 275), la cual en la presencia de esta especie corresponde al verano en los sitios bajo los 400 msnm, mientras que en los sitios sobre los 600 msnm es en invierno. Se observa que la probabilidad de presencia de *Heliotropium taltalense* es cercana al 95% en lugares en que la humedad relativa en la estación más seca es superior a 85%.

Folio004959

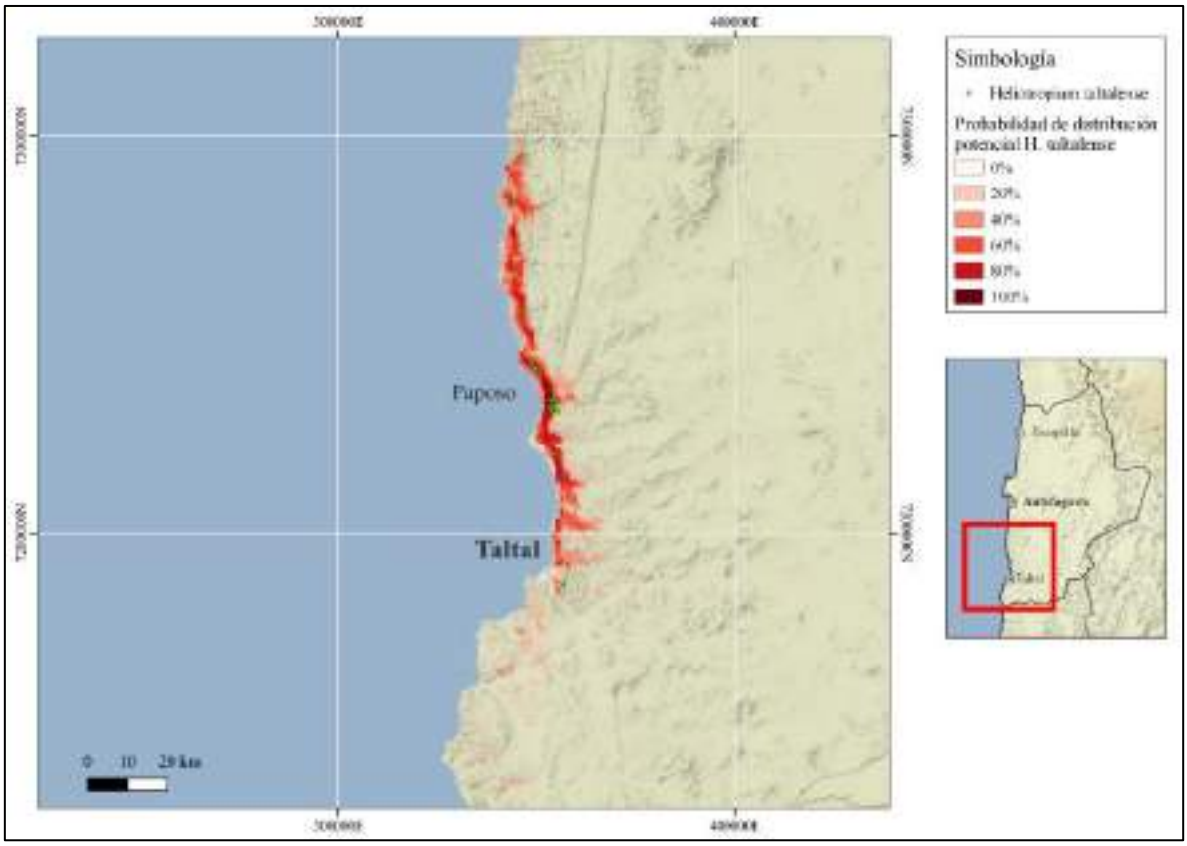


Figura 274. Modelación de nicho obtenida para *Heliotropium taltalense*.

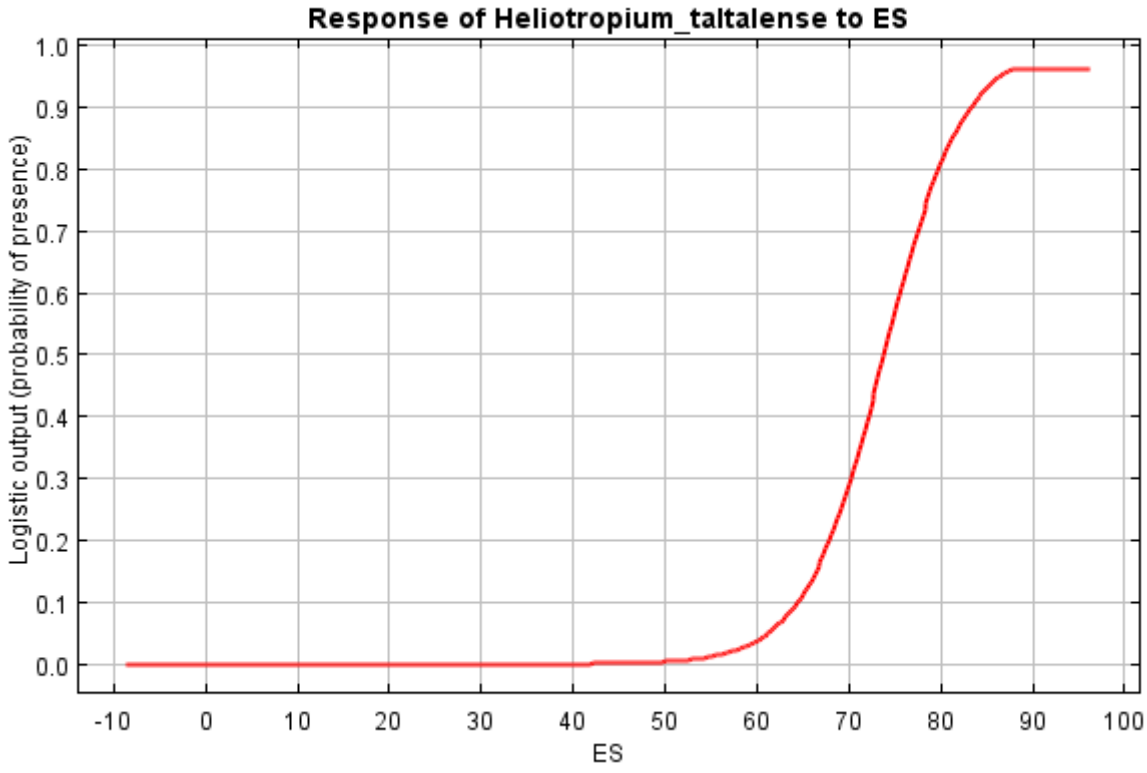


Figura 275. Respuesta de *H. taltalense* a la variable ES, correspondiente a la humedad relativa durante la estación más seca.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 7,56 ± 7,37 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.428 (p = 1.074E-7). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 412.037.865 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 11.781.346 individuos vivos de esta especie.06

- Análisis histórico

Esta especie pareciera ser bastante común debido a los diversos registros que se han encontrado.

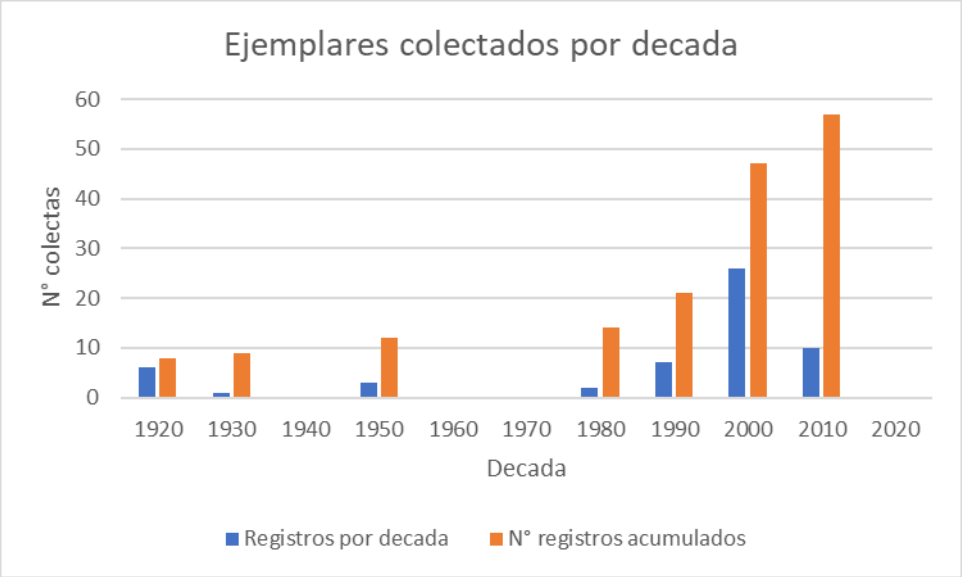


Figura 276. Registros de *Heliotropium taltalense* realizados a través del tiempo.

Más de la mitad de las localidades en que se conoce esta especie pudieron ser corroboradas.

Folio004961

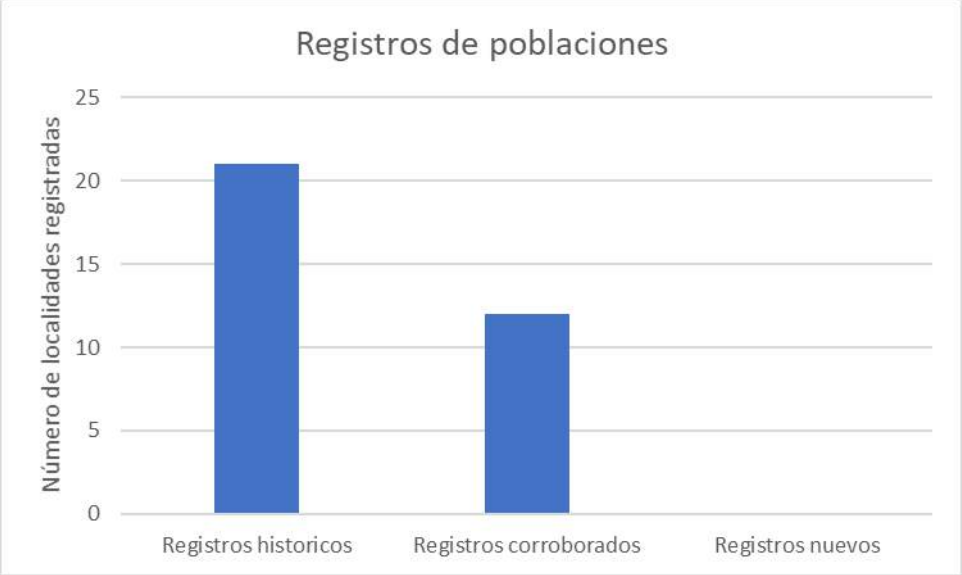


Figura 277. Corroboración de registros en el área de estudio de *Heliotropium taltalense*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 278 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la ganadería extensiva.

Folio004962

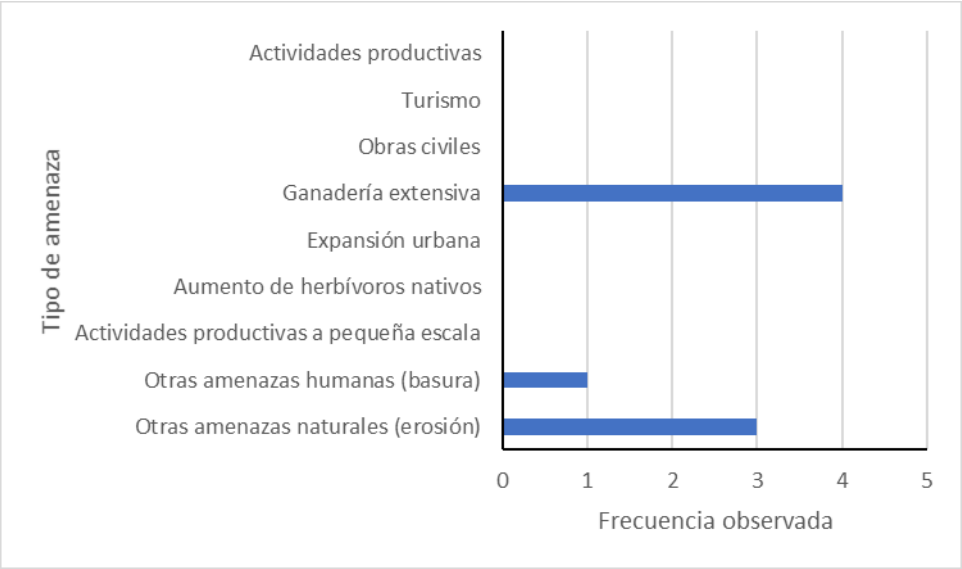


Figura 278. Amenazas registradas para *Heliotropium taltalense*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 94.6, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 5.32, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas dos accesiones de esta especie (BB424 y BB1251), ambas provenientes de la Quebrada Peralito.

Folio004963

67.- *Tropaeolum beuthii* Klotzsch

Ranking IPM				67
Especie	***Tropaeolum beuthii*** Klotzsch			Distribución
Familia	**Tropaeolaceae**	Categoría de conservación	**EN**	
Número de individuos estimados	**429.738**	Superficie estimada (m^2)	**67.037.592**	
Número de localidades	**13**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa de la estación más seca**	
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	**-**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Folio004964

Esta especie se encuentra en categoría de conservación “En Peligro” según el DS 42/2011 MMA.

- Presencia

Esta especie se distribuye entre Tocopilla y Taltal. Se ha registrado en Tocopilla, Miguel Díaz, Aguada El Panul, Quebrada El Médano, El Rincón, Quebrada Los Yales, Quebrada Algarrobo, Quebrada Peralito, Quebrada El Cura, Quebrada Matancilla, Quebrada La Oveja, Cachinales y la Quebrada El Loro en Taltal.

Cuadro 98. Localidades de presencia de *Tropaeolum beuthii*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Tocopilla: Quebrada La Carmelita			JILES 5332	
Tocopilla			Johnston	1925
Cobija			T. Bridges	1844
Miguel Díaz	343546	7285041	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	342781	7284983	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 73	2010
Miguel Díaz	343458	7284705	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	343200	7284396	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	342159	7283990	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Antofagasta: Qda De Miguel Diaz			DILLON ET AL 8084	
Antofagasta: Quebrada Miguel Diaz			SCHNEIDER & HUERTAS 2886	
Quebrada De Miguel Díaz			Dillon, M. O. 8084	
Ag. El Panul	346059	7258042	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ag. El Panul	345760	7257948	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ag. El Panul	345485	7257756	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Antofagasta: Qda El Medano			QUEZADA & RUIZ 324	
Qda El Medano	345046	7252599	Quezada, M. & E. Ruiz 324	1991

Folio004965

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
El Rincón	348756	7241950	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
El Rincón	349676	7241097	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Antofagasta: Paposo, Qda De Los Yales			HOFFMANN & RODRIGUEZ X 121	
Antofagasta: Qda Los Yales			HERNANDEZ 11	
Paposo, Qda De Los Y			HOFFMANN 121	1987
Los Yales	353913	7233124	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Quebrada Algarrobo			MARTICORENA A ET AL 772	
Paposo	353978	7232069	Gutierrez, G.	
Quebrada Paposo, E Of Caleta Paposo, Quebrada Los Yales Inside Reservada			Dillon, M. O. 8043	
Quebrada Paposo, Ca. 5-7 Km E Of Caleta Paposo			Dillon, M. O. 5247	
Paposo, Qda Guanillos			Schlegel, F. 7965	1985
Q. Peralito	356991	7232064	Gutierrez, G.	
El Cura	352141	7223546	Gutierrez, G.	
Quebrada Matancilla, Lower Slopes			Dillon, M. O. 8131	
La Oveja	354293	7220127	Gutierrez, G.	
Cachinales	355796	7216578	Gutierrez, G.	
El Oro	356568	7186944	Gutierrez, G.	
El Oro	356221	7186774	Gutierrez, G.	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Tropaeolum beuthii* (Figura 279), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.999. Existe una localidad de registro, correspondiente a Tocopilla, que no se ingresó en el análisis debido a que no se tienen las coordenadas exactas y no se ha podido corroborar. Para no tener errores, se decidió omitir esta localidad en este análisis. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la estación más seca (Figura 280), la cual en la presencia de esta especie corresponde al verano en los sitios bajo los 400 msnm, mientras que en los sitios sobre los 600 msnm es en invierno. Se observa que la probabilidad de presencia de *Tropaeolum beuthii* es cercana al 95% en lugares en que la humedad relativa en la estación más seca es superior a 85%.

Folio004966

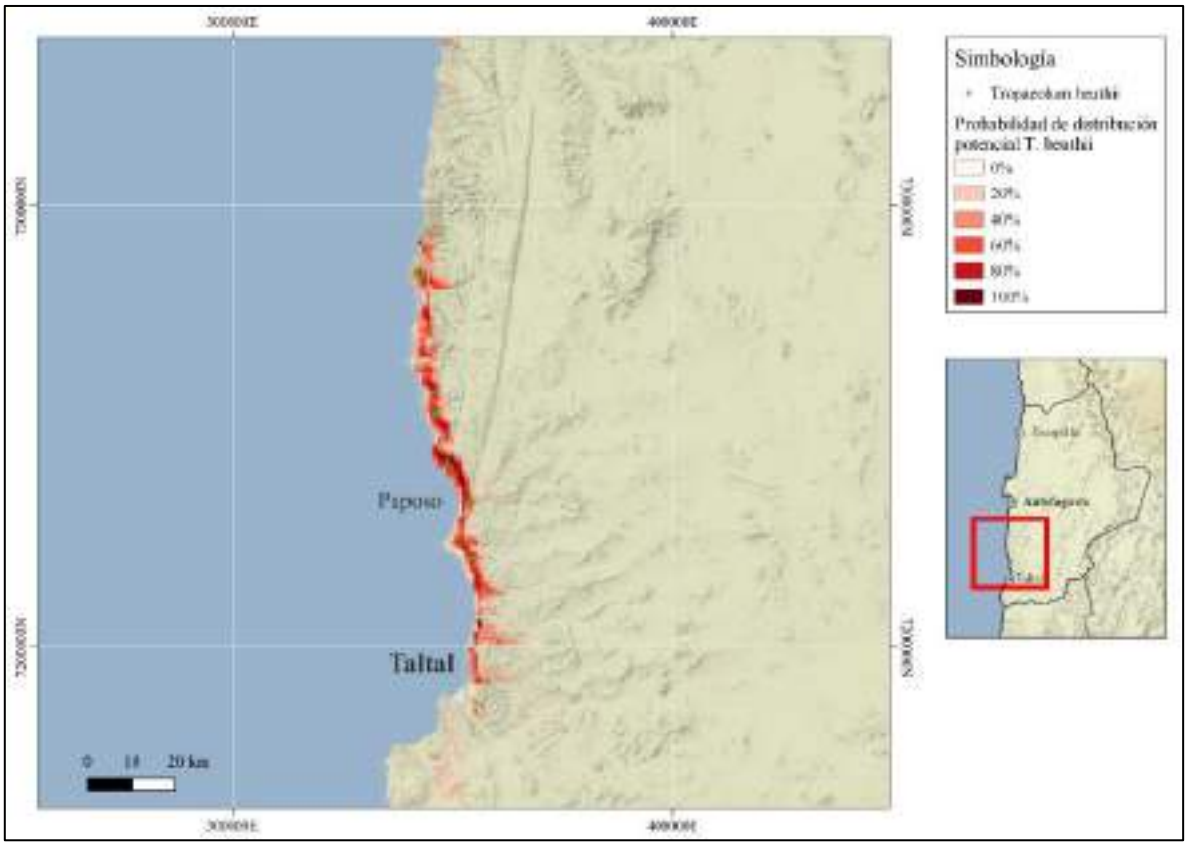
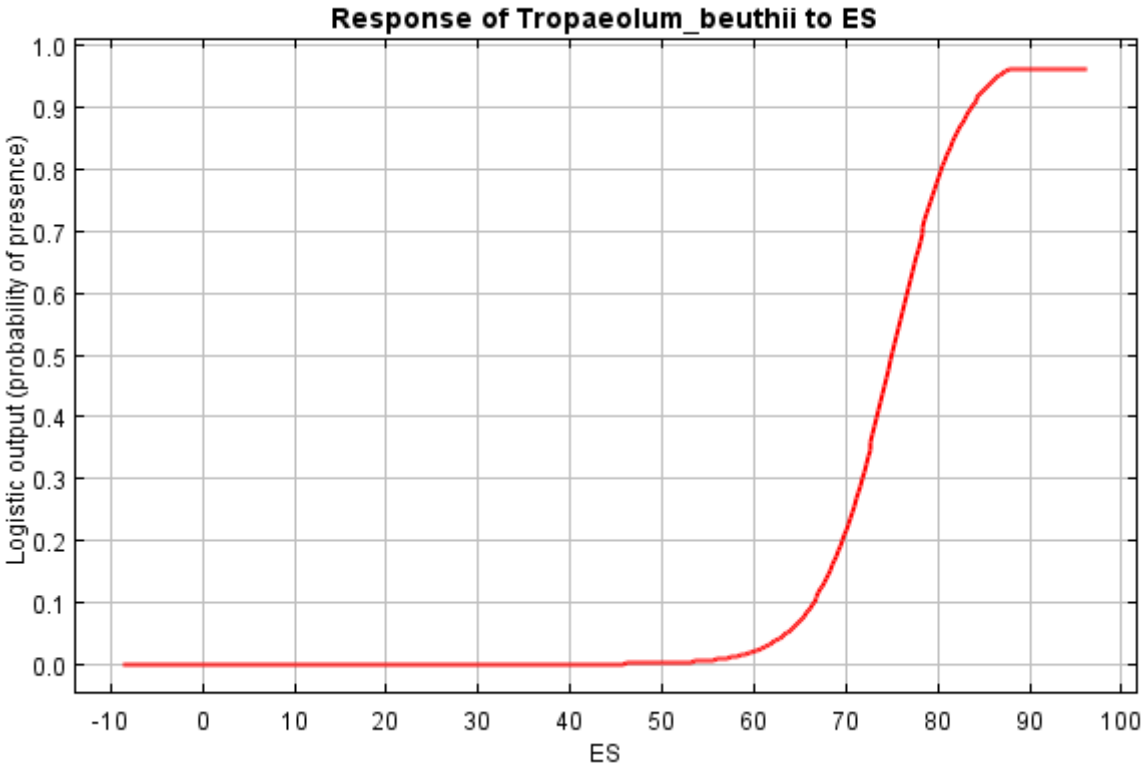


Figura 279. Modelación de nicho obtenida para *Tropaeolum beuthii*.



Folio004967

Figura 280. Respuesta de T. beuthii a la variable ES, correspondiente a la humedad relativa durante la estación más seca.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 1 individuo por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.
Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.725 (p = 9.97E-10). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 67.037.592 m^2.
Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 429.738 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Esta especie fue colectada por primera vez por T. Bridges en Cobija. Tras casi un siglo después, volvió a ser colectada por Johnston en Tocopilla, considerándolo una nueva especie (*T. leptoceras*). Esta especie ha vuelto a ser colectada a partir de los 1980's.

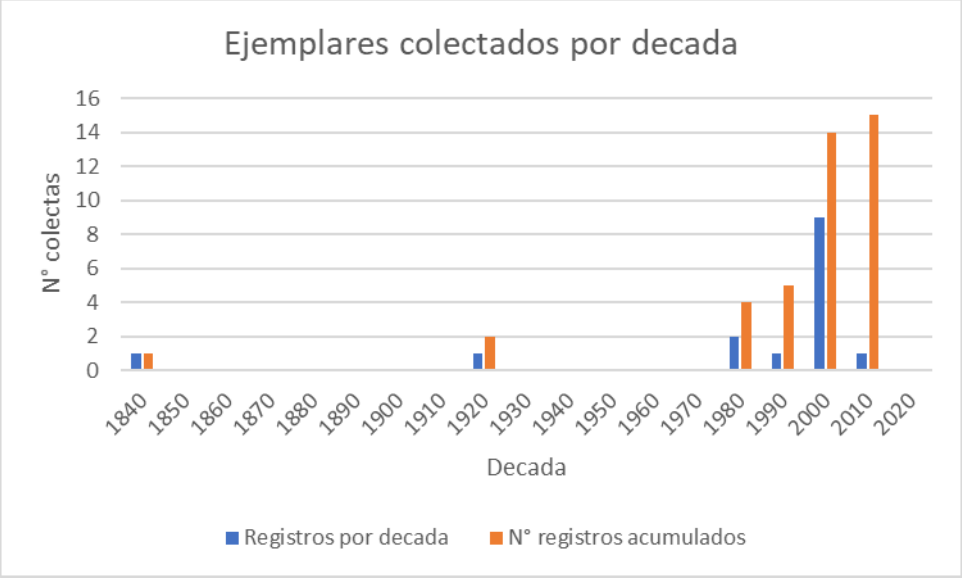


Figura 281. Registros de *Tropaeolum beuthii* realizados a través del tiempo.

Al parecer la distribución de esta especie ha disminuido mucho, ya que en este proyecto ha sido sólo detectada en Miguel Díaz.

Folio004968

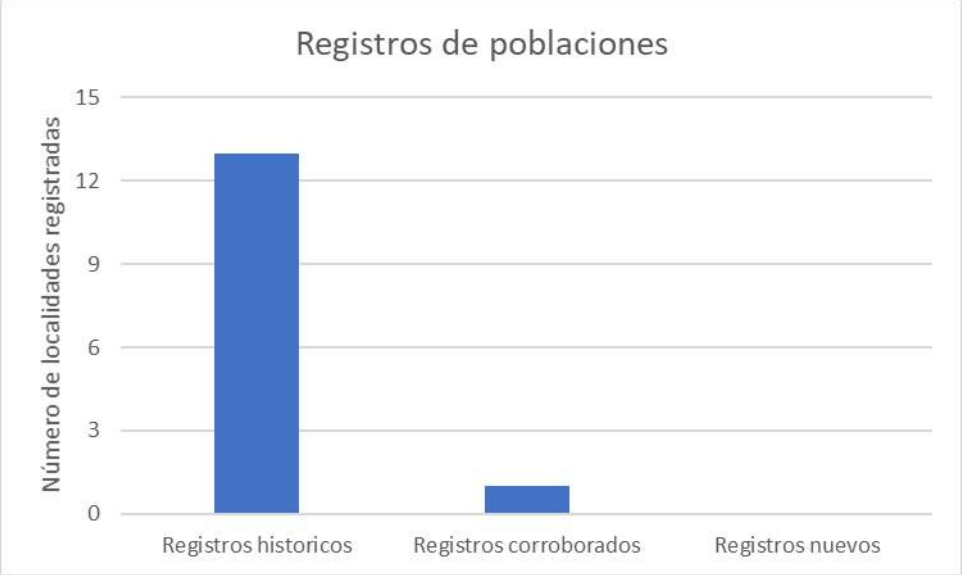


Figura 282. Corroboración de registros en el área de estudio de *Tropaeolum beuthii*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 70.01, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.58, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004969

68.- *Senna paposana* (Phil.) Zoellner & San Martin

Ranking IPM				73
Especie	***Senna paposana*** (Phil.) Zoellner & San Martin			Distribución
Familia	**Fabaceae**	Categoría de conservación	**EN**	
Número de individuos estimados	**91**	Superficie estimada (m^2)	**2.080.000**	
Número de localidades	**6**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**2**	

Folio004970

Esta especie se encuentra en categoría “En Peligro” según el DS 41/2011 MMA.

- Presencia

Senna paposana se encuentra entre Miguel Díaz y la Quebrada El Panul. Se ha registrado en Miguel Díaz, Quebrada La Plata, Aguada El Panul, El Rincón, Quebrada Paposo y la Quebrada El Cura.

Cuadro 99. Localidades de presencia de *Senna paposana*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Miguel Díaz			Johnston, I. M. 5348	1925
Miguel Díaz	342258	7284037	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Miguel Díaz	342258	7284037	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 122	
Q. La Plata	344998	7266766	Flores, J. - VID	
Qda De La Plata 40,9 Km Al Norte De Caleta Paposo	344998	7266766	Flores, J. - VID	
Ag. Panul	345245	7258855	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Cerro Rincón 800-1000 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	348980	7245011	Gutierrez, G.	
El Rincón. Localidad	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	
El Rincón. Localidad	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Rincón El, Localidad Rural	349354	7241052	Johnston, I. M. 5488	1925
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Faúndez, L. & Larraín, B.	
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	
Qda. El Rincón (B) (Ladera Exp. Sur-Este)	349354	7241052	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Qda. El Rincón (Fdo. Quebrada) (B)	349354	7241052	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Quebrada Rinconada, Ca. 5 Km N Of Caleta Paposo	349354	7241052	Dillon, M. O. 5964	
Guanillo, Quebrada			Philippi, R. A.	1853
Quebrada El Cura Desde Portezuelo Hasta Norte De Qda Matancillas	352631	7223040	Faúndez, L. & Larraín, B.	

Fuente: Biota (2018)

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

Folio004971

- Abundancia

Se censaron los individuos de *Senna paposana* en una superficie de 400 x 400 m, donde se encontraron 7 individuos. En grillas de esta superficie, es posible encontrar la presencia de la especie en 13 de estas. Por lo tanto, es posible estimar que existen 91 individuos en 2.080.000 m^2.

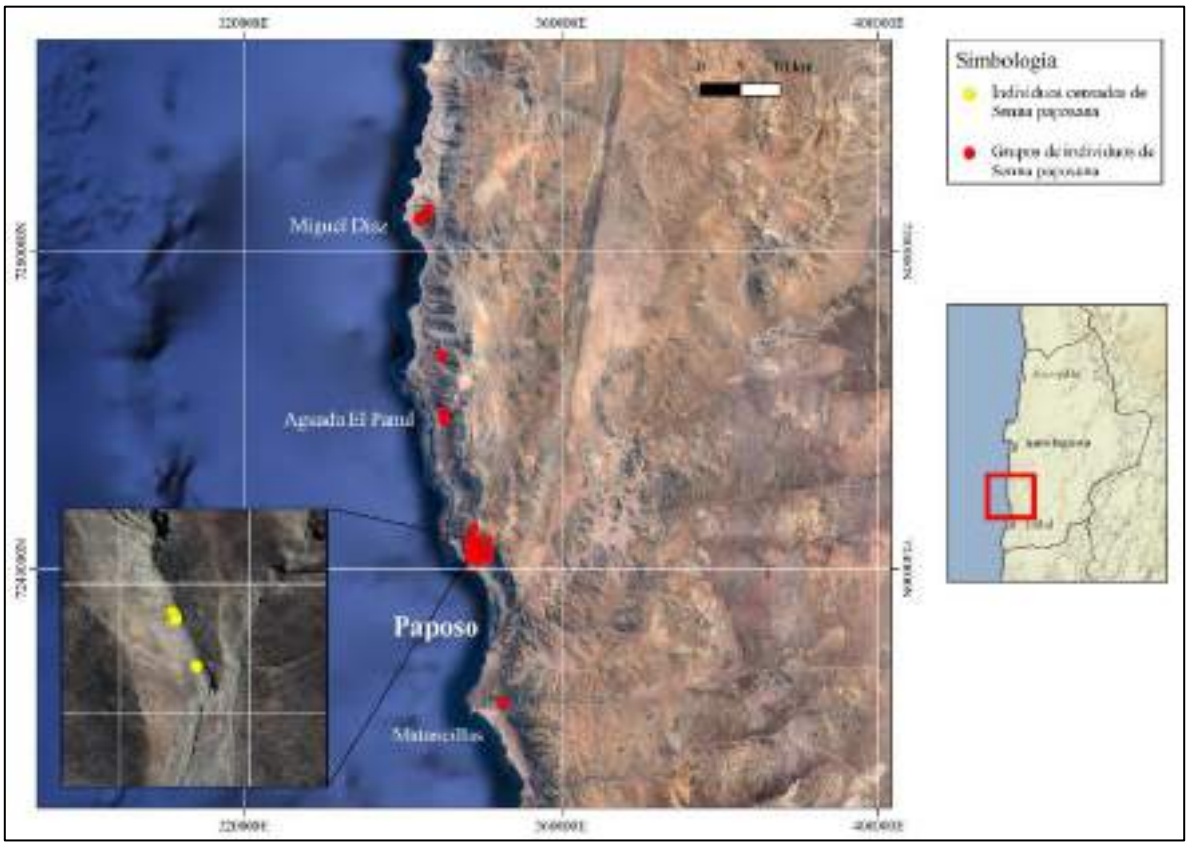


Figura 283. Distribución de presencias de *Senna paposana*.

- Análisis histórico

Esta especie fue colectada por primera vez por Philippi. A pesar de que se tiene registro de varias nuevas colectas a partir de lo indicado por Biota (2018), no se cuenta con las fechas.

Folio004972

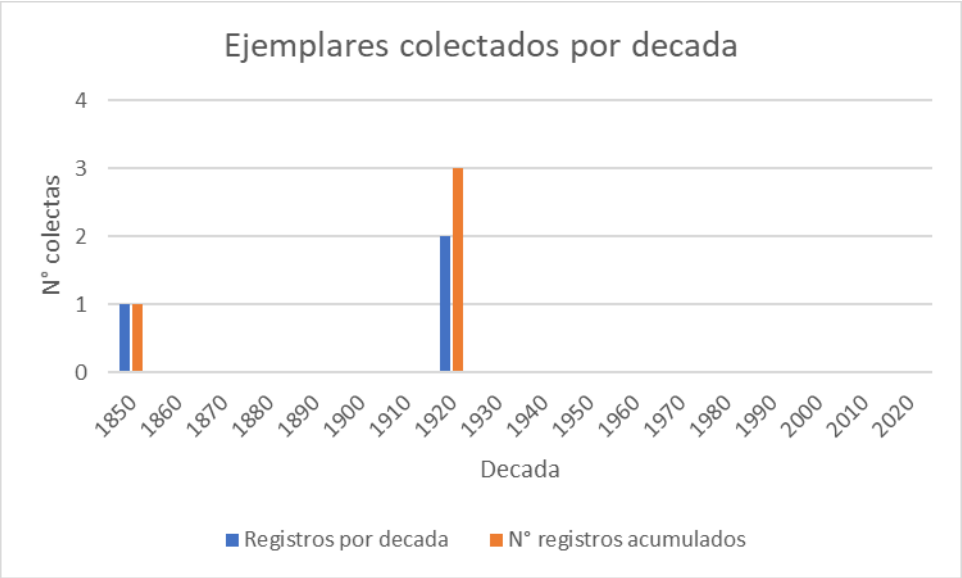


Figura 284. Registros de *Senna paposana* realizados a través del tiempo.

Más de la mitad de las localidades en que se conoce esta especie pudieron ser corroboradas.

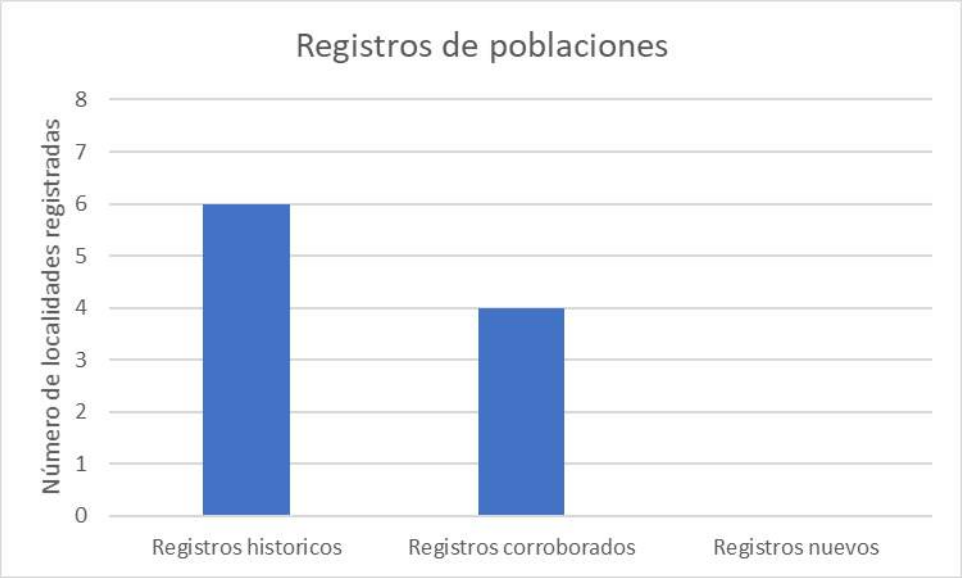


Figura 285. Corroboración de registros en el área de estudio de *Senna paposana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004973

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 69.18, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.89, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas dos accesiones de esta especie (BB1540 y BB1572), provenientes de El Rincón y la Quebrada La Sepultura respectivamente.

Folio004974

69.- *Nolana balsamiflua* (Gaudich.) Mesa

Ranking IPM			76
Especie	***Nolana balsamiflua*** (Gaudich.) Mesa		
Familia	**Solanaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**18.900**	Superficie estimada (m^2)	**1.280.000**
Número de localidades	**7**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Alta**
Amenaza más frecuente	**Actividades productivas**	Tendencia de la especie	**Estable**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Distribución

Folio004975

Esta especie se encuentra en categoría “Vulnerable” según el DS 13/2013 MMA.

- Presencia

Esta especie se ha registrado entre el sur de Tocopilla hasta Michilla. Se tienen registros de la Mina Buena Esperanza, Caleta Buena, Gatico, Mina El Rincón, Cobija, Tames y Playa de los Hornos.

Cuadro 100. Localidades de presencia de *Nolana balsamiflua*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Mina Buena Esperanza	375768	7547859	INIA	2019
Camino De Tocopilla A Antofagasta. Caleta Buena, Cerros A Orillas Del Camino	371359	7519041	Matthei, O. R. 492	
Gatico	374179	7514659	INIA	2019
Camino De Tocopilla A Antofagasta. Mina El Rincón	373160	7509715	Matthei, O. R. 489	
Tocopilla: Cobija			ZOELLNER 3610	
Cobija, Localidad Rural			D'Orbygny 275	1830
Cobija, Localidad Rural			Gaudichaud	1836
Cobija			Zöllner, O. 3610	
Tames	372102	7497142	INIA	2019
Quebrada Above Playa De Los Hornos, Just N Of Punta Hornos, 26 Km S Of Caleta Michilla, 51 Km N Of Tropic Of Capricorn	371489	7503542	Dillon, M. O. 5726	

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

De acuerdo con los muestreos en parcelas vegetacionales, se registraron en promedio 1,67 ± 0.58 individuos por parcela de 12 m de diámetro. Si se consideran grillas de 400 x 400 m, es posible encontrar a esta especie en 8 de estas. Considerando esto, se estiman 18.900 individuos en 1.280.000 m^2.

Folio004976

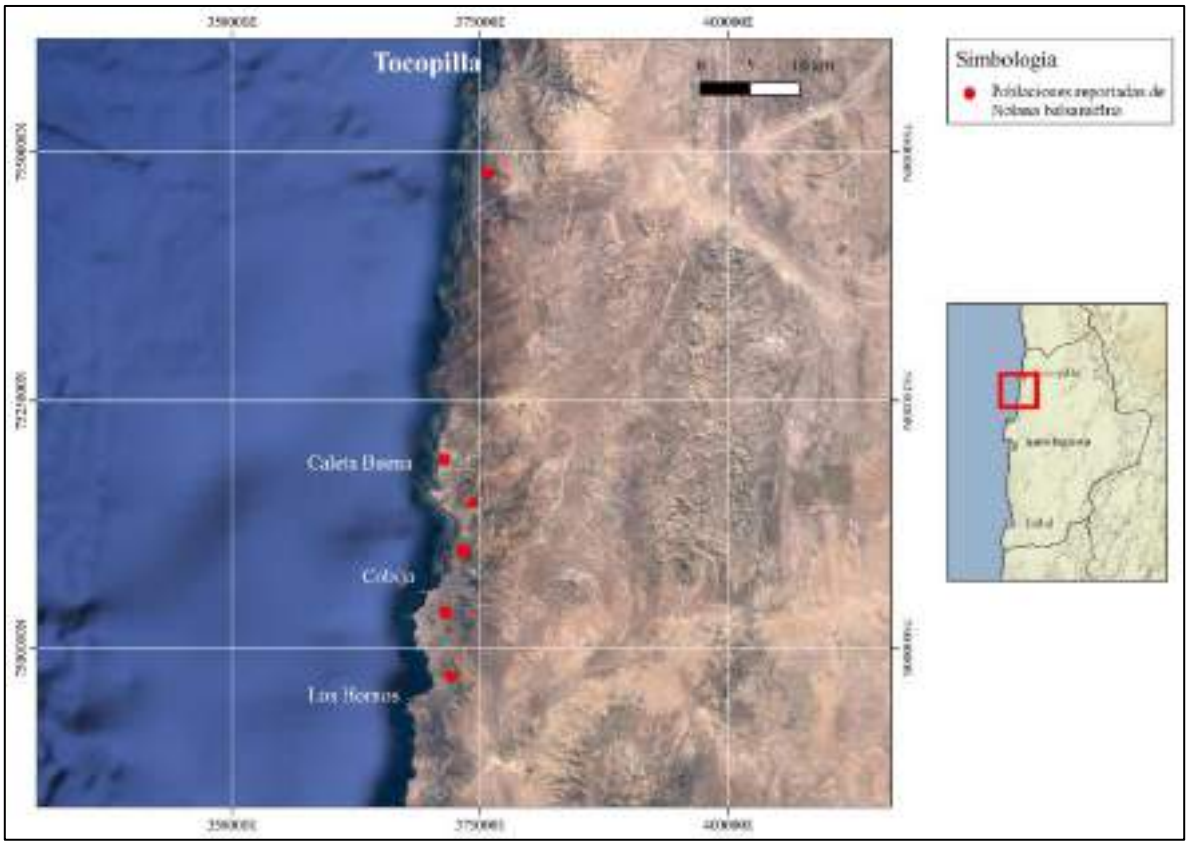


Figura 286. Distribución de presencias de *Nolana balsamiflua*.

- Análisis histórico

Al parecer esta especie es muy poco colectada, debido a que además de las colectas realizadas por los primeros exploradores en el Desierto de Atacama, sólo se conocen registros de algunos pocos colectores en los últimos años.

Folio004977

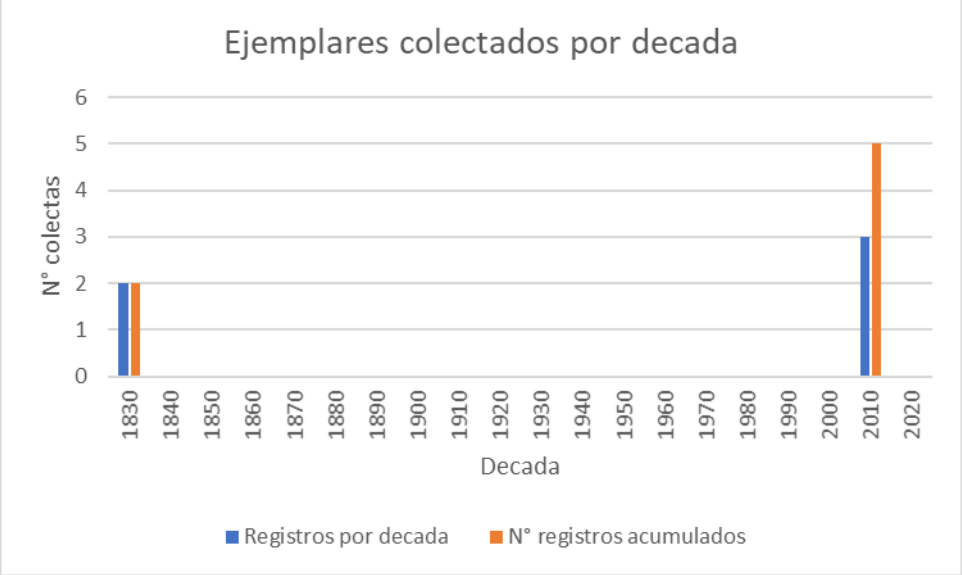


Figura 287. Registros de *Nolana balsamiflua* realizados a través del tiempo.

Esta especie pareciera aun poco conocida, ya que, a partir de los terrenos realizados en el contexto de este proyecto, fue posible casi duplicar las localidades de conocimiento de esta especie. Sin embargo, en otras tres localidades en que se había reportado esta especie, no se pudo encontrar.

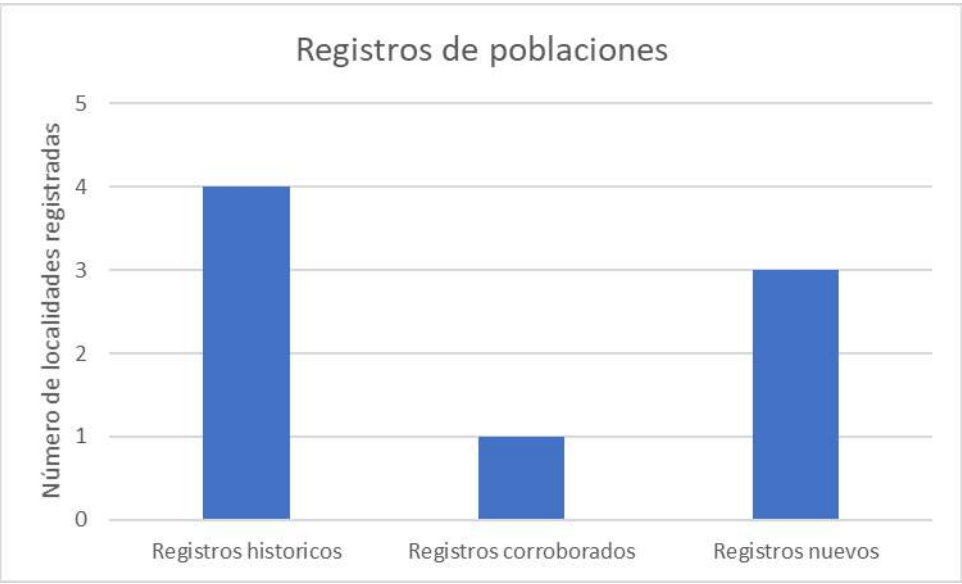


Figura 288. Corroboración de registros en el área de estudio de *Nolana balsamiflua*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están estables.

Folio004978

- Amenazas

En la Figura 289 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fueron las actividades productivas.

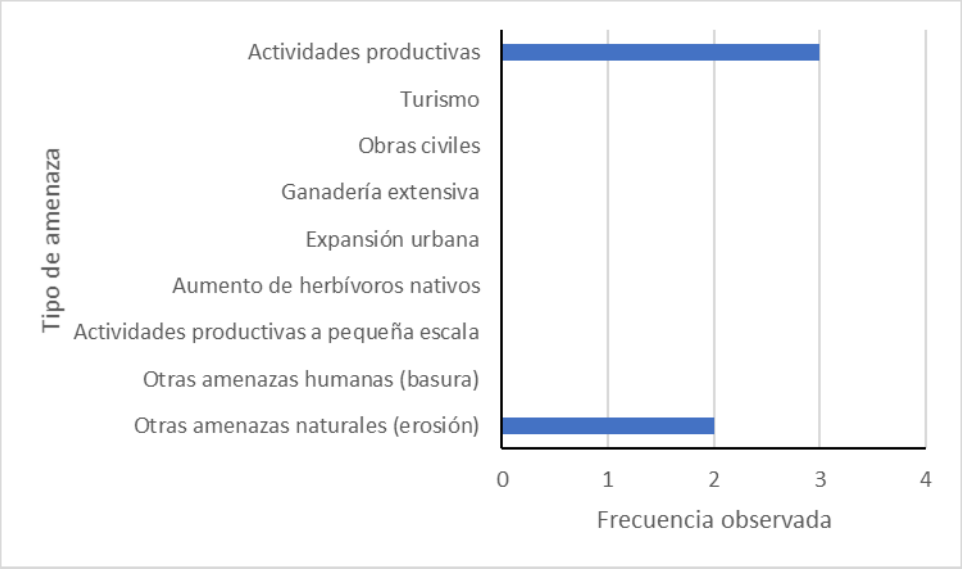


Figura 289. Amenazas registradas para *Nolana balsamiflua*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 59.5, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 14.31, por lo que se considera una influencia alta.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB1525), proveniente de la quebrada de Gatico.

Folio004979

70.- *Eulychnia taltalensis* (F. Ritter) Hoxey

Ranking IPM			77
Especie	***Eulychnia taltalensis*** (F. Ritter) Hoxey		
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**5.698.122**	Superficie estimada (m^2)	**940.168.013**
Número de localidades	**29**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa del mes de mayo**
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Distribución

Folio004980

Esta especie es normalmente considerada como parte de *Eulychnia iquiquensis*, la cual se distribuye más al norte. A pesar de que no se encuentra en categoría de conservación, las poblaciones de *E. taltalensis* fueron consideradas como *E. iquiquensis* para clasificar a esta especie como "Vulnerable" en las regiones de Antofagasta y Atacama según el DS 50/2008 MINSEGPRES.

- Presencia

Esta especie se distribuye entre Caleta Botija y Punta San Pedro, al sur de Taltal. Su distribución entre estos sitios es prácticamente continua en la cota altitudinal donde incide la niebla.

Cuadro 101. Localidades de presencia de *Eulychnia taltalensis*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Botija	345254	7287146	INIA	2020
Miguel Díaz	343259	7285287	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	343224	7285220	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Miguel Díaz	343377	7284885	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Miguel Díaz	343411	7284661	Gutierrez, G.	
Miguel Díaz	342258	7284037	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Miguel Díaz	342258	7284037	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 128	
Miguel Díaz	342258	7284037	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	
Quebrada Plata	344998	7266766	Gutierrez, G.	
El Panul	345245	7258855	Faúndez, L. & Larraín, B.	
El Panulcito	346580	7258441	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
El Médano	346973	7253499	Gutierrez, G.	
Quebrada Las Cañas	347203	7248215	Gutierrez, G.	
El Rincón	348980	7245011	Gutierrez, G.	
El Rincón	350434	7243823	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
El Rincón	349111	7243699	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
El Rincón	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	
El Rincón	349354	7241052	Dillon, M. O.	
El Rincón	349354	7241052	Faúndez, L.	
El Rincón	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
Quebrada Yumbes	354984	7236723	Gutierrez, G.	

Folio004981

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Yumbes	353067	7234787	Girón et al	2016
Paposo	352432	7233398	Faúndez, L.	
Paposo	352432	7233398	Faúndez, L.	2007
Cerro Mirador	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Quebrada Portezuelo	353934	7233286	Gutierrez, G.	
Paposo	355043	7232671	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Paposo	356722	7232087	Dillon, M. O. 5109	
Paposo	354220	7231907	Gutierrez, G.	
Paposo	353695	7230556	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Quebrada Yerbas Buenas	353844	7225155	Gutierrez, G.	
Grande, Punta	348272	7224265	Johnston, I. M. 5572	1925
Quebrada El Cura	353643	7223542	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Matancilla, Quebrada	355871	7223277	BIOTA LTDA.	2017
Quebrada El Cura	352920	7223130	Gutierrez, G.	
Quebrada El Cura	352631	7223040	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Matancilla, Quebrada	357630	7223028	Gutierrez, G.	
Matancilla, Quebrada	353234	7222781	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Matancilla, Quebrada	353904	7222415	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Matancilla, Quebrada	353359	7221780	Faúndez, L. & Larraín, B.	
La Oveja	354528	7220526	Gutierrez, G.	
Potrerillos	355897	7219542	Gutierrez, G.	
Cachinales	355696	7217428	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales	355320	7217163	Gutierrez, G.	
Cachinales	354976	7216844	Faúndez, L.	
Cachinales	354976	7216844	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Bandurrias	358016	7212044	Gutierrez, G.	
Anchuña	355959	7208818	Dillon, M. O. 5249	
San Ramon	355785.3578	7193677.87	EGGLI & LEUENBERGER 2661	
Taltal, Ciudad	351047	7189090	Johnston, I. M. 5076	1925
Quebrada Los Changos	350393	7184464	INIA	2020
Estación Breas	359764	7178827	INIA	2020
Punta San Pedro	336445	7177412	INIA	2020

Fuente: Biota (2018), SGO.

- Distribución potencial

Folio004982

Se realizó una modelación de nicho de *Eulychnia taltalensis* (Figura 290), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.997. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a humedad relativa en el mes de mayo (Figura 291). Se observa que la probabilidad de presencia de *Eulychnia taltalensis* es cercana al 90% en lugares en que la humedad relativa en mayo es igual a 85%.

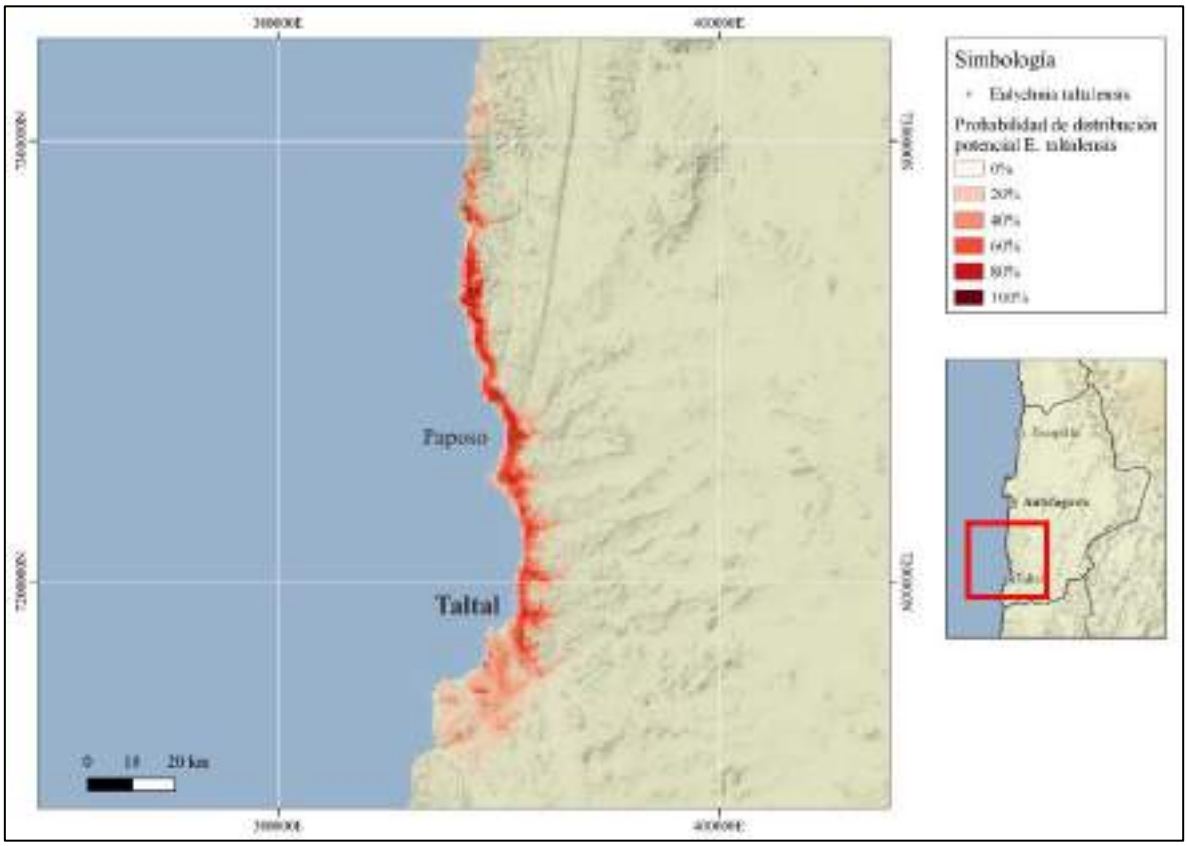


Figura 290. Modelación de nicho obtenida para *Eulychnia taltalensis*.

Folio004983

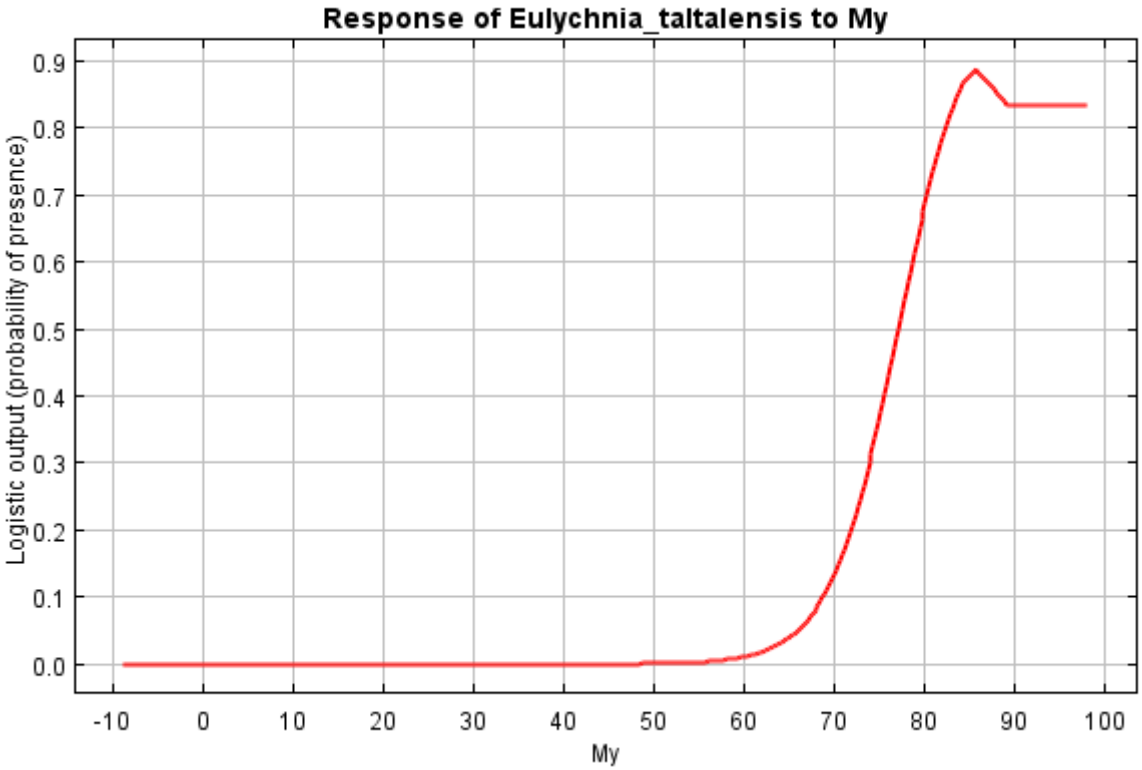


Figura 291. Respuesta de *E. taltalensis* a la variable My, correspondiente a la humedad relativa durante el mes de mayo.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 2,64 ± 3 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.26 (p = 8.09E-22). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 940.168.013 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 5.698.122 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

El primer registro de esta especie corresponde a Johnston. Los próximos registros vuelven a aparecer desde los 1990’s hasta el presente.

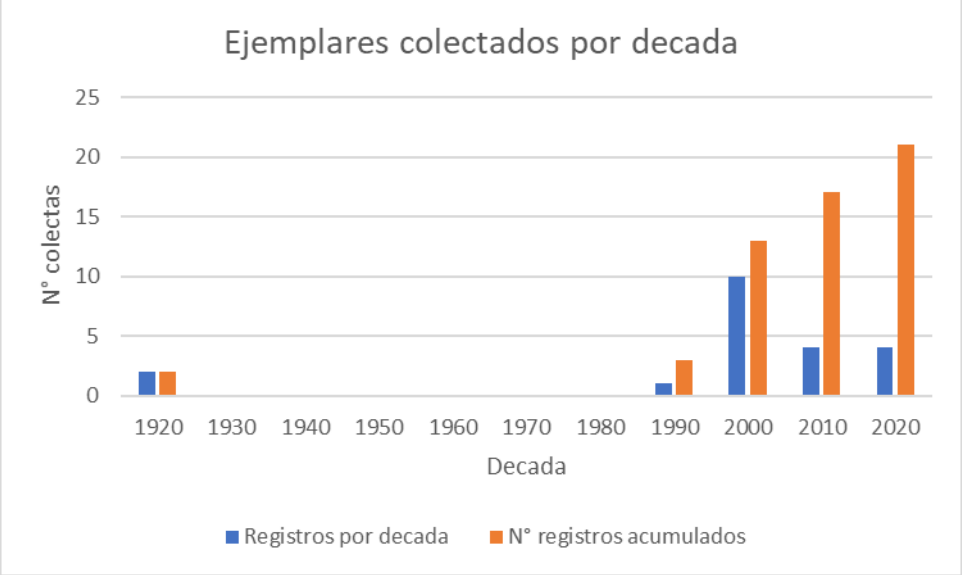


Figura 292. Registros de *Eulychnia taltalensis* realizados a través del tiempo.

A pesar de tener altos registros, no se pudo corroborar todos debido a que no todos los lugares en que se registra fueron visitados.

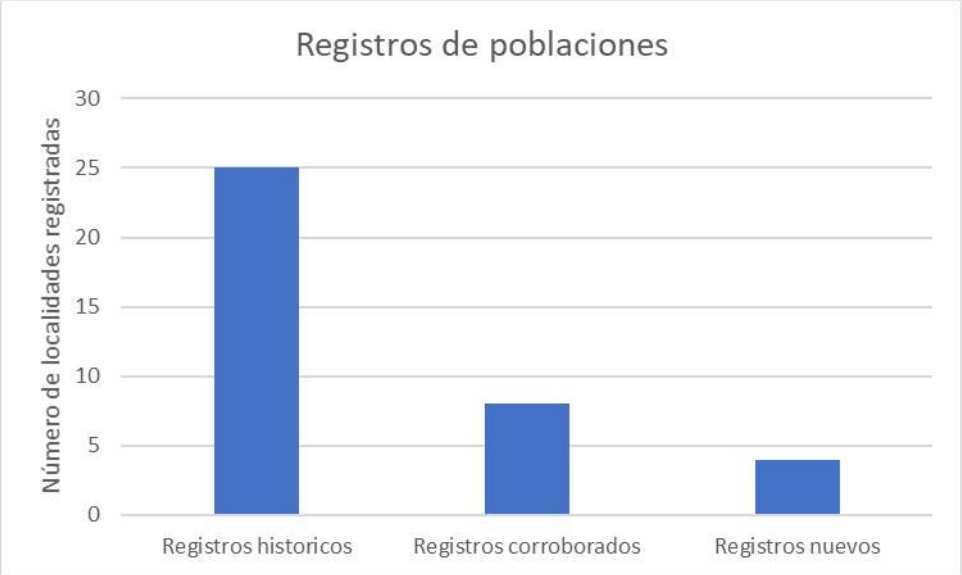


Figura 293. Corroboración de registros en el área de estudio de *Eulychnia taltalensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004985

- Amenazas

En la Figura 294 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la ganadería extensiva.

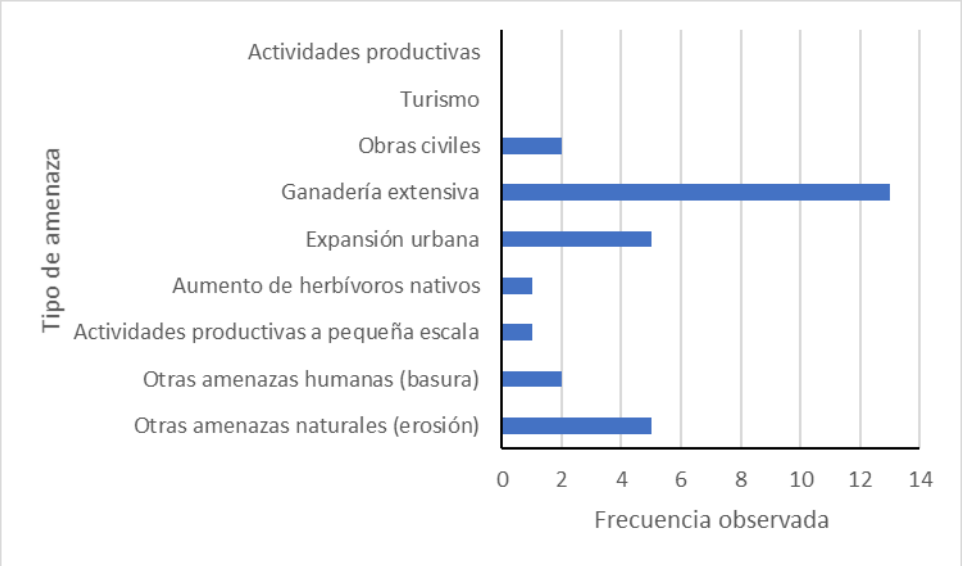


Figura 294. Amenazas registradas para *Eulychnia taltalensis*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 70.61, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.22, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB1580), proveniente de Miguel Díaz.

Folio004986

71.- *Oxalis caesia* Phil.

Ranking IPM				78
Especie	***Oxalis caesia*** Phil.			Distribución
Familia	**Oxalidaceae**	Categoría de conservación	**VU**	
Número de individuos estimados	**84.883**	Superficie estimada (m^2)	**3.200.000**	
Número de localidades	**10**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Muy alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Folio004987

Esta especie se encuentra en categoría “Vulnerable” según el DS 42/2011 MMA.

- Presencia

Oxalis caesia se ha colectado exclusivamente entre las localidades adyacentes de El Rincón a Quebrada Matancillas, por lo que sería un endemismo bastante local.

Cuadro 102. Localidades de presencia de *Oxalis caesia*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Rinconada, 12 Km Au Nord De Paposo (Route N 1), Quebrada Rocailleuse			Billet, F. & B. Jadin 5529	1991
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	348980	7245011	Gutierrez, G.	
Rincón El, Localidad Rural			Johnston, I. M. 5522	1925
Yumbes	354605	7235571	Gutierrez, G.	
Yumbes, Quebrada	356118	7235567	Girón et al	2016
Antofagasta: Al E De Paposo	358717	7234322	AEDO 7035	
Antofagasta: Taltal, 8 Km E De Paposo	357035	7234305	EGGLI & LEUENBERGER 2650	
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Paposo	357099	7233008	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Taltal, 8 Km E De Papo	354113	7232827	Eggli, U. & Leuenberger B. E. 2650	
Antofagasta: Cuesta Paposo	355372	7232441	JILES 5420	
Antofagasta: Qda Paposo	355372	7232441	QUEZADA & RUIZ 210	
Cuesta Paposo	355275	7232427	Jiles, C. 5420	1969
Paposo	355275	7232427	Ricardi, M. & Marticorena C. 4641	1958
Peralito	356728	7232248	Gutierrez, G.	
Qda Guanillo, Paposo	355873	7231101	Philippi, R. A. 124	1853
Qda Paposo	354369	7232163	Quezada, M. & E. Ruiz 210	1991
Quebrada Paposo, Ca. 10 Km E Of Caleta Paposo	356722	7232087	Dillon, M. O. 5155	
Quebrada Paposo, Ca. 12 Km E Of Caleta Paposo	356722	7232087	Dillon, M. O. 5125	
Quebrada Paposo, Ca. 5-12 Km E Of Caleta Paposo	356722	7232087	Dillon, M. O. 5546	
Qda Guanillo	353704	7230541	Philippi, R. A.	1853
Paposo, Qda Perales	357222	7215809	Schlegel, F. 7946	1985

Folio004988

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357083	7231375	Gutierrez, G.	
Quebrada Paposo (Perales) 800-1000 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357083	7231375	Gutierrez, G.	
Paposo	355724	7230969	Ricardi, M. 4641	
Antofagasta: Paposo	355392	7230595	RICARDI & MARTICORENA 4641	
Antofagasta: Quebrada De Paposo	355392	7230595	PFISTER	
Quebrada La Totorita 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353551	7230566	Gutierrez, G.	
Cuesta Paposo	353695	7230556	Jiles, C. 5420	
Cuesta Paposo	353695	7230556	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Qda Guanillo			Philippi, R. A.	
Qda Paposo			Quezada, M. & E. Ruiz 210	
Guanillo, Quebrada			Johnston, I. M. 5593	1925
Guanillo, Quebrada			Philippi, R. A.	
Antofagasta: Qda Paposo, Mina Abundancia, Posada	355411	7228749	RICARDI 2637	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352928	7223821	Gutierrez, G.	
El Cura	352168	7223582	Gutierrez, G.	
Matancilla, Quebrada	357323	7223298	BIOTA LTDA.	2017
Potrerillos 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355897	7219542	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Paposo, Qda Perales			SCHLEGEL 7946	
In The Hills Above Paposo, Along The Road To Mina Julia.			Taylor, C. M., C. von Bohlen & A. Marticorena 10714	
Guamanga, Quebrada			Reiche	1911

Fuente: Biota (2018).

- Presencia

A pesar de contar con diversos registros, no se tiene certeza de la exactitud de estos, por lo que se decidió no realizar modelación de distribución potencial.

- Abundancia

Folio004989

Esta especie se registró en parcelas de muestreo, presentando 3 individuos por parcela de 12 m de diámetro. Considerando grillas de 400 x 400 m, esta especie se encuentra en 20 grillas. Por lo tanto, se estima que existen 84.883 individuos en 3.200.000 m^2.

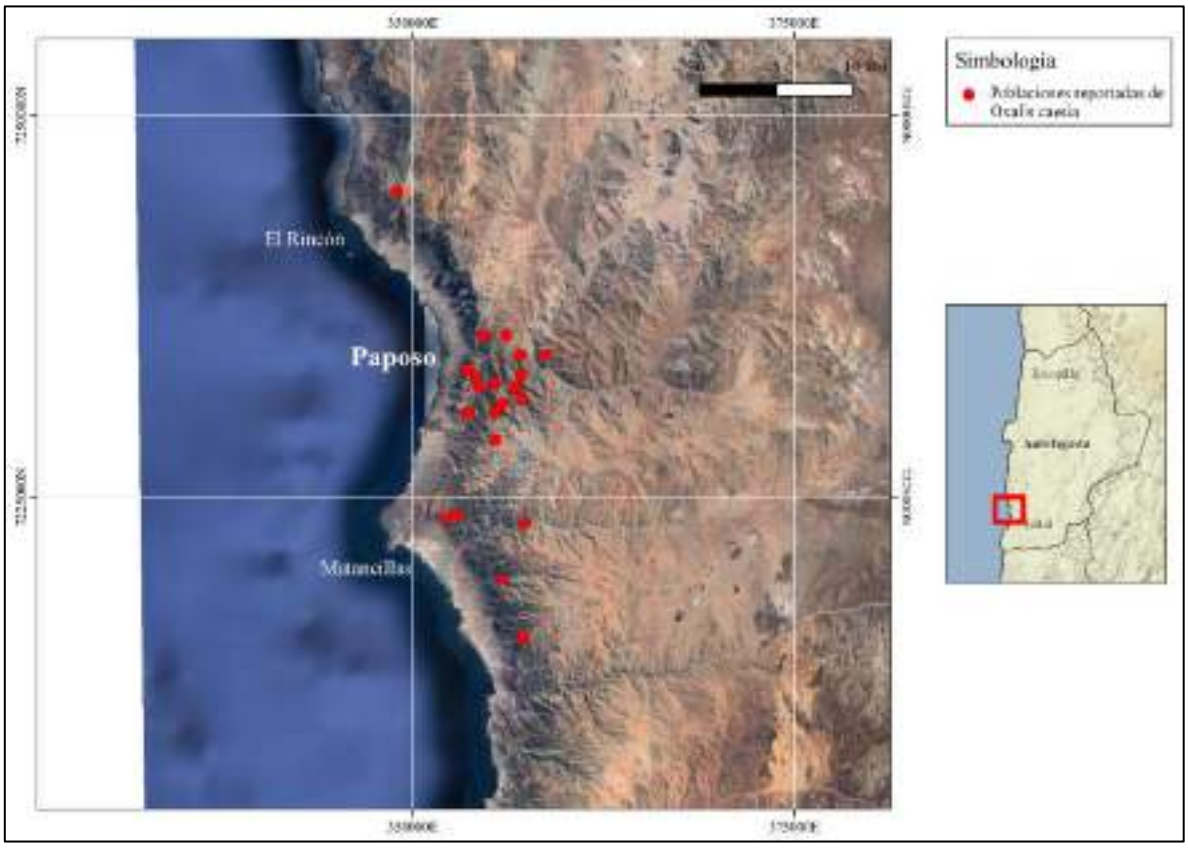


Figura 295. Distribución de presencias de *Oxalis caesia*.

- Análisis histórico

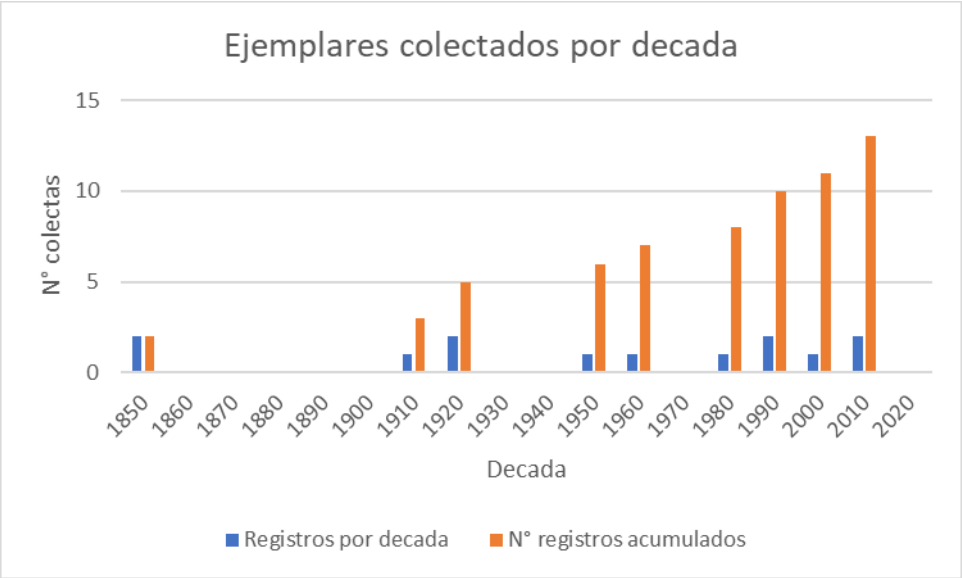


Figura 296. Registros de *Oxalis caesia* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 297.

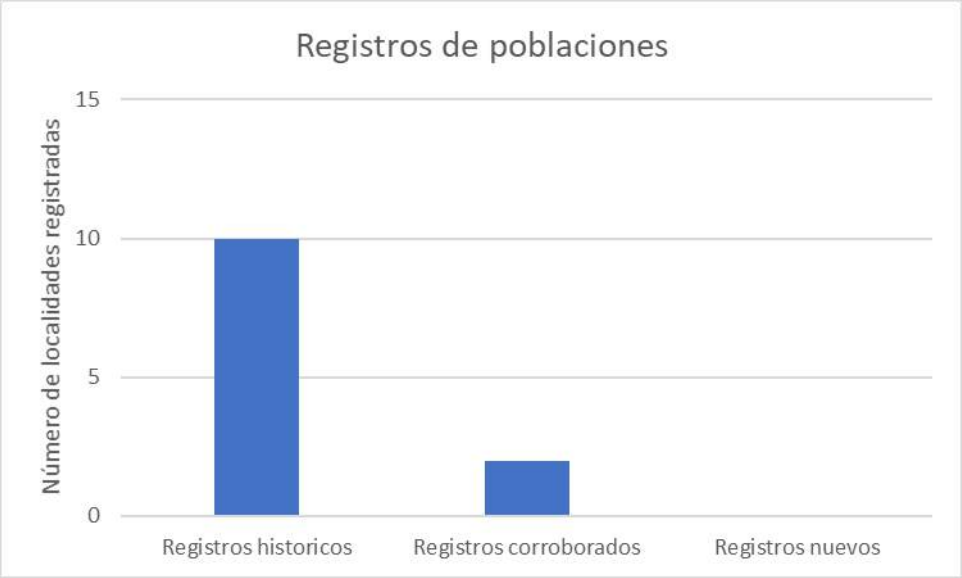


Figura 297. Corroboración de registros en el área de estudio de *Oxalis caesia*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Folio004991

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 106.96, por lo que se considera una influencia muy alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 5.46, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004992

72.- *Eriosyce esmeraldana* (F. Ritter) Katt.

Ranking IPM			79
Especie	***Eriosyce esmeraldana*** (F. Ritter) Katt.		
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**95**	Superficie estimada (m^2)	**800.000**
Número de localidades	**5**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Obras civiles**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Distribución

Folio004993

Esta corresponde a una especie geófito de cactácea. Se encuentra en categoría “En Peligro” según el DS 33/2011 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre La Madera y Las Lomitas. Se ha registrado en Caleta La Madera, Quebrada Tigrillo, Quebrada Las Lozas (o Guanillos), Esmeralda y Las Lomitas en el PN Pan de Azúcar.

Cuadro 103. Localidades de presencia de *Eriosyce esmeraldana*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
La Madera, Cuesta	329612	7141675	Alan William Craig AWC 684	
La Madera, Caleta, North Of Quebrada Tigrillo; 350M	329612	7141675	Paul Hoxey PH 669.04	
Tigrillo, Quebrada	330642	7139691	Alan William Craig AWC 681	
Tigrillo, Quebrada; 450M	330642	7139691	Paul Hoxey PH 453.04	
Quebrada Lateral A Quebrada Guanillos	334716	7135338	Faúndez L & Larraín B	2006
Guanillos, Quebrada; 180M	334581	7135048	Alan William Craig AWC 454	
Guanillos Valley, North Of Esmeralda, 100M	334581	7135048	Brian Francis Bates BB 1268.04	
Esmeralda, Quebrada De Guanillos, 180M	334581	7135048	Fred (Friedrich Kattermann FK 506	
Guanillos, Chile	334581	7135048	Graham Charles GC 303.06	
Guanillos, Quebrada; 220-240M	334581	7135048	Paul Hoxey PH 263.05	
Quebrada Grande, North Of; 470M	336591	7133259	Alan William Craig AWC 448	
Cachina, Quebrada La, To Junction Quebrada Grande	336191	7133133	Alan William Craig AWC 690	
Esmeralda, 5Km East Of Planta; 360M	335238	7132806	Alan William Craig AWC 275	
Esmeralda, East Of; 400M	335238	7132806	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1146	
Esmeralda, 2Km North-East Of	335238	7132806	Edward (Ed George Gay and Betty Gay EG 4407	
Esmeralda, Mine	335238	7132806	Frans Kühhas FK 50.845	
Esmeralda; 230M	335238	7132806	Fred (Friedrich Kattermann FK 436	
Esmeralda	335238	7132806	Friedrich Ritter FR 518	1956
Esmeralda	335238	7132806	Graham Charles GC 127.04	
Esmeralda; 300M	335238	7132806	Karel Knize KK 1172	
Esmeralda; 250M	335238	7132806	Roger M. Ferryman RMF 159	
Esmeralda, Planta	335238	7132806	Tom Jenkins TJ 70	
Esmeralda, Planta	335238	7132806	Adriana Hoffmann J. AH 132	

Folio004994

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Las Lomitas, 690M	339074	7122329	Alan William Craig AWC 738	
Las Lomitas, Chile 710M	339074	7122329	Fred (Friedrich Kattermann FK 795	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Se censaron los individuos de esta especie encontrados en la Quebrada Las Lozas, encontrándose 19 individuos en una superficie de 400 x 400 m. Debido a que se indican 5 localidades de presencia de esta especie, se puede estimar que existen 95 individuos en 800.000 m^2.

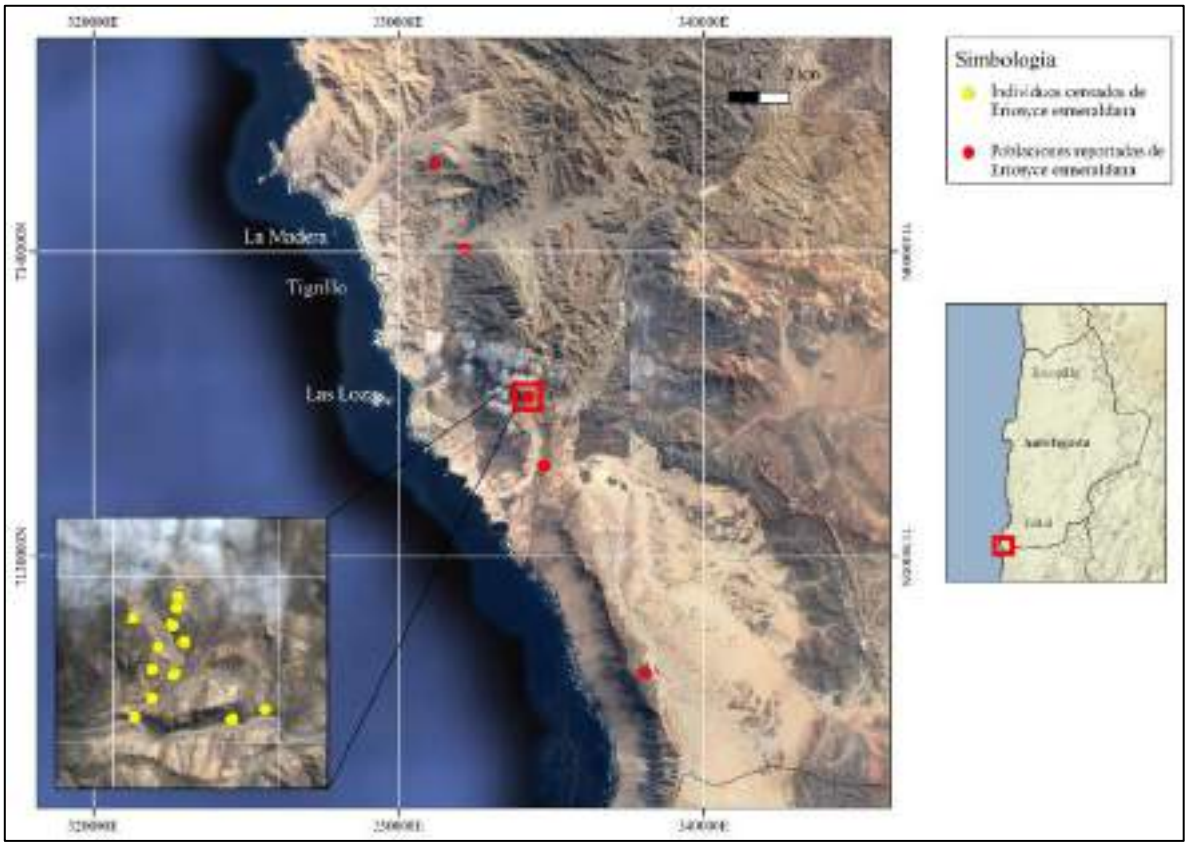


Figura 298. Distribución de presencias de *Eriosyce esmeraldana*.

Folio004995

- Análisis histórico

Para esta especie sólo se registran colectas con fecha al ser descubierta en los 1950's y en la década de los 2000's.

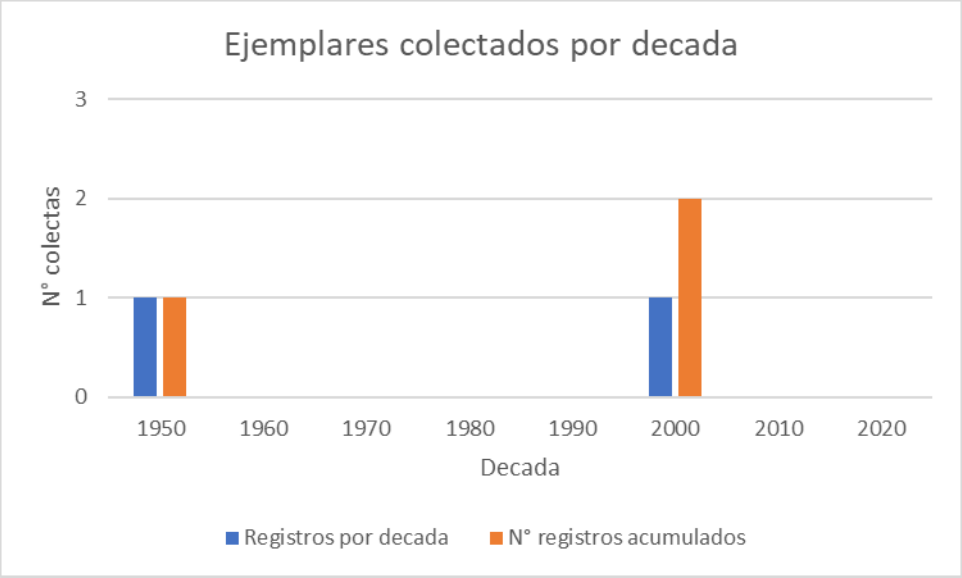


Figura 299. Registros de *Eriosyce esmeraldana* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 300.

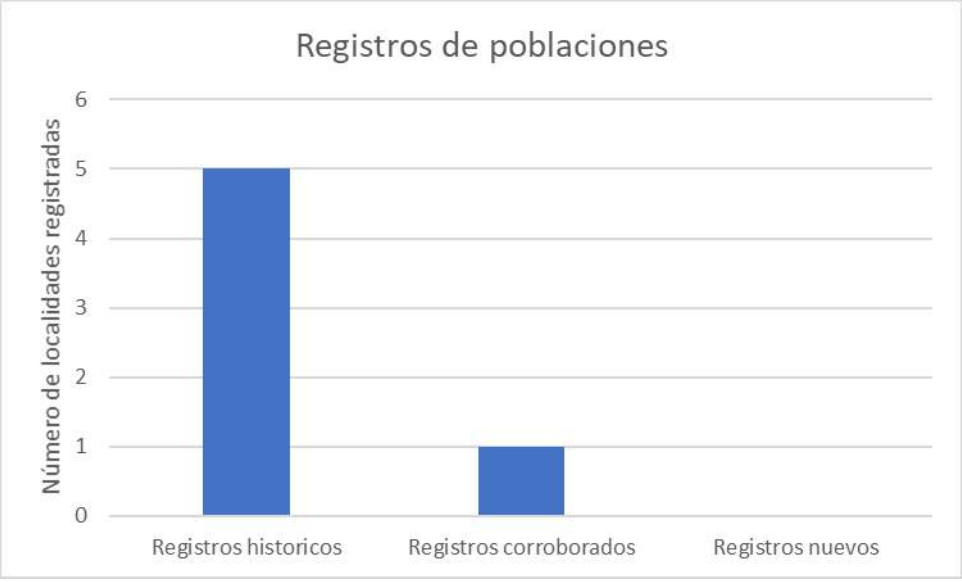


Figura 300. Corroboración de registros en el área de estudio de *Eriosyce esmeraldana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio004996

- Amenazas

En la Figura 301 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fueron las obras civiles.

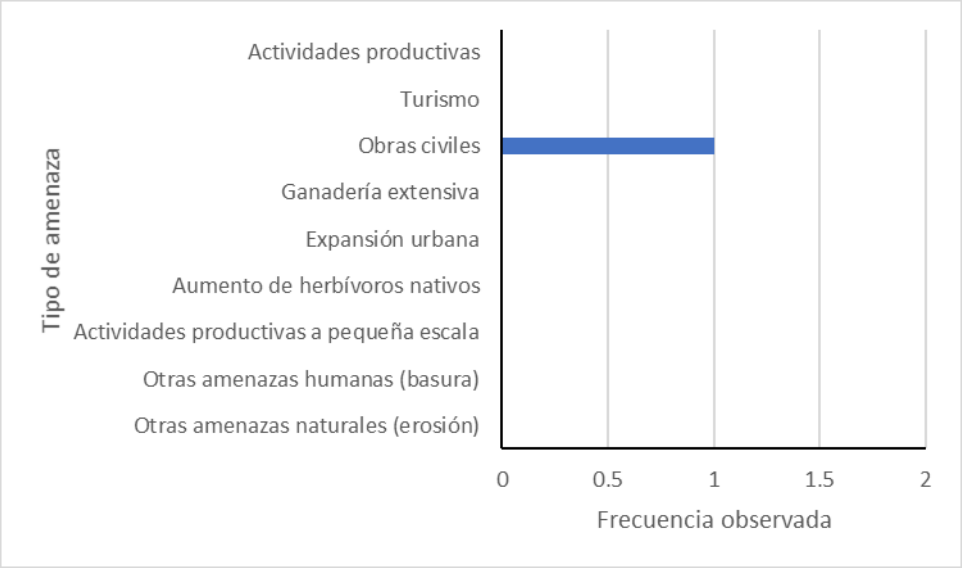


Figura 301. Amenazas registradas para *Eriosyce esmeraldana*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 13.48, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 0.19, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio004997

73.- *Eriosyce malleolata* (F. Ritter) P. C. Guerrero & Helmut Walter

Ranking IPM				**80**
Especie	***Eriosyce malleolata*** (F. Ritter) P. C. Guerrero & Helmut Walter			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**	
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades	**5**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Este nombre corresponde a una recientemente combinación realizada por Guerrero et al. (2019) de un taxon previamente conocido como *Eriosyce odieri* subsp. *malleolata*. Bajo un sinónimo de esta última especie (*Thelocephala odieri*), esta es incluida en el DS 13/2013 MMA como especie "Vulnerable". Debido a la división de *E. odieri*, se ve apropiado la reevaluación de la categoría de conservación de *E. malleolata*.

- Presencia

Esta especie se ha colectado entre Cifuncho y Caleta Flamenco, donde se ha colectado en Cifuncho, Pan de Azúcar, Chañaral, Barquito y Flamenco.

Cuadro 104. Localidades de presencia de *Eriosyce malleolata*.

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Cifuncho, East Of	346162	7165808	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 263	
Cifuncho	346162	7165808	Roger M. Ferryman RMF 155	
Pan De Azucar, Quebrada; 70M	335068	7106657	Alan William Craig AWC 481	
Pan De Azucar, North Of Chañaral	335068	7106657	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 252	
Pan De Azucar	335068	7106657	Frans Kühhas FK 19.791	

Folio004998

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Pan De Azucar	335068	7106657	Friedrich Ritter FR 517	
Pan De Azucar	335068	7106657	Roger M. Ferryman RMF 167	
Pan De Azucar	335068	7106657	Tom Jenkins TJ 73	
Playa Blanca; 10M	335112	7097711	Alan William Craig AWC 482	
Chañaral, 16Km North Of, To Rio Seco; 30M	335256	7091887	Alan William Craig AWC 667	
Chañaral, North Of	335256	7091887	Friedrich Ritter FR 517	
Chanaral	337937	7084986	Franz Kühhas KF 18.789	
Chañaral	337937	7084986	Friedrich Ritter FR 517	1956
Barquito	336070	7083334	Roger M. Ferryman RMF 333	
El Caleuche Playa Al Sur De Barquitos	333350	7080031	Franz Kühhas KF 16.785	
Flamenco, Las Gaviotas, Chile Sea-Level	329961	7064721	Roger M. Ferryman RMF 500	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Debido a que esta especie no pudo ser encontrada en terreno, no se pudo calcular su abundancia. Es probable que debido al carácter geófito de esta especie, los individuos hayan estado enterrados durante las fechas de campaña a terreno.

- Análisis histórico

Para esta especie sólo se tiene el registro de su primera colecta.

Folio004999

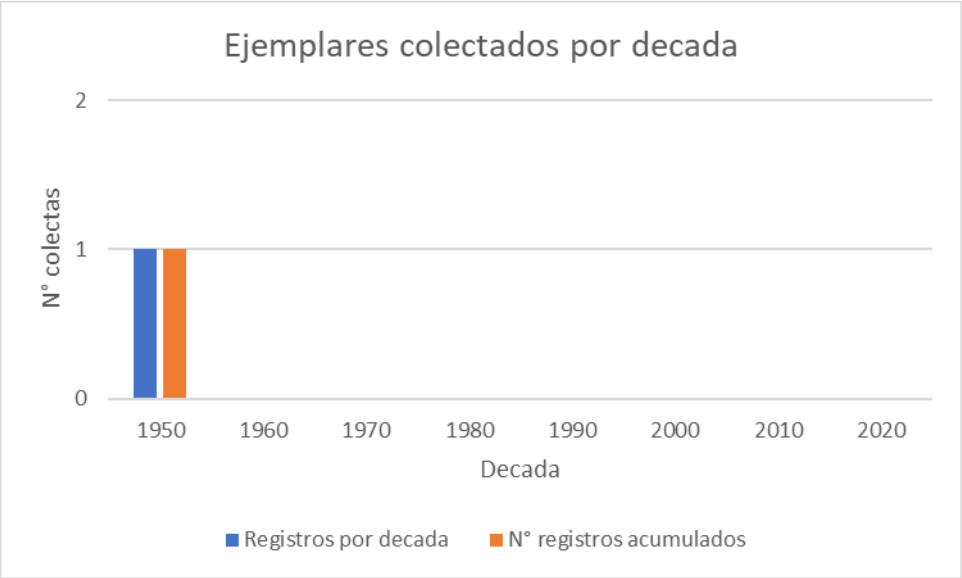


Figura 302. Registros de *Eriosyce malleolata* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 303.

Figura 303. Corroboración de registros en el área de estudio de *Eriosyce malleolata*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio005000

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 76.49, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 1.23, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB444), proveniente de Cifuncho. Además, se encuentra conservada otra accesión de esta especie (BB446) fuera del área de estudio, en la Quebrada Pan de Azúcar en la Región de Atacama, a una corta distancia del límite regional. Por último, una accesión de semillas conservada en el BBS rotulada como *Eriosyce occulta* y colectada en la Quebrada de Las Tórtolas, podría corresponder a esta especie debido a la localidad de colecta.

74.- *Eriosyce taltalensis* subsp. *pygmaea* R. Ferryman

Ranking IPM				82
Especie	***Eriosyce taltalensis* subsp. *pygmaea*** R. Ferryman			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**	
Número de individuos estimados	**35**	Superficie estimada (m^2)	**6.300**	
Número de localidades	**6**	Variable climática más relevante	**-**	
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	**-**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

Folio005002

Esta especie se encuentra en la Región de Antofagasta y la Región de Atacama, y se encuentra en categoría "Vulnerable" según el DS 13/2013 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre Las Lozas y Caldera, habiéndose colectado en Las Lozas (o Guanillos), Esmeralda, Las Lomitas, Chañaral, Caleta Zenteno y Caldera.

Cuadro 105. Localidades de presencia de *Eriosyce taltalensis* subsp. *pygmaea*.

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Lateral A Quebrada Guanillos	334716	7135338	Faúndez L & Larraín B	2006
Quebrada Lateral A Quebrada Guanillos	334716	7135338	Faúndez, L.	2006
Guanillos-Tigrillo, Qda.	334581	7135048	Roman Staník RS 1479	
Sitio Copiapoa Laui. Quebrada Las Lozas (Inv_3)	334637	7135024	Faúndez, L.	2003
Las Lozas	334624	7135006	Faúndez, L.	2005
Esmeralda, East Of; 150M	335238	7132806	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1049	
Esmeralda,	335238	7132806	Friedrich Ritter FR 213	1963
Lomitas, Mirador, ?	334797	7107841	Ritter	
Chañaral, Mountain 21Km North Of	335256	7091887	Friedrich Ritter FR 213	1963
Zenteno, Caleta	322238	7030679	Benjy Oliver OLV11	
South-West Of Caldera, Paposo To Alorro,	316768	7006467	Friedrich Ritter FR 213	1963

Fuente: Biota (2018)

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

De esta especie fueron registrados sólo 7 individuos en la localidad de la Quebrada Las Lozas, la cual sería su límite septentrional de distribución. Estos individuos se encuentran en una superficie no mayor a 30 x 30 m. Debido a que se le ha registrado en 5 localidades, se estiman 35 individuos en 6.300 m^2.

Folio005003

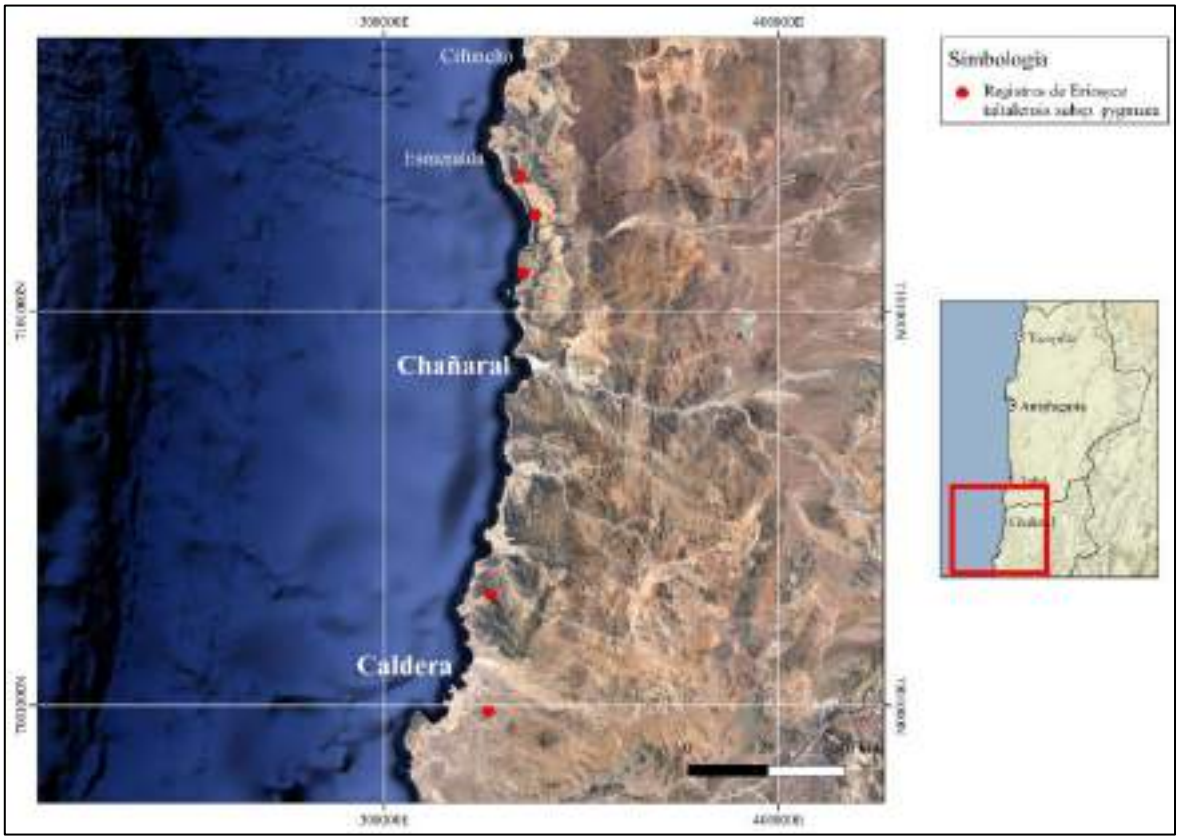


Figura 304. Distribución de presencias de *Eriosyce taltalensis* subsp. *pygmaea*.

- Análisis histórico

Se cuenta con 4 registros de esta especie en la década de los 2000's luego de la primera colecta de esta especie luego de la década de los 1960's

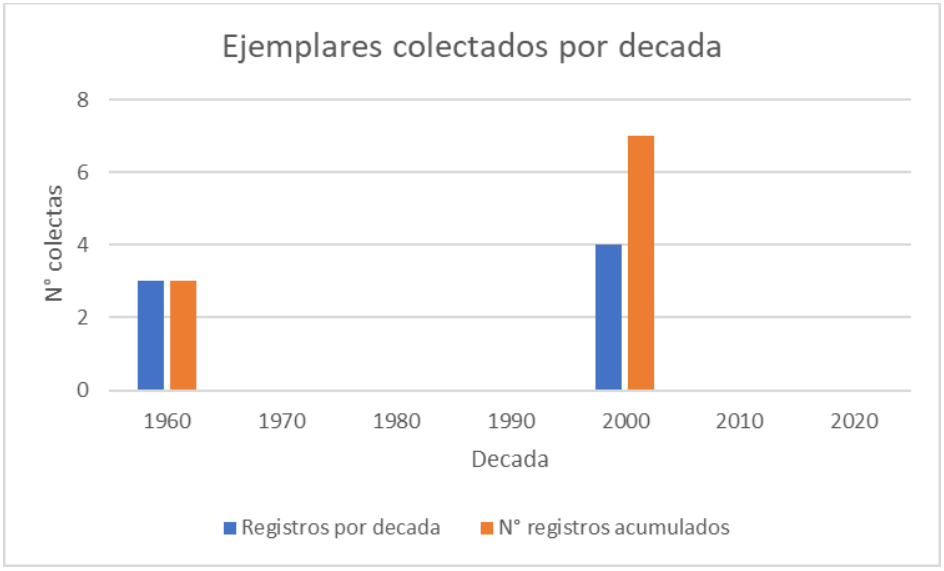


Figura 305. Registros de *Eriosyce taltalensis* subsp. *pygmaea* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 306.

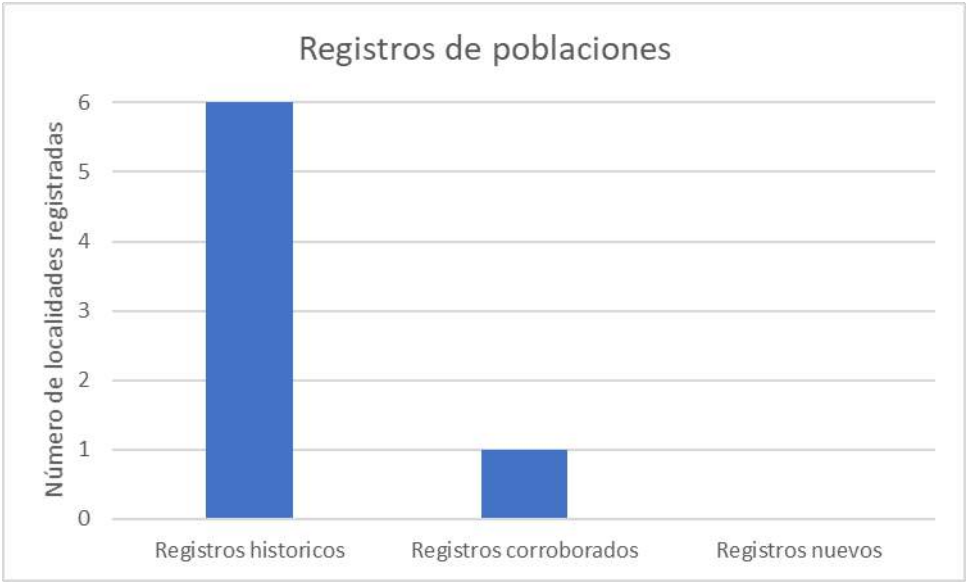


Figura 306. Corroboración de registros en el área de estudio de *Eriosyce taltalensis* subsp. *pygmaea*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Folio005005

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 6.67, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 0.08, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio005006

75.- *Viola johnstonii* W. Becker

Ranking IPM				**90**
Especie	***Viola johnstonii*** W. Becker			Distribución
Familia	**Violaceae**	Categoría de conservación	**EN**	
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades	**4**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**	

Fotografía: https://plants.jstor.org/fsi/img/size1/alukaplant/gh/phase_01/gh0006/gh00067176.jpg

Folio005007

Esta especie se encuentra en categoría “En Peligro” según el DS 42/2011 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre la Aguada Panulcito y la Quebrada Matancilla, en la Aguada Panulcito, Quebrada Yumbes, Quebrada Peralito y Quebrada Matancilla.

Cuadro 106. Localidades de presencia de *Viola johnstonii*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Antofagasta: Aguada Panulcito	345010.1764	7256327.631	Johnston, I. M. 5464	1925
Q. Yumbes	354748	7236383	Gutierrez, G.	
Quebrada Yumbes	356114	7235569	Girón et al	2016
Dept. Taltal Vicinity Of Paposo; Cerro Yumbes, Ridge About East Of Paposo	356363	7235043	Johnston, I. M. 5554	1925
Antofagasta: Cuesta De Paposo, Qda Peralito	355392.0453	7230595.806	ROSAS 3355	2010
Q. Peralito	357638	7230418	Gutierrez, G.	
Quebrada Matancilla	358008	7223130	BIOTA LTDA.	2017

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Lamentablemente durante la campaña a terreno, no fue posible localizar esta especie para determinar su abundancia. Es posible que esta especie sea observada sólo durante años con precipitaciones, lo que explicaría porque no fue observada.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 307.

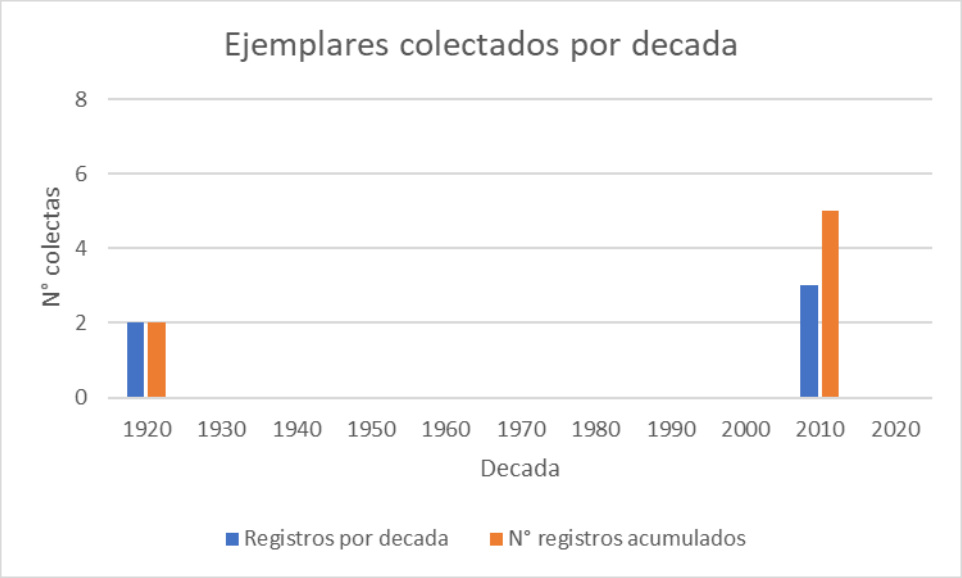


Figura 307. Registros de *Viola johnstonii* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 308.

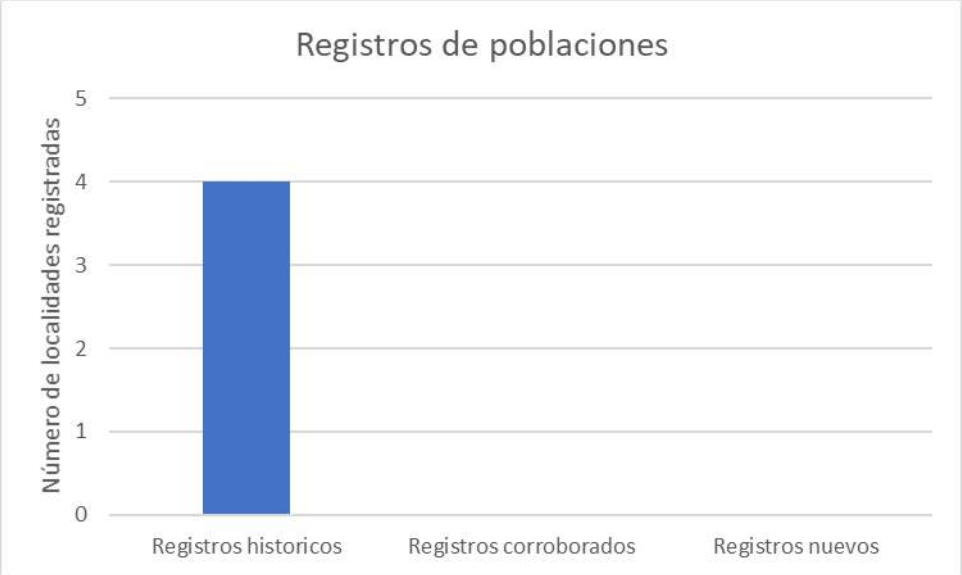


Figura 308. Corroboración de registros en el área de estudio de *Viola johnstonii*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio005009

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 91.65, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 5.32, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB471), proveniente de la Quebrada Peralito.

Folio005010

76.- *Copiapoa solaris* (F. Ritter) F. Ritter

Ranking IPM			**91**
Especie	***Copiapoa solaris*** (F. Ritter) F. Ritter		
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**27.743.776**	Superficie estimada (m^2)	**2.362.761.428**
Número de localidades	**4**	Variable climática más relevante	**Rango diario promedio**
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Media**
Amenaza más frecuente	**Actividades productivas y obras civiles**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Distribución

Folio005011

Esta especie se encuentra en categoría de conservación “En Peligro” según el DS 50/2008 MINSEGPRES.

- Presencia

Esta especie se encuentra desde el este de Mejillones hasta Botija, habiéndose registrado en Mejillones, El Cobre, Blanco Encalada y Botija.

Cuadro 107. Localidades de presencia de *Copiapoa solaris*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
East Of Mejillones, 220M	377098	7463060	Paul Hoxey PH 430.02	
Inv 6 - La Guayana	369500	7454200	Faúndez, L.	1997
Cerro Interior De Mejillones	369500	7454200	Ritter	
North Of El Cobre, Punta Agua Salada, 500-720M	345746	7324106	Paul Hoxey PH 440.01	
Ca. 15 Km E (By Road) Of Caleta El Cobre, Below The Mirador	354860	7314028	Dillon, M. O. 5626	
El Cobre, Mina Mansueta	348312	7312186	Andrea Piombetti APT 201	
East Of El Cobre	348312	7312186	Alan William Craig AWC 271	
El Cobre Se	348312	7312186	Baldur Cornely BC 39	
El Cobre 800M	348312	7312186	Brian Francis Bates BB 1256.01	
East Of El Cobre;800M	348312	7312186	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1059	
South Of El Cobre	348312	7312186	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 164	
El Cobre	348312	7312186	Frans Kühhas FK 34.813	
El Cobre	348312	7312186	Fred (Friedrich Kattermann FK 1077	
El Cobre	348312	7312186	Friedrich Ritter FR 541	
East El Cobre. Chile 700M	348312	7312186	Graham Charles GC 291.02	
El Cobre, 780 M	348312	7312186	Grzegorz Matuszewski GM 1408	
Strada Da Antofagasta A El Cobre	348312	7312186	Ignazio Blando BIG 10	
El Cobre E 12Km	348312	7312186	Isabella, Carlo Doni D 61	
El Cobre	348312	7312186	Jaromír Chvastek CH 85	
El Cobre, Blanco Encalada; 400M	348312	7312186	Karel Knize KK 599	
El Cobre, 730 M	348312	7312186	Marco Giani MGi 9.1	
Road Descending To El Cobre, 1050M	348312	7312186	Paul Hoxey PH 248.01	
El Cobre	348312	7312186	Petr Pavelka (son) PV 2163	
El Cobre, 0-50 M	348312	7312186	Rodrigo Dacal Barlow RD 47	
El Cobre, Chile 650M	348312	7312186	Roger M. Ferryman RMF 41	

Folio005012

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Antofagasta: 10 Km Al Ne De El Cobre	347777	7311738	EGGLI & LEUENBERGER 2852	
Blanco Enclado 250M	344476	7304318	Alfred Bernhard Lau L 896	
Caleta Blanca Encalada	344476	7304318	Baldur Cornely BC 55	
Blanco Enclado 250M	344476	7304318	Dennis Sargant (plants collected by Alfred Bernhard Lau SH 896	
Blanca Encalada, Coast	344476	7304318	Friedrich Ritter FR 541	1956
Blanco Escalada,200-300M	344476	7304318	Karel Knize KK 620	
11Km North Of Botija	344878	7297517	Alan William Craig AWC 269	
Antofagasta: El Cobre-Paposo, Km 22	344557	7296935	EGGLI & LEUENBERGER 2855	
Punta Tragagente, Quebrada North Of Botija, 440M	342888	7295070	Paul Hoxey PH 656.01	
Botija	342643	7288392	Alain Laroze, Philippe Corman, Patrick Cazuguel, Georges Marchand RCP 50	
Quebrada Botija	342643	7288392	Alan William Craig AWC 705	
Quebrada Botija	342643	7288392	Baldur Cornely BC 52	
Botija Valley	342643	7288392	Benjy Oliver OLV 45	
Botija Valley	342643	7288392	Chris Sherrah CS 53	
Botija Valley	342643	7288392	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 167	
Quebrada Botija	342643	7288392	Fred (Friedrich Kattermann FK 1132	
Botija Valley	342643	7288392	Graham Charles GC 737.03	
Valle Botija	342643	7288392	Guillermo (Willy Smith WS 74	
Quebrada Botija 230 Mt	342643	7288392	Ignazio Blando BIG 101.01	
Q. Botija	342643	7288392	Jaromír Chvastek CH 84	
Quebrada Botija Biforcazione, 340-400 M	342643	7288392	Marco Giani MGi 14.1	
Quebrada Botija, 110-650M	342643	7288392	Paul Hoxey PH 442.04	
Between Stones, Botija Valley, Chile 200M	342643	7288392	Petr Česal PC 141	
Botija Valley	342643	7288392	Petr Pavelka (son) PV 2014	
Valley Botija	342643	7288392	Safronov Evgeny RUS 232	
Saddle/Col Entre Botija Et Izcuña, 838M	344997	7286102	Alain Laroze, Philippe Corman, Marcel Jourdan, Nicolas Pointeau, Flavien Heriot RCPB 205.02	
Sommet Botija, 1128M	343669	7285543	Alain Laroze, Philippe Corman, Marcel Jourdan, Nicolas Pointeau, Flavien Heriot RCPB 206.02	

Fuente: Biota (2018)

Folio005013

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Copiapoa solaris* (Figura 309), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.990. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió al rango diario de temperatura (Figura 310). Se observa que la probabilidad de presencia de *Copiapoa solaris* es cercana al 85% en lugares en que el rango diario es menor a 5,5°C.

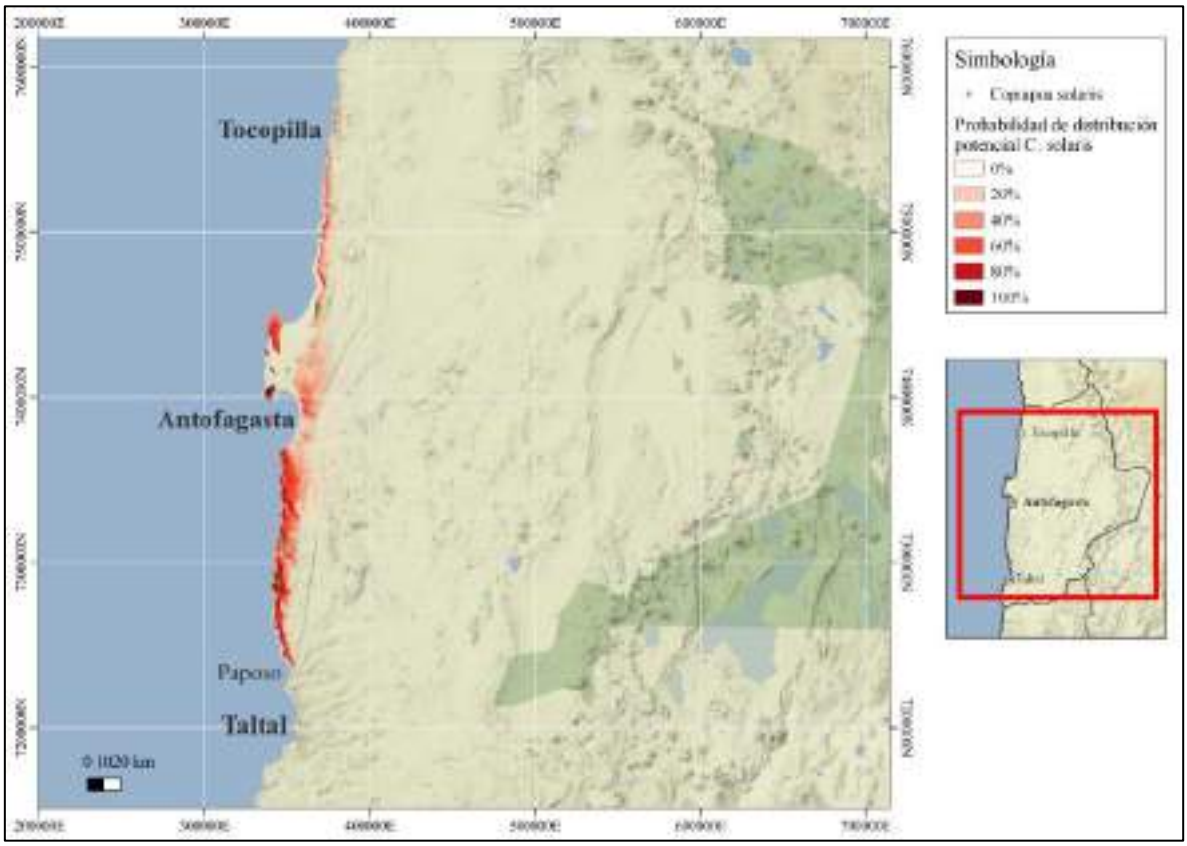


Figura 309. Modelación de nicho obtenida para *Copiapoa solaris*.

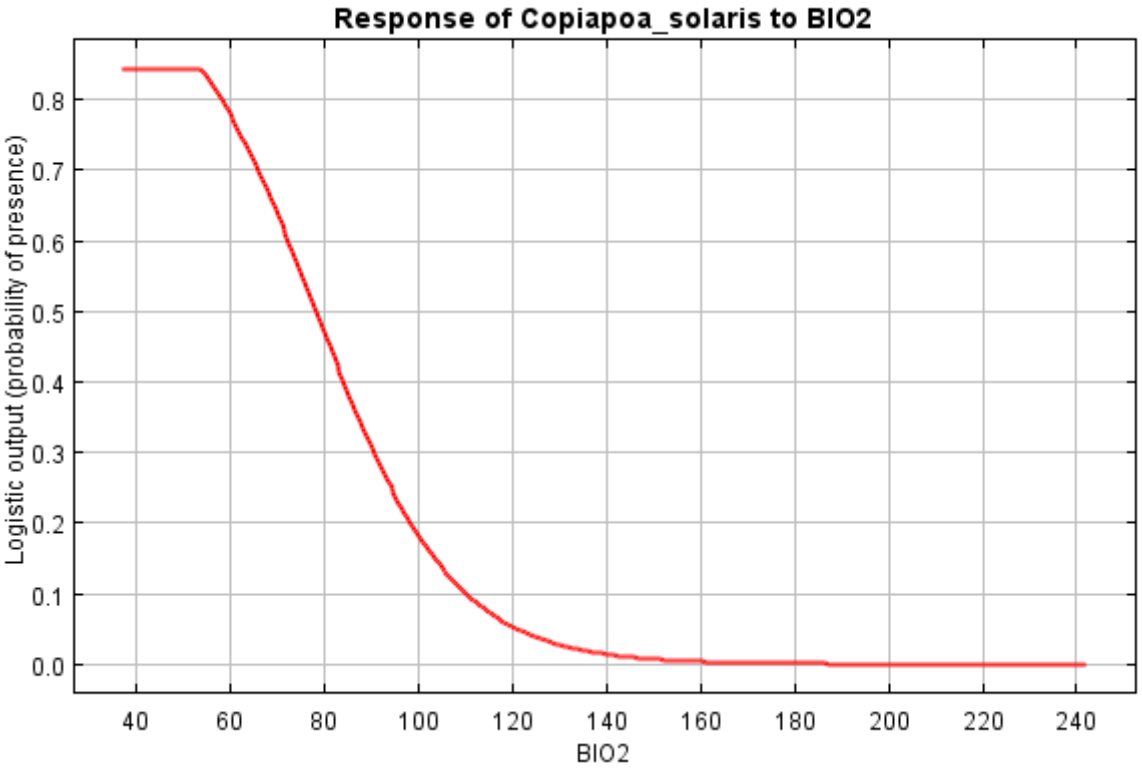


Figura 310. Respuesta de *C. solaris* a la variable BIO2, correspondiente al rango diario promedio de temperatura.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 4 ± 2 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.332 (p = 1.902E-4). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 2.362.761.428 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 27.743.776 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 311.

Folio005015

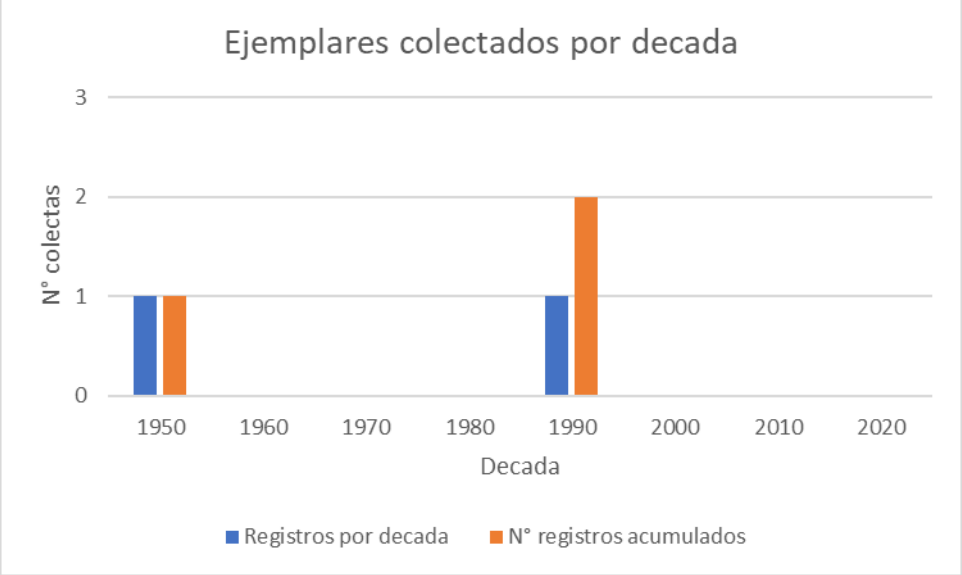


Figura 311. Registros de *Copiapoa solaris* realizados a través del tiempo.

Todas las localidades indicadas en los registros para la especie pudieron ser corroborados. Sin embargo, en Mejillones todos los individuos revisados se encuentran muertos, por lo que no se considera a esta localidad como corroborada.

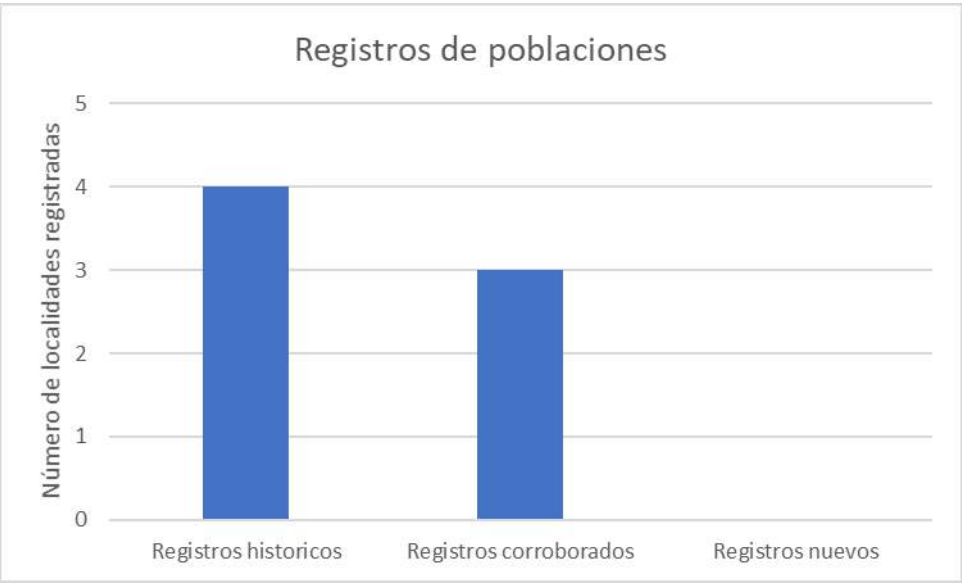


Figura 312. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa solaris*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio005016

- Amenazas

En la Figura 313 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que las mayores amenazas fueron las actividades productivas y obras civiles.

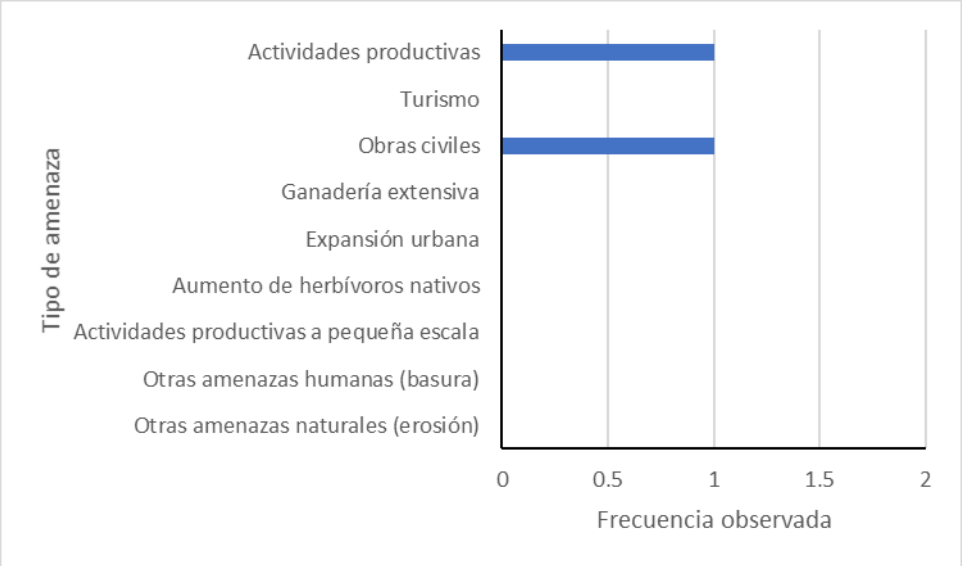


Figura 313. Amenazas registradas para *Copiapoa solaris*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 17.76, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 11.49, por lo que se considera una influencia media.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB1284), proveniente de la Quebrada Botija.

Folio005017

77.- *Copiapoa rupestris* F. Ritter

Ranking IPM				**96**
Especie	***Copiapoa rupestris*** F. Ritter			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**	
Número de individuos estimados	**23.355**	Superficie estimada (m^2)	**440.000**	
Número de localidades	**8**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**2**	

Folio005018

C. rupestris se encuentra en categoría de conservación “En Peligro” según el DS 19/2012 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre el norte de Taltal y Chañaral. Se ha registrado en San Ramón, Taltal, Las Breas, Las Tórtolas, Quebrada El Gritón, Cifuncho, Tigrillos y Cerro Hornillo.

Cuadro 108. Localidades de presencia de *Copiapoa rupestris*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
5Km North Of Taltal,	355960	7206772	Fred (Friedrich Kattermann FK 497	
San Ramon Valley	357873	7191884	Benjy Oliver OLV63	
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Alain Laroze, Philippe Corman, Patrick Cazuguel, Georges Marchand RCP 65	
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Andrea Piombetti APT 720	
Quebrada San Ramón	356136	7191576	Baldur Cornely BC 4	
San Ramon Valley	356136	7191576	Benjy Oliver OLV 63	
North Of Taltal, Quebrada San Ramon;350M	356136	7191576	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1151	
Taltal, Quebrada Ramon	356136	7191576	Fred (Friedrich Kattermann FK 784	
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Grzegorz Matuszewski GM 1175	
S.Ramon, 400 M	356136	7191576	Ignazio Blando BIG 99.01	
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Jaromír Chvastek CH 1522	
Quebrada San Ramon	356136	7191576	Ladislav Horáček LH 1326	
In Taltal, Quebrada San Ramon	356136	7191576	Pavel Heřtus PHA 623	
San Ramon, Taltal, Chile	356136	7191576	Roger M. Ferryman RMF 320	
Antofagasta: Taltal	351461	7189761	EGGLI & LEUENBERGER 2645	
Taltal, Ciudad	351047	7189090	Ritter	
Taltal	350742	7188004	Frans Kühhas FK 23.799	
Taltal	350742	7188004	Friedrich Ritter FR 211	
Taltal; 200M	350742	7188004	Karel Knize KK 1856	

Folio005019

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
East Taltal	356460	7184938	Fred (Friedrich Kattermann FK 488	
South Of Taltal, Side Quebrada	349911	7183770	Alan William Craig AWC 87	
S. Taltal, 40 / 80 M	349911	7183770	Andrea Piombetti APT 727	
Taltal S Coast	349911	7183770	Baldur Cornely BC 9	
South Of Taltal;30M	349911	7183770	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1135	
South Of Taltal, De Antofagasta, 375 M	349911	7183770	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 536	
South Of Taltal, Along Coast	349911	7183770	Friedrich Ritter FR 211	
South Of Taltal. Chile	349911	7183770	Graham Charles GC 135.02	
Sud Taltal, 70 M	349911	7183770	Ignazio Blando BIG 163	
Litoral Norte Tórtolas	343230	7179419	Faúndez L & Larraín B	2006
Las Breas, Taltal	358765	7178675	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 178	
Breas, 720 M	358765	7178675	Grzegorz Matuszewski GM 1556.1	
Lomajes Y Cumbres Sistema Tórtolas	336571	7177774	Faúndez L & Larraín B	2006
Lomajes Y Cumbres Sistema Tórtolas	336955	7175753	Faúndez, L.	2006
Quebrada Del Griton	343340	7175750	Benjy Oliver OLV 59	
El Gritòn, 310 M	343340	7175750	Ignazio Blando BIG 191	
Quebrada Del Gritón, South Of Taltal, 420M	343340	7175750	Paul Hoxey PH 667.01	
Lomajes Y Cumbres Sistema Tórtolas	336508	7175560	Faúndez L & Larraín B	2006
Punta San Pedro	337033	7175464	Faúndez L & Larraín B	2006
Quebrada A Punta Tórtolas	336926	7174714	Faúndez L & Larraín B	2006
Caleta Sn Pedro, Roqueríos Bajos, Exposición General Oeste	334584	7174662	Faúndez, L.	
Croisement Las Tortolas, 370M	337517	7172481	Alain Laroze, Philippe Corman, Marcel Jourdan, Nicolas Pointeau, Flavien Heriot RCPB 184.01	
Dir./Tortora/ Guaneras	337517	7172481	Roman Staník RS 1427	
Quebrada Del Griton	346248	7169663	Benjy Oliver OLV59	

Folio005020

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Los Zaniones	346308	7169595	Alain Laroze, Philippe Corman, Patrick Cazuguel, Georges Marchand RCP 33	
Quebrada Los Zanjones	346308	7169595	Baldur Cornely BC 10	
Sistema De Serranías Sur	336927	7167124	Faúndez L & Larraín B	2006
South Of Cifuncho High Beach 20M	346162	7165808	Alan William Craig AWC 692	
Cifunchos 20-300M	346162	7165808	Alfred Bernhard Lau L 817	
N. Cifuncho, 0 M	346162	7165808	Andrea Piombetti APT 724	
Cifuncho - Taltal Hugel A 5178	346162	7165808	Andreas Wessner AW 267	
Taltal, Cifuncho, Up Quebrada 75M	346162	7165808	Brian Francis Bates BB 1264.03	
Cifuncho	346162	7165808	Chris Sherrah CS 23	
Cifunchos 20-300M	346162	7165808	Dennis Sargant (plants collected by Alfred Bernhard Lau SH 817	
North Of Cifuncho	346162	7165808	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 155	
Cifuncho	346162	7165808	Frans Kühhas FK 24.8	
Taltal To Cifuncho	346162	7165808	Fred (Friedrich Kattermann FK 38	
Near Cifuncho, On Rocks On Coast	346162	7165808	Friedrich Ritter FR 528	1956
Cifuncho East To Las Breas	346162	7165808	Friedrich Ritter FR 529	
Road To Cifuncho. Chile	346162	7165808	Graham Charles GC 136.01	
Cifuncho, 400 Mm	346162	7165808	Grzegorz Matuszewski GM 1172	
Cifuncho	346162	7165808	Guillermo (Willy Smith WS 76	
Before Cifuncho, 78M	346162	7165808	HNS HNS 219	
Strada Taltal/Cifuncho	346162	7165808	Ignazio Blando BIG 36	
Cifuncho E 6Km	346162	7165808	Isabella, Carlo Doni D 14	
1Km Before Cifuncho	346162	7165808	Jan Novák JN 704	
Cifuncho	346162	7165808	Janeba Zlatko ZJ 145	
N. Cifuncho	346162	7165808	Jaromír Chvastek CH 77.1	
Cifuncho; 200M	346162	7165808	Karel Knize KK 1535	
Quebrada Cifuncho, 300 M	346162	7165808	Marco Giani MGi 23	
Cifuncho, 80 M	346162	7165808	Martin Tvrdik MT 06-008	
Road To Cifuncho, 380M	346162	7165808	Paul Hoxey PH 451.01	
Cifuncho	346162	7165808	Pavel Heřtus PHA 605	
Valley, Stony Terrain, Cifuncho, Chile 150M	346162	7165808	Petr Česal PC 143	

Folio005021

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Este De Cifuncho, 10 M	346162	7165808	Rodrigo Dacal Barlow RD 93	
Taltal To Cifuncho, Chile 220M	346162	7165808	Roger M. Ferryman RMF 153	
Taltal To Cifuncho;300M	346162	7165808	Tom Jenkins TJ 65	
Cifuncho, 59M	346162	7165808	Zvone Rovsek ZR 120	
Cifuncho, Caleta	336063	7162036	Ritter	
Chifuncho	334778	7161408	Roman Staník RS 1424	
Esmeralda To Cifuncho, Gorge	341444	7143390	Friedrich Ritter FR 1149	
Cifuncho-Tigrillos,200M	341444	7143390	Karel Knize KK 781	
North Of Planta Esmeralda, Cerro Hornillo	341333	7139971	Friedrich Ritter FR 1149	
Los Hornillos,500M	341333	7139971	Karel Knize KK 1861	
Quebrada Tigrillo, 450M	330642	7139691	Paul Hoxey PH 453.02	
Esmeralda, Chañaral; 300M	335238	7132806	Karel Knize KK 658	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Esta especie fue registrada en las parcelas de muestreo, presentando una abundancia de 6 ± 2,83 individuos por parcela de 12 metros de diámetro. Usando grillas de 200 x 200 metros, se calcula una abundancia de 2.123 individuos por grilla. Debido a que se detectó la presencia de esta especie en 11 grillas, se estima un total de 23.355 individuos en 440.000 m^2.

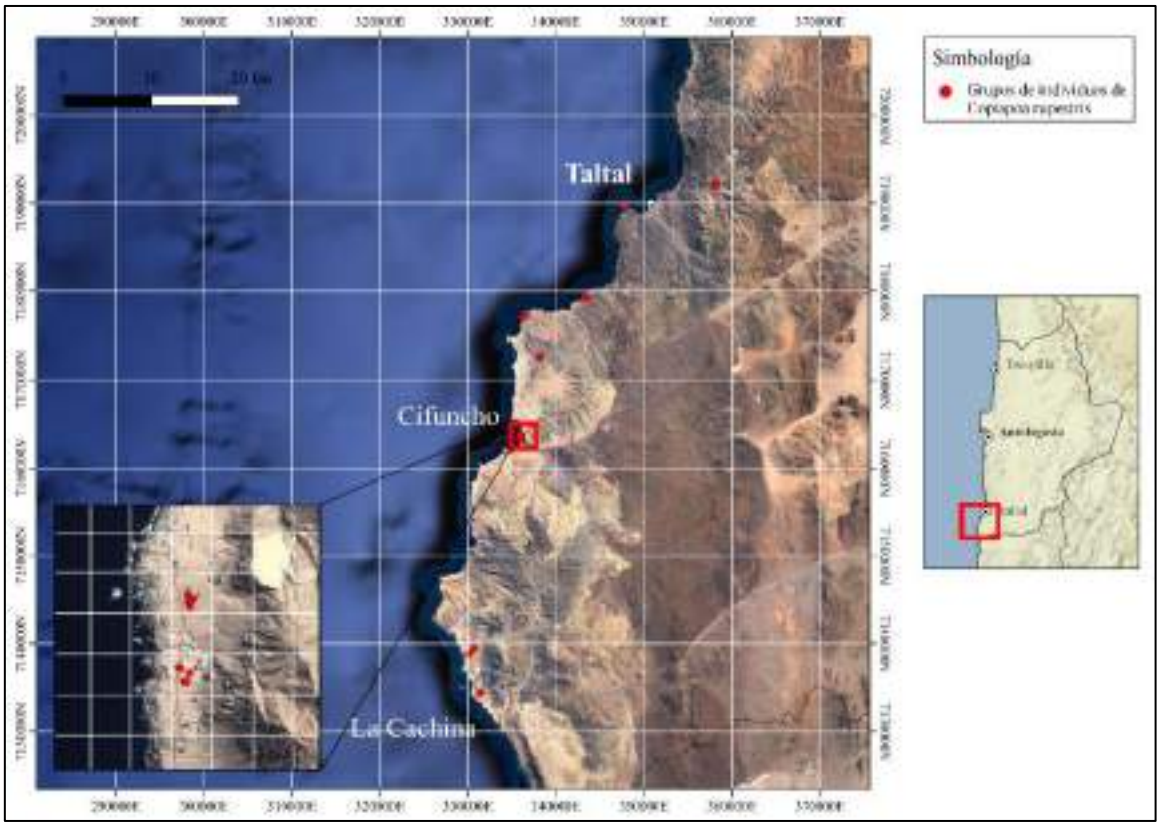


Figura 314. Distribución de presencias de *Copiapoa rupestris*.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 315.

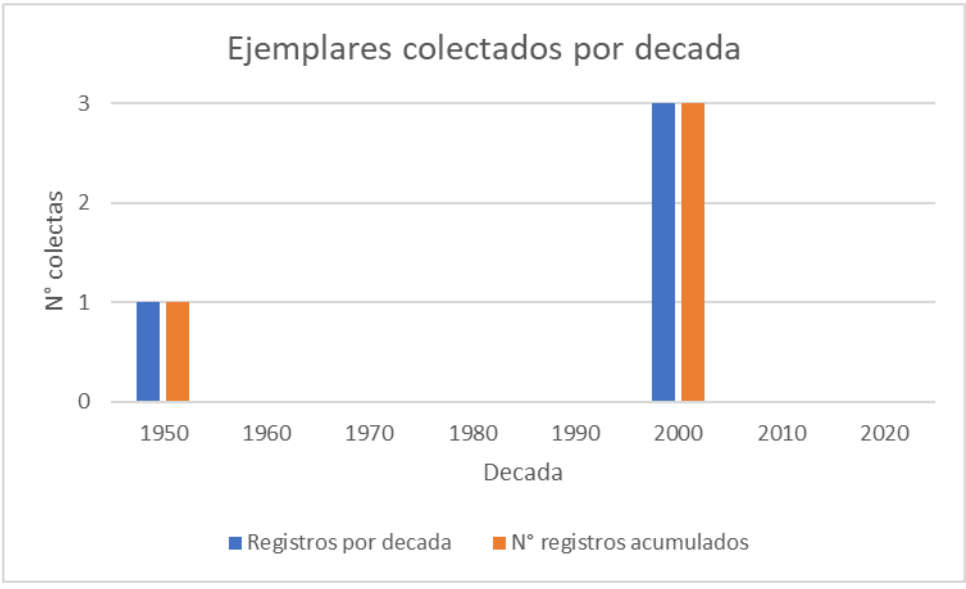


Figura 315. Registros de *Copiapoa rupestris* realizados a través del tiempo.

Folio005023

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 316.

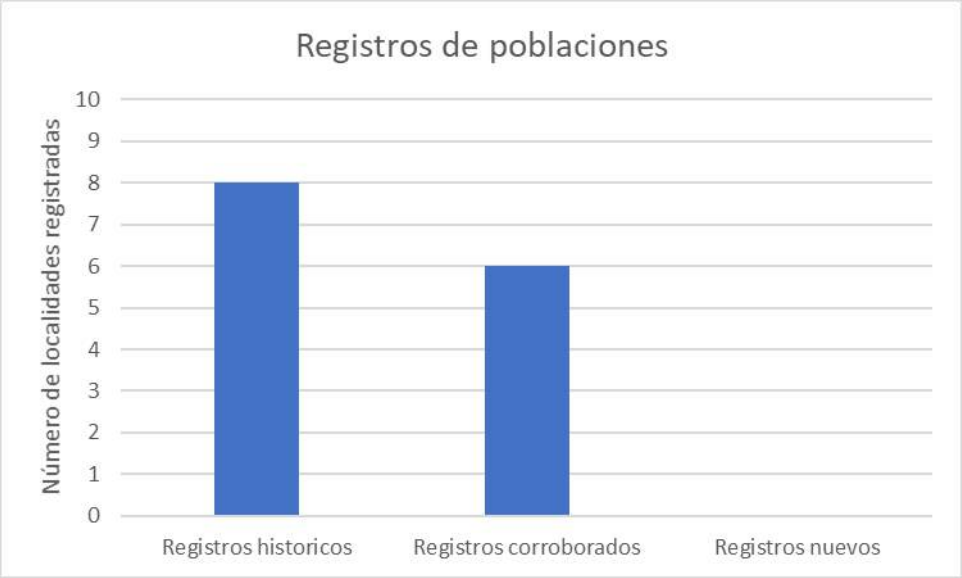


Figura 316. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa rupestris*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 69.77, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 3.23, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio005024

78.- *Copiapoa taltalensis* (Werderm.) Looser

Ranking IPM				**97**
Especie	***Copiapoa taltalensis*** (Werderm.) Looser			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**	
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades		Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**2**	

Esta especie, distinta a la *Copiapoa taltalensis* Ritter, es lo que F. Ritter denomina como *Copiapoa hornilloensis*. A pesar de que se indican varios registros para esta especie, algunos especialistas en el grupo han indicado que podría existir confusión con *C. rupestris*, siendo la verdadera C. taltalensis endémica del Cerro Hornillos. En este informe, se considerarán los registros indicados por Biota (2018) para diagnosticar esta especie. *Copiapoa taltalensis* (Werderm.) Looser se encuentra en categoría "En Peligro" según el DS 19/2012 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre Taltal y Esmeralda. Se ha registrado en la Quebrada San Ramón, Punta Taltal, Estación Breas, El Gritón, Las Tórtolas, Cifuncho, Jacinto Diaz, Cerro Hornillos, Caleta Tigrillos, Las Lozas y La Cachina.

Cuadro 109. Localidades de presencia de *Copiapoa taltalensis*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
North Of Taltal 250M	355960.7367	7206772.585	Graham Charles GC 730.05	
Taltal Norte, 0-100 M	355960.7367	7206772.585	Rodrigo Dacal Barlow RD 31	

Folio005025

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Agua De Cascabeles, 560-780M	355689.8894	7202911.228	Paul Hoxey PH 663.03	
Taltal, Quebrada San Ramon	356136.9601	7191576.989	Giovanna Anceschi, Alberto Magli A&M 47	
Quebrada San Ramon, Taltal	356136.9601	7191576.989	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 175	
Quebrada San Ramon	356136.9601	7191576.989	Graham Charles GC 131.03	
Quebrada San Ramon, 205M	356136.9601	7191576.989	HNS HNS 221	
Quebrada San Ramon, 246 M	356136.9601	7191576.989	Jan Novák JN 1308	
Quebrada San Ramon, 100-300 M	356136.9601	7191576.989	Marco Giani MGi 22.4	
Quebrada San Ramon, 246 M	356136.9601	7191576.989	Martin Švidrnoch SV 80	
Quebrada San Ramon, Taltal	356136.9601	7191576.989	Roman Staník RS 1948	
Punta Taltal, 50 M	347775.0562	7189895.852	Marco Giani MGi 19	
Taltal, 750 Mm	350742.9976	7188004.161	Grzegorz Matuszewski GM 1187.1	
Sud Ovest Taltal, Punta Negra, 120 M	346709.9839	7186394.021	Marco Giani MGi 76.2	
South Of Taltal	349911.7406	7183770.679	Graham Charles GC 731.02	
South Of Taltal Along Coast, 70-160M	349911.7406	7183770.679	Paul Hoxey PH 260.01	
Qda. El Bronce	346818.0777	7182956.258	Jaromír Chvastek CH 81.1	
Las Breas	358765.1708	7178675.942	Ignazio Blando BIG 152.01	
Las Breas	358765.1708	7178675.942	Jaromír Chvastek CH 80	
Estación Breas, 750-880M	358765.1708	7178675.942	Paul Hoxey PH 259.01	

Folio005026

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
El Griton S. Taltal	343340.4702	7175750.528	Andrea Piombetti APT 722	
Las Tortolas, 370 M	337517.4941	7172481.604	Ignazio Blando BIG 118.01	
Cifuncho, Coastal Mountain	346162.2286	7165808.641	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 29	
East Cifuncho	346162.2286	7165808.641	Fred (Friedrich Kattermann FK 1087	
Cifuncho. Chile	346162.2286	7165808.641	Graham Charles GC 137.01	
Nord Cifuncho	346162.2286	7165808.641	Ignazio Blando BIG 150	
Cifuncho	346162.2286	7165808.641	Jaromír Chvastek CH 77	
Cifuncho; 100M	346162.2286	7165808.641	Karel Knize KK 195	
Chifuncho	334778.7326	7161408.823	Roman Staník RS 1482	
Jacinto Diaz, 350 M	342956.5295	7143683.357	Ignazio Blando BIG 165	
Monte Hornillo Strada Per Esmeralda Il Cerro A Dx	341333.7369	7139971.511	Ignazio Blando BIG 123	
Nord Cerro Hornillo, 650 M	341333.7369	7139971.511	Marco Giani MGi 84.1	
Cerro Hornillo, N. Esmeralda, 700 M	341333.7369	7139971.511	Andrea Piombetti APT 591	
Caleta Tigrillo	330642.888	7139691.97	Ignazio Blando BIG 124	
Tigrillo Alt. 250 Mts.	330642.888	7139691.97	Jaromír Chvastek CH 87	
Caleta Tigrillo, 40 M	330642.888	7139691.97	Marco Giani MGi 80.3	
Quebrada Tigrillo, 450M	330642.888	7139691.97	Paul Hoxey PH 453.01	
E. Tigrillo	330642.888	7139691.97	Andrea Piombetti APT 590	
Guanillos, 430 M	334581.4222	7135048.409	Grzegorz Matuszewski GM 1559	

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Cachina, Near Placilla Esmeralda	336191.0179	7133133.006	Friedrich Ritter FR 526	
Q.Cachina Strada X Esmeralda	336191.0179	7133133.006	Ignazio Blando BIG 122	
Quebrada De La Cachina, 500 M	336191.0179	7133133.006	Marco Giani MGi 26.1	
East Of Esmeralda	335238.4657	7132806.226	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 256	
East Of Esmeralda	335238.4657	7132806.226	Friedrich Ritter FR 526	1953
Esmeralda, 260 M	335238.4657	7132806.226	Grzegorz Matuszewski GM 1452.2	

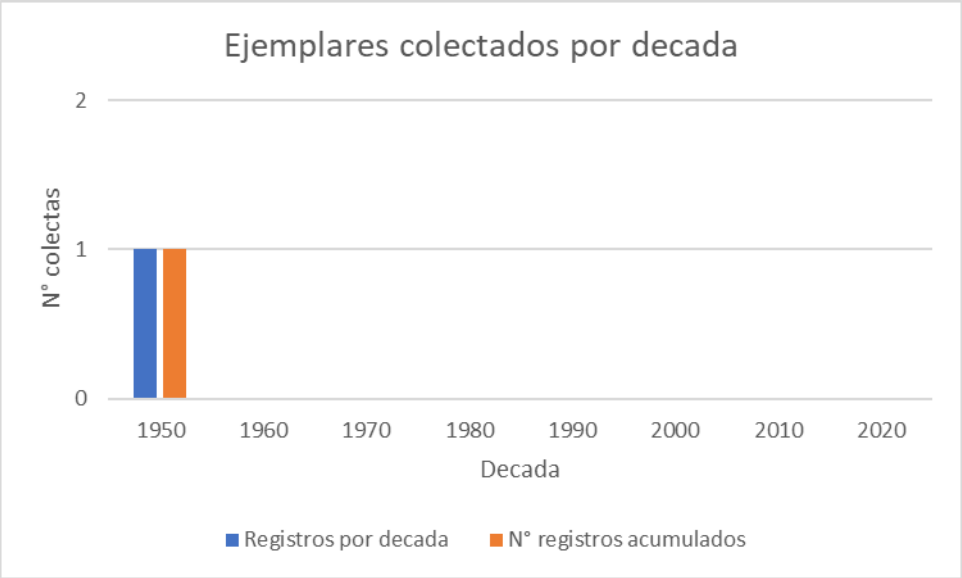
Fuente: Biota (2018).

- Abundancia

Debido a que no fue posible observar esta especie en terreno, no se pudo calcular su abundancia.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 317.



Folio005028

Figura 317. Registros de *Copiapoa taltalensis* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 318.

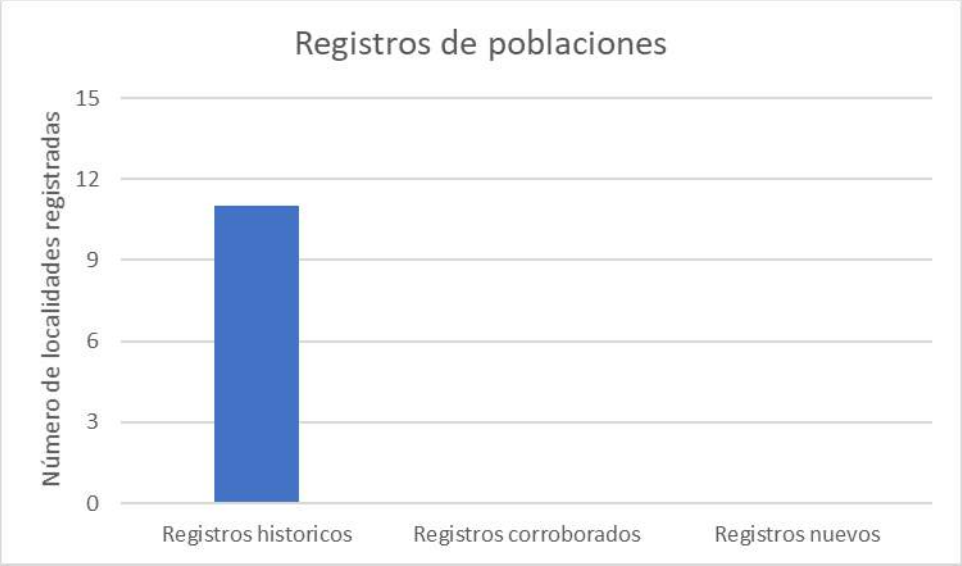


Figura 318. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa taltalensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 319 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que las mayores amenazas fueron obras civiles y actividades productivas a pequeña escala.

Folio005029

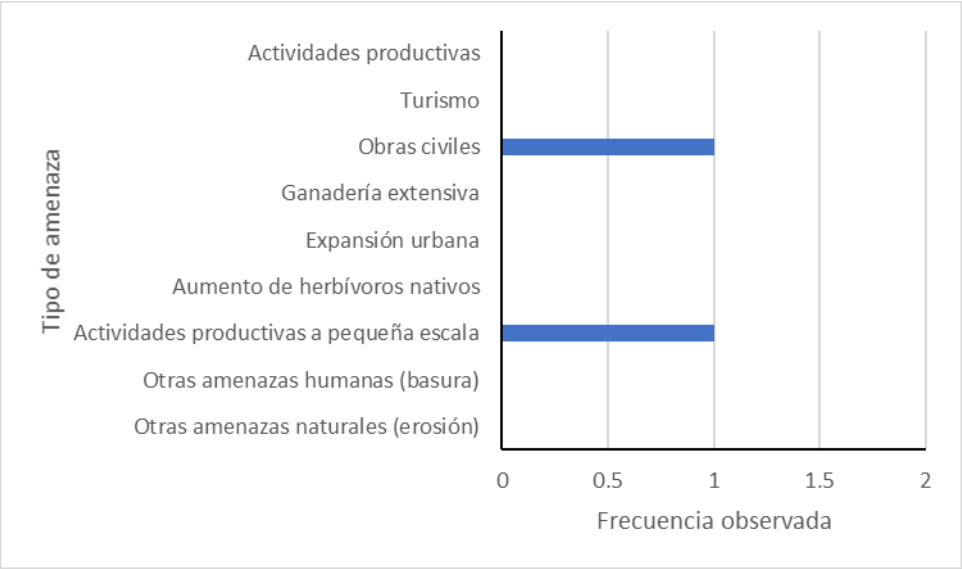


Figura 319. Amenazas registradas para *Copiapoa taltalensis*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 52.65, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 1.16, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie se encuentra conservada en el BBS por dos accesiones (BB1101 y Walter 441), provenientes de la Quebrada Las Tórtolas y la Quebrada Tigrillos.

Folio005030

79.- *Copiapoa humilis* subsp. *humilis* (Phil.) Hutchison

Ranking IPM			**99**
Especie	***Copiapoa humilis* subsp. *humilis*** (Phil.) Hutchison		
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**4.408.644**	Superficie estimada (m^2)	**376.875.220**
Número de localidades	**13**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa de la estación más seca**
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Obras civiles y actividades productivas a pequeña escala**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Distribución

Folio005031

Esta especie se encuentra en categoría de conservación “Vulnerable” según el DS 19/2012 MMA.

- Presencia

La subespecie *humilis* de *C. humilis* se encuentra entre Blanco Encalada y la Quebrada Cascabeles. Se ha registrado en Blanco Encalada, Miguel Díaz, Quebrada La Plata, Aguada El Panul, El Rincón, Cerro Yumbes, Paposo, Quebrada Peralito, Bandurrias, Quebrada Matancilla, Cachinales, Quebrada Oliva y Quebrada Cascabeles.

Cuadro 110. Localidades de presencia de *Copiapoa humilis* subsp. *humilis.*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Blanco Encalada	436895.3621	7434206.23	Friedrich Ritter FR 464	
Miguel Díaz	343259	7285287	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	343178	7285226	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	343224	7285220	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 68	2010
Miguel Díaz	342960	7285010	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	342025	7284487	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 65	2010
Miguel Díaz	342258	7284037	Faúndez, L. & Larraín, B.	
South Of Punta Dos Reyes	341693	7282367	Dillon, M. O. 5905	
Quebrada Plata 0-300 M, Exposición Nor-Oeste, Posición De Lecho Quebrada	344998	7266766	Gutierrez, G.	
Quebrada Plata 0-300 M, Exposición Nor-Oeste, Posición De Lecho Quebrada	342311	7265318	Gutierrez, G.	
Ag. Panul	345245	7258855	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Ag. Panul	346580	7258441	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ag. Panul	346482	7258376	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ag. Panul	346060	7258121	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ag. Panul	346059	7258042	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ag. Panul	345690	7257969	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ag. Panul	345567	7257919	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ag. Panul	345466	7257901	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Sierra Panul 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	346227	7257809	Gutierrez, G.	
Ladera Exp. Sur-Oeste	345485	7257756	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005

Folio005032

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
22Km North Of Paposo	346295.2867	7252908.285	Friedrich Ritter FR 464	
Quebrada El Rincón (Inv_6)	350434	7243823	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Quebrada El Rincón (Inv_5)	350469	7243218	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Quebrada El Rincón (Inv_4)	350287	7242752	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Cono Deyección Exp. Oeste	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Quebrada El Rincón (Inv_3)	350211	7242606	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Cono Deyección Exp. Oeste	348756	7241950	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Sector Rinconada 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	350045	7241717	Gutierrez, G.	
Quebrada El Rincón (Inv_3)	349354	7241052	Faúndez, L.	
10Km North Of Paposo	349354	7241052	Fred (Friedrich Kattermann FK 35	
Qebrada Yumbes 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	354984	7236723	Gutierrez, G.	
Quebrada Yumbes 300-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354269	7234961	Gutierrez, G.	
Quebrada Yumbes 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	353255	7234744	Gutierrez, G.	
Yumbes, Quebrada	353253	7234500	Girón et al	2016
Above Paposo 700M	351988.2917	7234251.52	Alan William Craig AWC 465	
Yumbes, Quebrada	353636	7234266	Girón et al	2016
Taltal, 6 Km E De Paposo	355347	7234250	Eggli, U. & Leuenberger B. E. 2655	1994
Yumbes, Quebrada	353824	7234105	Girón et al	2016
Yumbes, Quebrada	354794	7234090	Girón et al	2016
Yumbes, Quebrada	354605	7233965	Girón et al	2016
Yumbes, Quebrada	354675	7233958	Girón et al	2016
S/L	352432	7233398	Philippi, R. A.	
Paposo, Localidad Rural	352432	7233398	Philippi, R. A.	1853
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	

Folio005033

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Paposo	352134.4179	7233218.887	Frans Kühhas FK 46.836	
Paposo	352134.4179	7233218.887	Aymeric de Barmon AdB 2.44	
Taltal, 6 Km E De Paposo	355581	7232978	Eggli, U. & Leuenberger B. E. 2655	
Paposo, Cerro Mirador	354113	7232827	Sin información	
Paposo, Cerro Mirador	354105	7232664	Sin información	2007
4Km East Of Paposo	355084	7232637	Alan William Craig AWC 85	
Este De Paposo	354085	7232295	Sin información	2005
Quebrada Matancilla 100M	360757.8063	7232091.829	Alan William Craig AWC 704	
Quebrada Peralito	354304	7231857	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 33	2010
Quebrada Paposo (Perales) 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354740	7231507	Gutierrez, G.	
Quebrada Peralito	357083	7231375	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 33	
Cuesta De Paposo	357083	7231375	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 271	
Guanillo, Quebrada	351929	7231205	Philippi, R. A.	
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354907	7231108	Gutierrez, G.	
Quebrada Algarrobo 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354147	7230900	Gutierrez, G.	
Quebrada Algarrobo 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354062	7230886	Gutierrez, G.	
Quebrada La Totorita 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353551	7230566	Gutierrez, G.	
Ladera Exp. Norte	353695	7230556	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Quebrada La Totorita 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353723	7230200	Gutierrez, G.	
Bandurrias, Norte De Paposo	350387.6829	7226849.315	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 267	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352928	7223821	Gutierrez, G.	

Folio005034

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352219	7223683	Gutierrez, G.	
Matancilla, Quebrada	355871	7223277	BIOTA LTDA.	2017
Matancilla, Quebrada	355478	7223213	BIOTA LTDA.	2017
El Cura 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352920	7223130	Gutierrez, G.	
Cono Deyección	352631	7223040	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Matancillas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355068	7222817	Gutierrez, G.	
El Cura 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	352126	7222629	Gutierrez, G.	
Matancilla, Quebrada	354835	7222646	BIOTA LTDA.	2017
Ladera Exp. Sur	353904	7222415	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Quebrada Exp. Oeste	353511	7222231	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Matancilla, Quebrada	354090	7222206	BIOTA LTDA.	2017
Ladera Exp. Norte	353770	7221964	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Matancilla, Quebrada	353590	7221927	BIOTA LTDA.	2017
Ladera Exp. Norte	353359	7221780	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Matancillas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353106	7221586	Gutierrez, G.	
La Oveja 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354528	7220526	Gutierrez, G.	
La Oveja 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	354291	7220261	Gutierrez, G.	
La Oveja 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	354062	7219934	Gutierrez, G.	
Potrerillos 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	355897	7219542	Gutierrez, G.	
Potrerillos 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355858	7219524	Gutierrez, G.	
Potrerillos 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	354565	7219330	Gutierrez, G.	
Cachinales 0-300 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Cono Aluvial	355320	7217163	Gutierrez, G.	
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355997	7217034	Gutierrez, G.	
Cachinales, Beach	355193.8926	7216952.931	Baldur Cornely BC 15	

Folio005035

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cachinales- Paposo/ Roquerio (Inv_18)	354976	7216844	Faúndez, L.	
Bandurrias 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	358016	7212044	Gutierrez, G.	
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357543	7210943	Gutierrez, G.	
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	356241	7210689	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Taltal, 21 Km N De Taltal A Paposo	355627.4473	7208445.232	EGGLI & LEUENBERGER 2663	
24Km North Of Taltal	355960.7367	7206772.585	Alan William Craig AWC 260	
Taltal, Quebradaoliva S	354008.2414	7202893.164	Isabella, Carlo Doni D 173	
North Of Taltal, Quebrada Cascabeles	355689.8894	7202911.228	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 93	

Fuente: Biota (2018)

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Copiapoa humilis* subsp. *humilis* (Figura 320), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.998. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la estación más seca (Figura 321), la cual en la presencia de esta especie corresponde al verano en los sitios bajo los 400 msnm, mientras que en los sitios sobre los 600 msnm es en invierno. Se observa que la probabilidad de presencia de *Copiapoa humilis* subsp. *humilis* es cercana al 95% en lugares en que la humedad relativa en la estación más seca es superior a 85%.

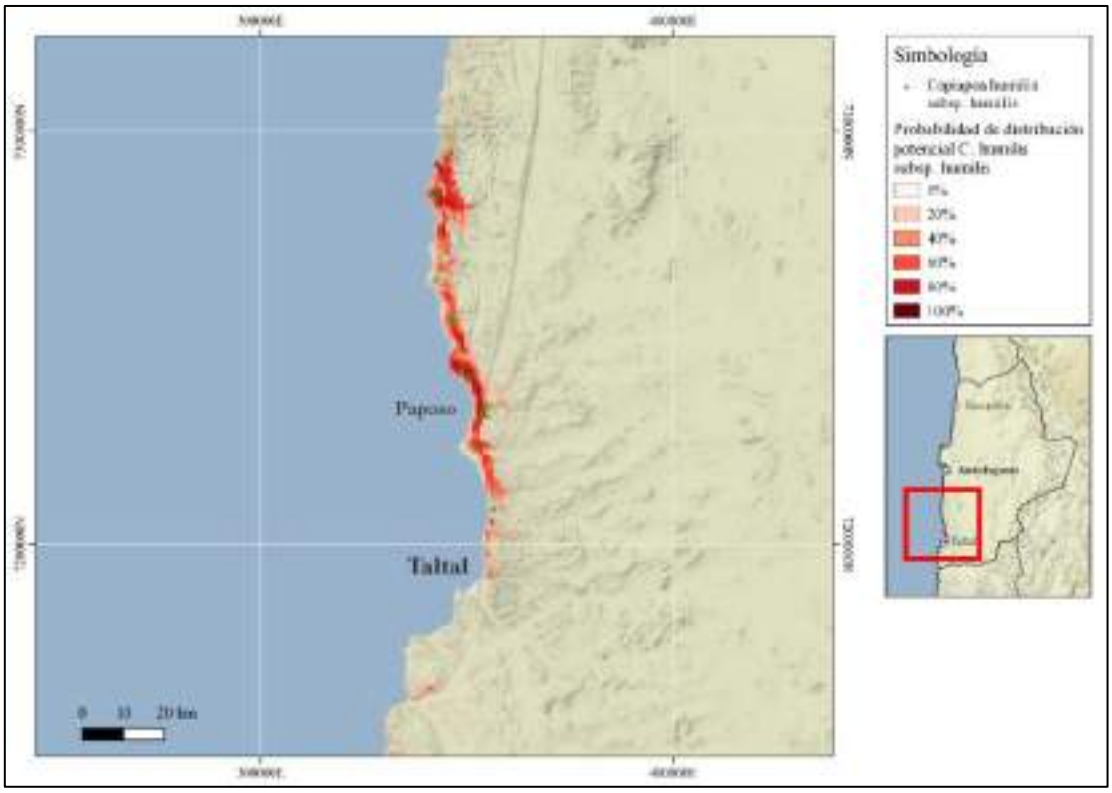


Figura 320. Modelación de nicho obtenida para *Copiapoa humilis* subsp. *humilis*.

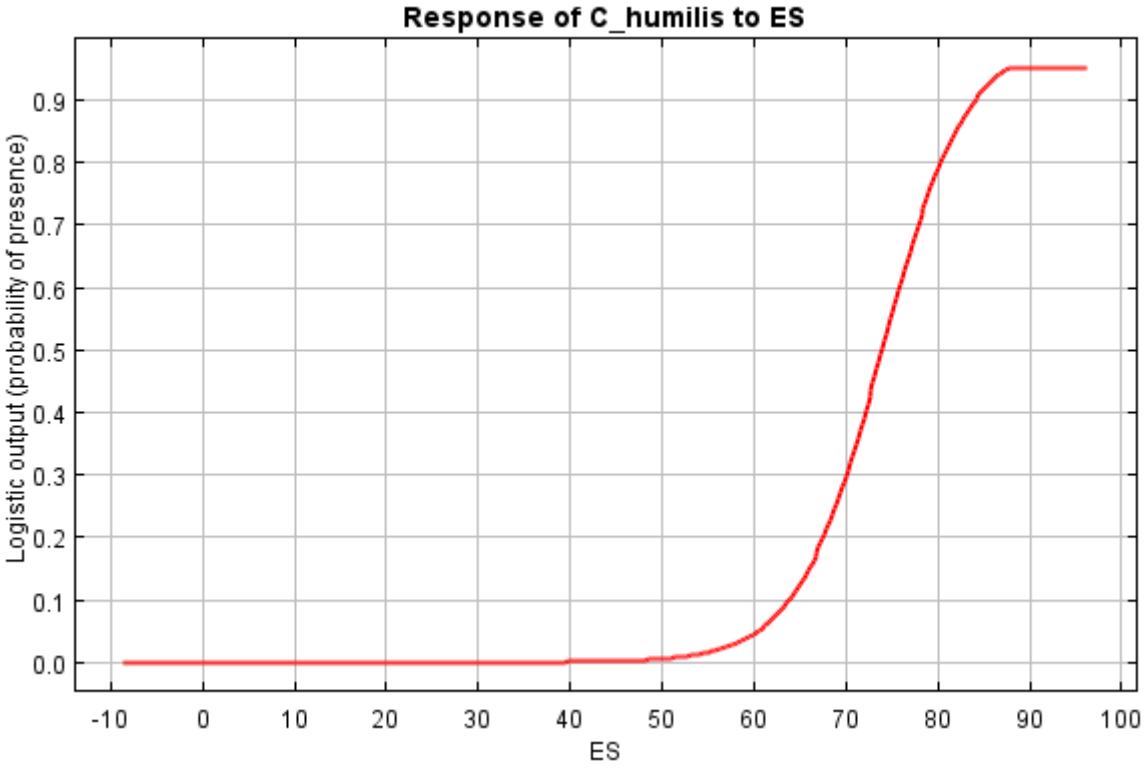


Figura 321. Respuesta de *C. humilis* subsp. *humilis* a la variable ES, correspondiente a la humedad relativa durante la estación más seca.

Folio005037

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 3,5 ± 0,71 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.378 (p = 9.187E-11). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 376.875.220 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 4.408.644 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 322.

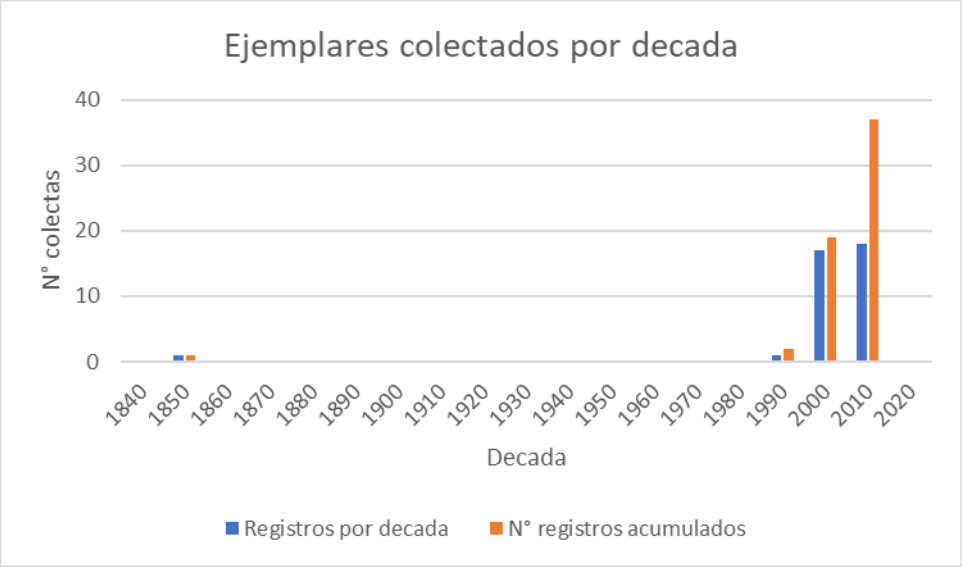


Figura 322. Registros de *Copiapoa humilis* subsp. *humilis* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 323.

Folio005038

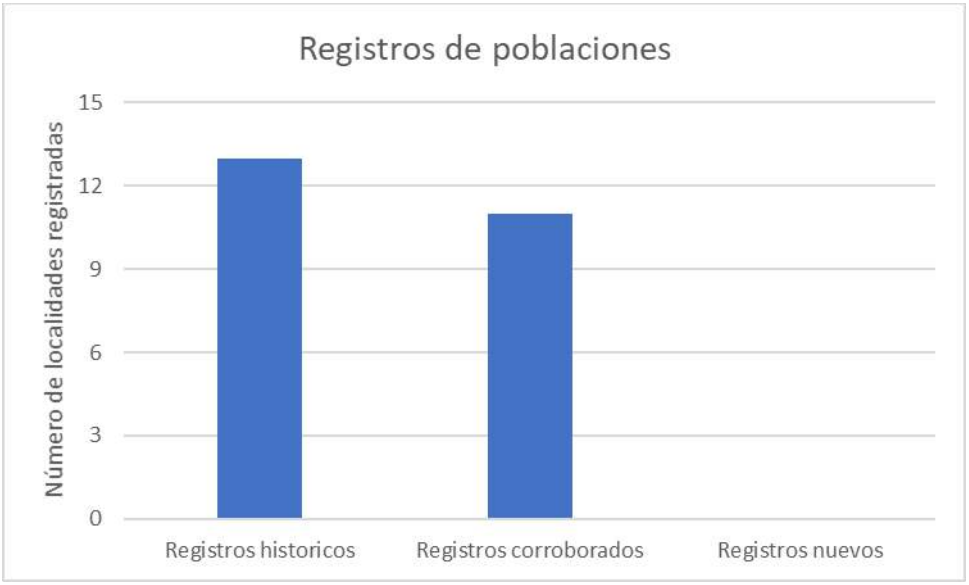


Figura 323. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa humilis* subsp. *humilis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 65.37, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.64, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de este taxón (Walter 237), proveniente del este de Paposo.

Folio005039

80.- *Eriosyce rodentiophila* F. Ritter

Ranking IPM			**100**
Especie	***Eriosyce rodentiophila*** F. Ritter		Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**265.258**	Superficie estimada (m^2)	**10.000.000**
Número de localidades	**6**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio005040

Esta especie se encuentra en categoría de conservación “Vulnerable” según el DS 33/2011 MMA.

- Presencia

E. rodentiophila se encuentra entre Matancillas y Chañaral. Se ha registrado en las localidades de Matancilla, Estación Breas, Cifuncho, Esmeralda, Pan de Azúcar y Chañaral.

Cuadro 111. Localidades de presencia de *Eriosyce rodentiophila*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Matancillas 800-1000 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	358464.3836	7223297.022	Gutierrez, G.	
Matancillas 800-1000 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353359	7221780	Gutierrez, G.	
Breas, Taltal; 500M	358765.1708	7178675.942	Karel Knize KK 1235	
Breas, Las Localidad Rural	358635	7177952	Ritter	
Cifuncho; 200M	346162.2286	7165808.641	Karel Knize KK 600	
Esmeralda; 200M	335238.4657	7132806.226	Karel Knize KK 1451	
Sitio E. Redentiophila, Al N-W De Chinchilume (Inv_10)	334797	7107841	Faúndez, L.	2003
Interior P.N. Pan De Azucar	334797	7107841	Ritter	1954
Parque Nacional Pan De Azúcar, Fuera Oasis De Neblina	334797	7107841	Rundel	
Chañaral; 300M	337937.0822	7084986.647	Karel Knize KK 1237	

Fuente: Biota (2018).

- Abundancia

Esta especie fue registrada en una parcela de muestreo, donde presentó 3 individuos por parcela de 12 m de diámetro. Debido a que se encontraron individuos por población en una superficie de 1000 x 1000 m, se consideraron grillas de este tamaño. De acuerdo a lo visto en terreno y los registros de literatura, se obtiene que la especie se encuentra presente en 10 grillas. Por lo tanto, se estima que existen 265.258 individuos en una superficie total de 10.000.000 m^2.

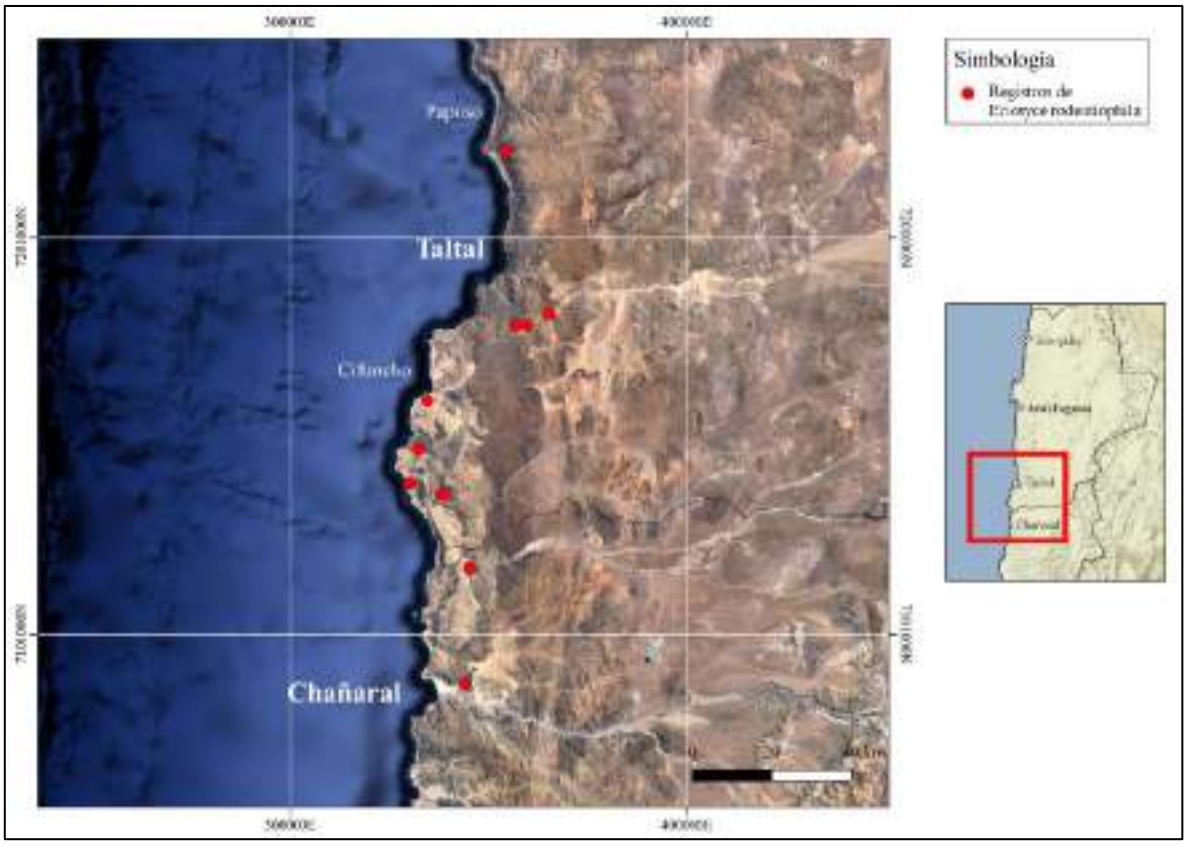
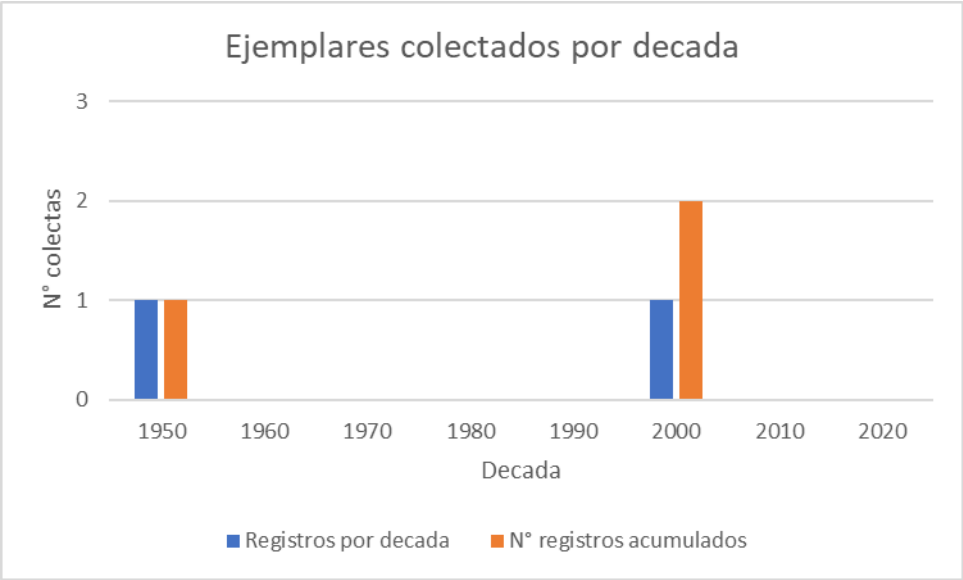


Figura 324. Distribución de presencias de *Eriosyce rodentiophila*.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 325.



Folio005042

Figura 325. Registros de *Eriosyce rodentiophila* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 326.

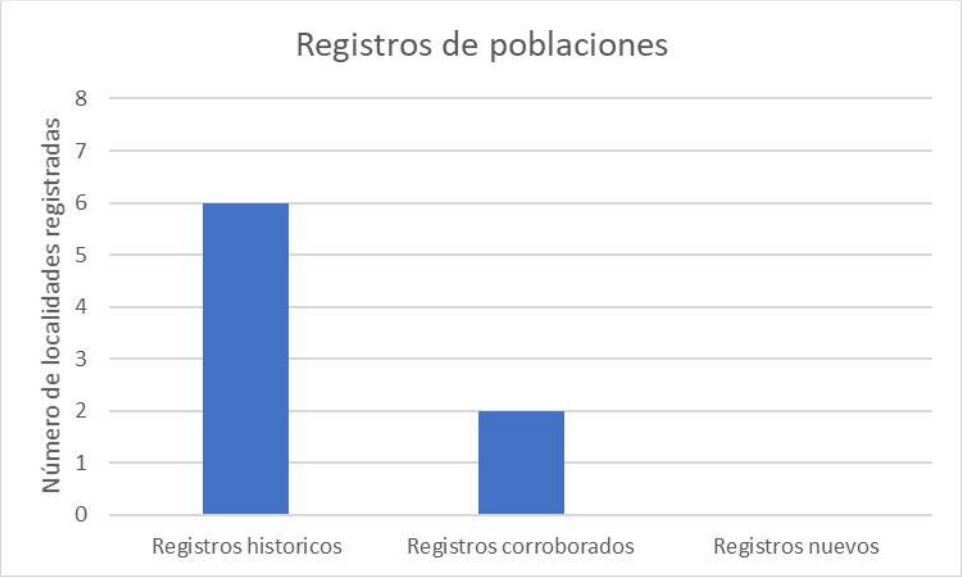


Figura 326. Corroboración de registros en el área de estudio de *Eriosyce rodentiophila*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 53.3, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 2.25, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio005043

81.- *Eriosyce occulta* Katt.

Ranking IPM				**101**
Especie	***Eriosyce occulta*** Katt.			Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**	
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades	**4**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

E. occulta se encuentra en categoría de conservación “En Peligro” según el DS 33/2011 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra restringida a los alrededores de Taltal, habiéndose colectado en Quebrada Taltal, Cerro El Plomo, Cachita y Punta San Pedro.

Cuadro 112. Localidades de presencia de *Eriosyce occulta*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Taltal; 300M	350742	7188004	Karel Knize KK 193	
Antofagasta: Cerro Plomo, Al S De Taltal	349159	7186220	EGGLI 2923	
Cachita, Taltal, East Of,	356460	7184938	Friedrich Ritter FR 267	1953
Taltal, South Of; 250M	349911	7183770	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1218a	
Taltal, South Of, High	349911	7183770	Friedrich Ritter FR 267b	
Lomajes Y Serranías Cuenca San Pedro	337075	7175261	Faúndez L & Larraín B	2006

Fuente: Biota (2018)

- Distribución potencial

Folio005044

Debido a que presenta menos de 10 localidades, no es posible calcular la distribución potencial.

- Abundancia

Debido a que esta especie no pudo ser encontrada en terreno, no se pudo calcular su abundancia. Es probable que debido al carácter geófito de esta especie, los individuos hayan estado enterrados durante las fechas de campaña a terreno. Sin embargo, fue posible encontrar sólo un individuo muerto de una especie de cactus que probablemente pertenece a esta especie en un sitio parcelado en la Quebrada de Taltal.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 327.

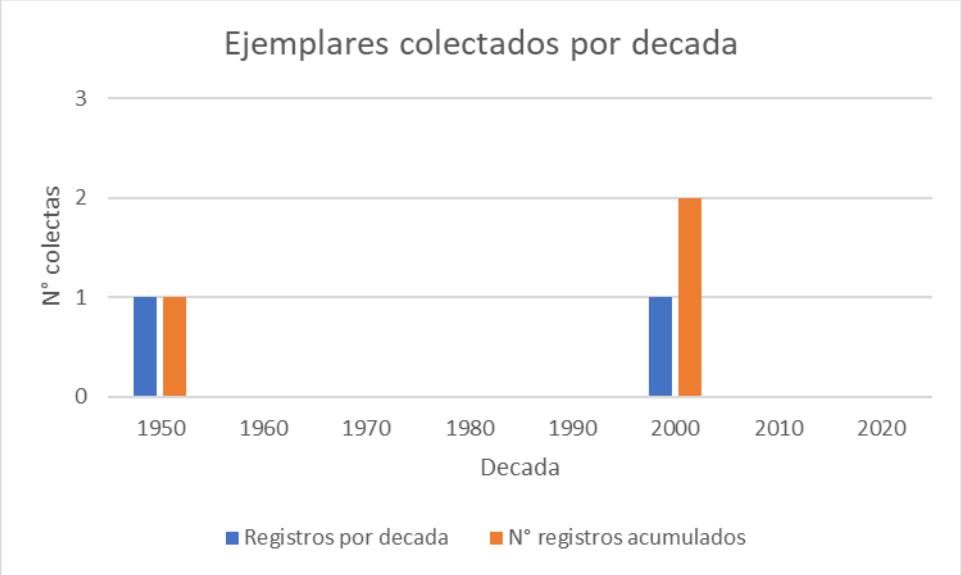


Figura 327. Registros de *Eriosyce occulta* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 328.

Folio005045

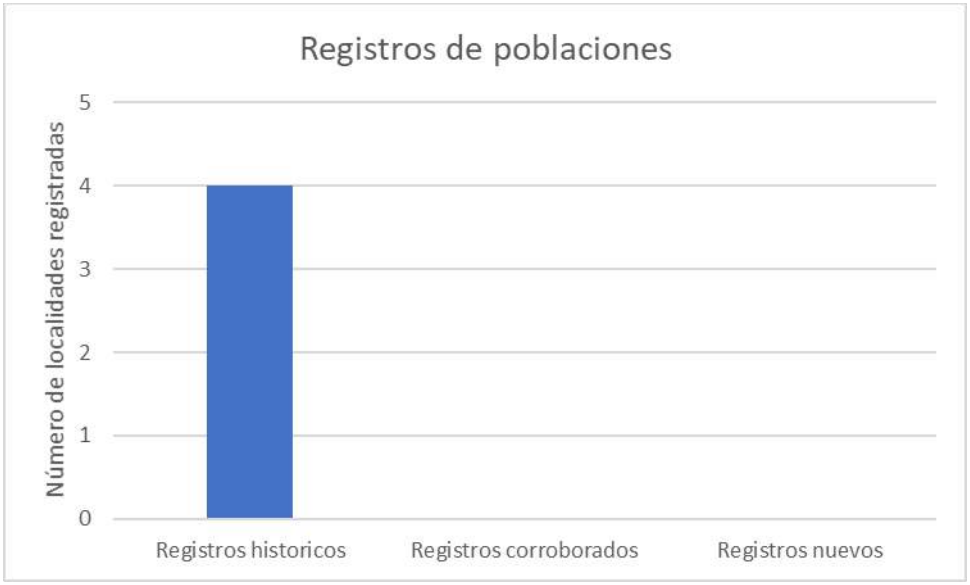


Figura 328. Corroboración de registros en el área de estudio de *Eriosyce occulta*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 98.38, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 2.6, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio005046

82.- *Leucostele deserticola* (Werderm.) Schlumpb.

Ranking IPM			**112**
Especie	***Leucostele deserticola*** (Werderm.) Schlumpb.		
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**5.247.953**	Superficie estimada (m^2)	**957.305.731**
Número de localidades	**23**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa de la estación más seca**
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva**	Tendencia de la especie	**Aumentando**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Distribución

Actualmente, el género *Trichocereus* se considera como parte de *Leucostele*, por lo que se tratará a esta especie bajo ese nombre. De manera adicional, *Leucostele desertícola* tiene una taxonomía compleja, ya que su similitud con otras del género la ha llevado a pasar por varias circunscripciones nomenclaturales. En este trabajo, se considerará bajo este nombre el criterio usado por Ritter (1980) para *Trichocereus deserticola* (Werderm.) Looser y para *Trichocereus fulvilanus* Ritter. Esta especie se encuentra clasificada como "Vulnerable" según el DS 19/2012 MMA, aunque este criterio considera a esta especie con un rango desde la Región de Atacama a la de Coquimbo, por lo que esta circunscripción debiese ser revisada.

- Presencia

L. deserticola se encuentra entre Miguel Díaz (Región de Antofagasta) y Huasco (Región de Atacama). Se ha registrado en Miguel Díaz, Quebrada La Plata, El Panul, El Médano, El Rincón, Cerro Yumbes, Cerro Mirador, Paposo, Peralito, Matancilla, La Oveja, Anchuña, Hueso Parado, Cerro Perales, El Gritón, Quebrada Tigrillo, Las Lozas, Esmeralda, Las Lomitas, Falda Verde, Quebrada El León, Quebrada Matamoros y Huasco Bajo.

Cuadro 113. Localidades de presencia de *Leucostele deserticola*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Miguel Díaz	343448	7285188	INIA	2020
Quebrada La Plata	344724	7267010	INIA	2019
Alto Panul	346447	7255399	INIA	2021
El Médano	346437	7253118	INIA	2020
El Rincón	348940	7242241	INIA	2019
Quebrada La Sepultura	348905	7242037	INIA	2020
Las Tortolas del Rincón	350999	7241559	INIA	2020
Yumbes, Quebrada	353078	7234781	Girón et al	2016
Yumbes, Quebrada	353636	7234266	Girón et al	2016
Paposo; 200M	351988	7234251	Karel Knize KK 1093	
Cerro Yumbes	354369	7233854	INIA	2020
Cerro Mirador	353615	7233316	INIA	2021
6 Km E Of (Above) Paposo On Road Connecting To The Panamericana	355007	7232499	U. Eggli and B. Leuenberger 2653	1994
Quebrada Peralito	355692	7230280	INIA	2020
Matancilla, Quebrada	355332	7222994	BIOTA LTDA.	2017
Quebrada La Oveja	354291	7220200	INIA	2020
Quebrada de Anchuña	356701	7208392	INIA	2020

Folio005048

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
21 Km N Of Taltal Towards Paposo, C. 1 Km Inland Into Qda. Hueso Parado, Somewhat To The N Of Punta Agua Dulce	356636	7208271	U. Eggli and B. Leuenberger 2664	1994
Cerro Perales Immediately E Of Taltal	357139	7187230	U. Eggli 2915	1997
Cerro Perales	356624	7186992	INIA	2020
Taltal	-	-	Taltal	1925
Laderas Cerros El Gritón-Portillo	346570	7175031	Faúndez L & Larraín B	2006
Quebrada Tigrillo	335134	7143345	INIA	2020
Quebrada Lateral A Quebrada Guanillos	334716	7135338	Faúndez L & Larraín B	2006
Quebrada Guanillos (Las Lozas):Parte Baja	333718	7135091	Faúndez L & Larraín B	2006
Caleta Esmeralda	335038	7135039	INIA	2019
Qda. Huanillos	335585	7127742	S. Albesiano et al. 2055	2008
Las Lomitas Parque Nacional Pan De Azúcar	338644	7125151	S. Albesiano et al. 2058	2008
Falda Verde	336486	7091133	U. Eggli 2888	1997
Qda. León	327083	7019727	S. Albesiano et al. 2060	2008
Qda. Matamoros	294667	6912494	S. Albesiano et al. 2061	2008
11 Km N Of Huasco Bajo	285778	6857680	U. Eggli and B.E. Leuenberger 2999	1997

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Leucostele deserticola* (Figura 329), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.997. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la estación más seca (Figura 330), la cual en la presencia de esta especie corresponde al verano en los sitios bajo los 400 msnm, mientras que en los sitios sobre los 600 msnm es en invierno. Se observa que la probabilidad de presencia de *Leucostele deserticola* es superior al 90% en lugares en que la humedad relativa en la estación más seca es superior a 80%.

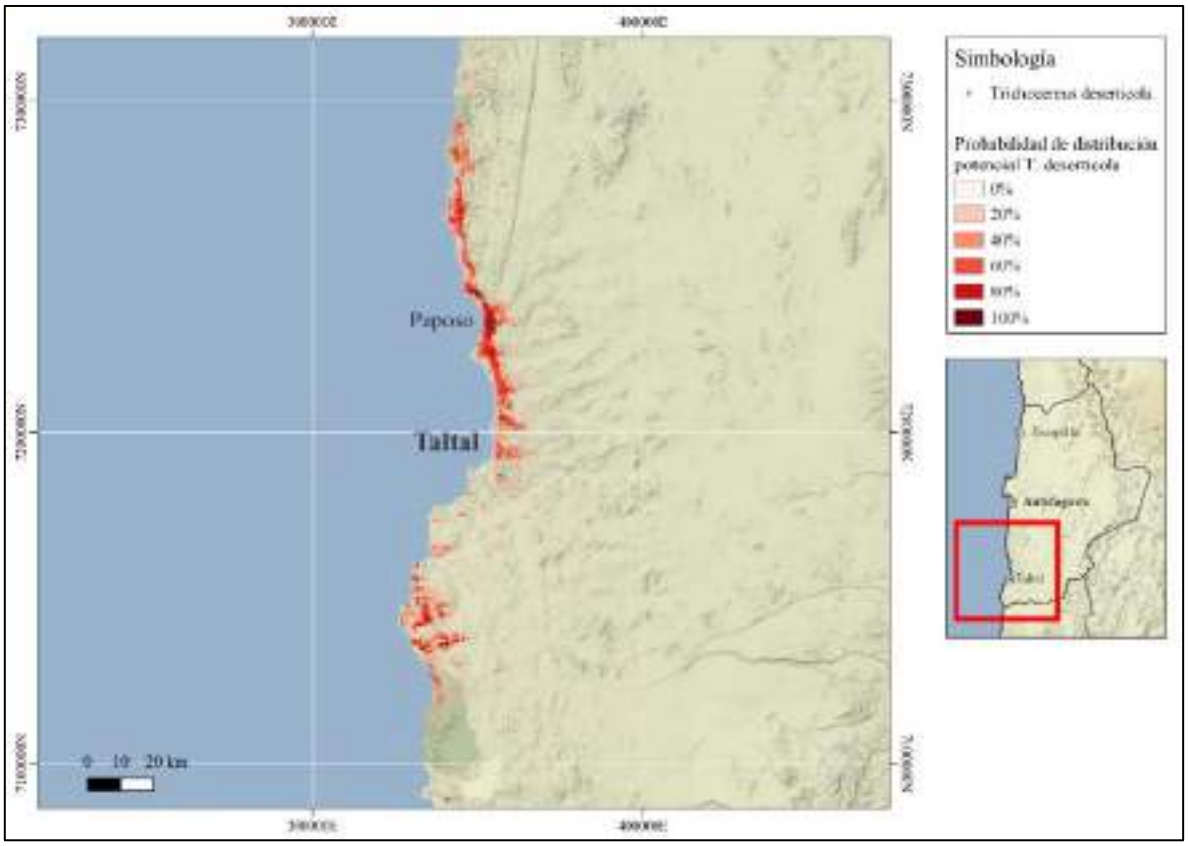


Figura 329. Modelación de nicho obtenida para *Leucostele deserticola*.

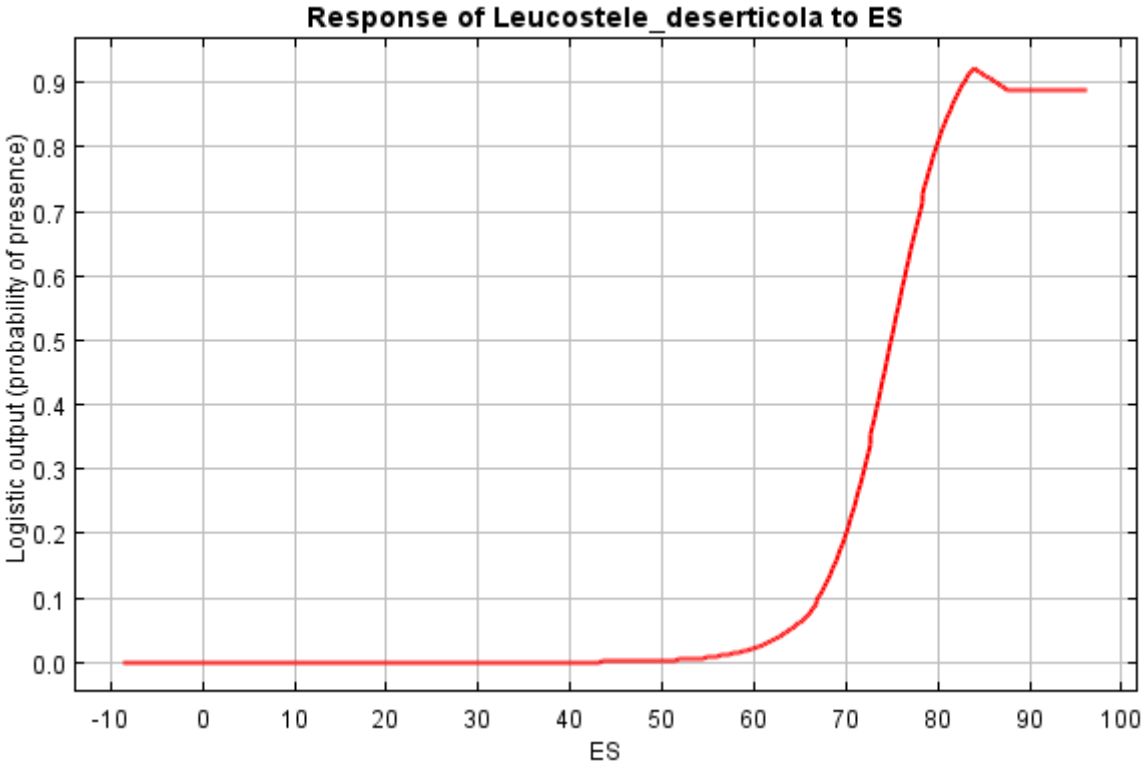


Figura 330. Respuesta de *Leucostele deserticola* a la variable ES, correspondiente a la humedad relativa durante la estación más seca.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 2,5 ± 2,32 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.248 (p = 3.395E-14). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 957.305.731 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 5.247.953 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 331.

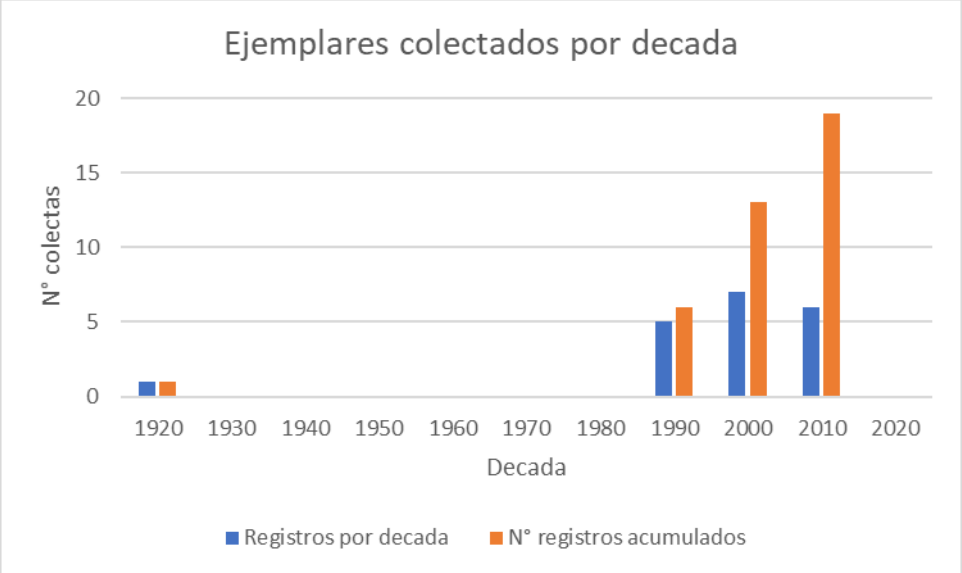


Figura 331. Registros de *Leucostele deserticola* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 332.

Folio005051

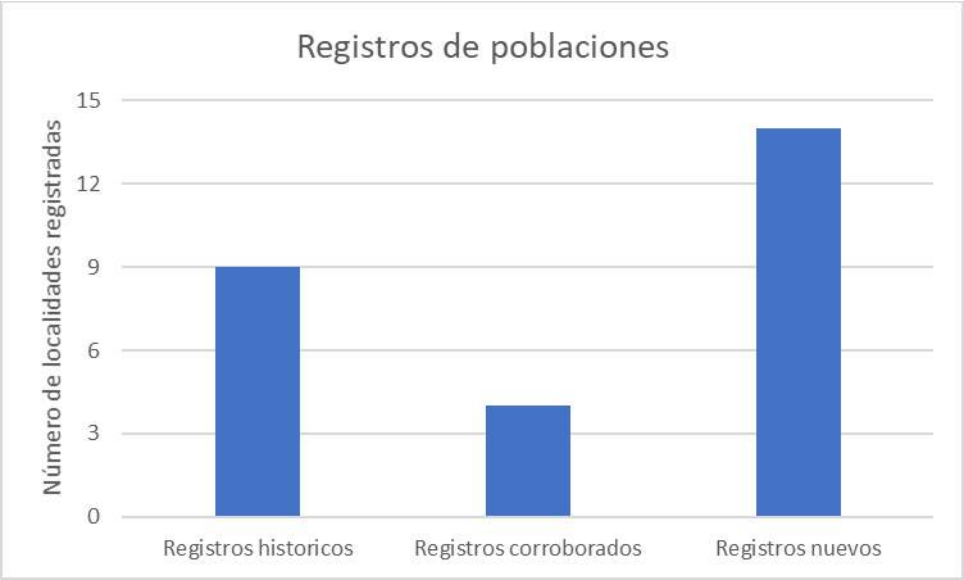


Figura 332. Corroboración de registros en el área de estudio de *Leucostele deserticola*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están aumentando.

- Amenazas

En la Figura 333 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la ganadería extensiva

.

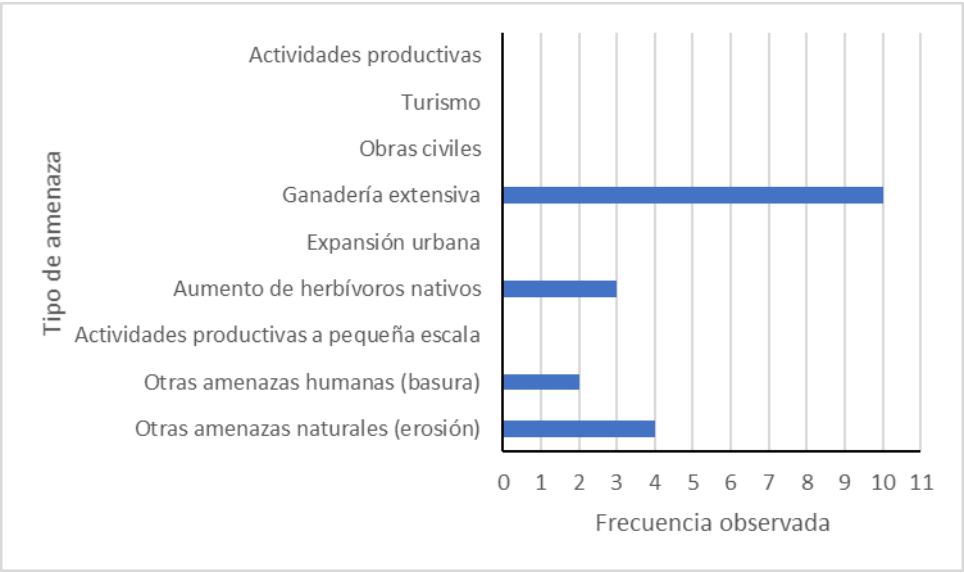


Figura 333. Amenazas registradas para *Leucostele deserticola*.

Folio005052

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 69.45, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 3.9, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de este taxón (BB1535), proveniente de El Rincón.

Folio005053

83.- *Copiapoa boliviana* (Pfeiff.) F. Ritter

Ranking IPM			**113**
Especie	***Copiapoa boliviana*** (Pfeiff.) F. Ritter		Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**3.334.482**	Superficie estimada (m^2)	**4.081.397.007**
Número de localidades	**10**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa de la estación más seca**
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy alta**
Amenaza más frecuente	**Erosión**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Folio005054

Copiapoa boliviana corresponde a una especie a veces sinonimizada como *Copiapoa atacamensis* o *Copiapoa calderana* subsp. *atacamensis*. Sin embargo, estos nombres son posteriores. El primer nombre, *C. boliviana*, fue dado a partir de una colecta realizada por Thomas Bridges cuando Antofagasta aún correspondía a territorio boliviano. Esta especie se encuentra clasificada como "Vulnerable" según el DS 19/2012 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre el Morro Moreno y Quebrada Iscuña. Se ha registrado en las localidades de Cobija, Morro Moreno, Quebrada La Chimba, Cerro Coloso, El Cobre, Serranía Remiendos, Blanco Encalada, Botija, Miguel Díaz e Iscuña.

Cuadro 114. Localidades de presencia de *Copiapoa boliviana*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cobija	-	-	T. Bridges	1844
Morro Moreno, Crea (2003)	340508	7404363	CREA	2003
Inv 9 - Quebrada Cerro Moreno	337967	7403597	Faúndez, L.	1997
Morro Moreno	337764	7403550	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Morro Moreno Sur /Ladera (Inv_3)	340257	7403038	Faúndez, L.	
Morro Moreno	340257	7403038	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Laderas Cordón Oeste, Morro Moreno (Terreno Nov 2004)	340257	7403038	Faúndez, L. & Torres-Mura, J.C.	2004
Inv 4B - Laderas Exp. Sur, Sobre 400 M.	339326	7401497	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Cerro Moreno, 800/900 M	338148	7401352	Andrea Piombetti APT 101	
Morro Moreno, 600 M	338148	7401352	Alain Laroze, Philippe Corman, Marcel Jourdan, Nicolas Pointeau, Flavien Heriot RCPB 198.01	
Morro Moreno, 1000 M	338148	7401352	Alain Laroze, Philippe Corman, Marcel Jourdan, Nicolas Pointeau, Flavien Heriot RCPB 198.02	
Cerro Moreno	338148	7401352	Alan William Craig AWC 470	
Cerro Moreno	338148	7401352	Baldur Cornely BC 37	
Morro Moreno	338148	7401352	Chris Sherrah CS 95	
Mejillones	338148	7401352	Frans Kühhas FK 42.829	

Folio005055

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Morro Moreno	338148	7401352	Fred (Friedrich Kattermann FK 372	
Cerro Moreno	338148	7401352	Friedrich Ritter FR 205	
Moro Moreno, 190 M	338148	7401352	Grzegorz Matuszewski GM 1407.1	
Cerro Moreno;400M	338148	7401352	Isabella, Carlo Doni D 59	
Morro Moreno	338148	7401352	Jaromír Chvastek CH 1	
Cerro Moreno, 230-300 M	338148	7401352	Marco Giani MGi 6.1	
Morro Moreno, 150-350M	338148	7401352	Paul Hoxey PH 246.01	
Cerro Moreno	338148	7401352	Petr Pavelka (son) PV 2164	
Morro Moreno, Chile 300M	338148	7401352	Roger M. Ferryman RMF 316	
Morro Moreno Sur/ Alto Ladera (Inv_8)	338361	7401296	Faúndez, L.	2006
La Chimba	361170	7396092	Andrea Piombetti APT 103	
La Chimba	361170	7396092	Fred (Friedrich Kattermann FK 1074	
Quebrada La Chimba	361170	7396092	Ignazio Blando BIG 9	
La Chimba, 200-500M	361170	7396092	Janeba Zlatko ZJ 133	
La Chimba, 480M	361170	7396092	Paul Hoxey PH 438.01	
Antofagasta	358106	7390452	Ritter	
North Of Antofagasta. Chile	358985	7383225	Graham Charles GC 277.01	
Cerro Coloso	348573	7366717	Andrea Piombetti APT 104	
Coast South Of Cerro Coloso, 500M	348573	7366717	Paul Hoxey PH 651.02	
El Cobre	348312	7312186	Andrea Piombetti APT 105	
East Of El Cobre	348312	7312186	Alan William Craig AWC 273	
East Of El Cobre;120M	348312	7312186	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1060	
El Cobre	348312	7312186	Frans Kühhas FK 43.83	
El Cobre , Near Coast At Lower Elevations	348312	7312186	Fred (Friedrich Kattermann FK 376	
El Cobre	348312	7312186	Friedrich Ritter FR 205	
East El Cobre. Chile 700M	348312	7312186	Graham Charles GC 291.01	
El Cobre, 780 M	348312	7312186	Grzegorz Matuszewski GM 1408.1	
Strada Da Antofagasta A El Cobre	348312	7312186	Ignazio Blando BIG 10.01	
El Cobre E 12Km	348312	7312186	Isabella, Carlo Doni D 62	
El Cobre, 660 M	348312	7312186	Marco Giani MGi 10.3	

Folio005056

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Road Descending To El Cobre, 120M	348312	7312186	Paul Hoxey PH 249.01	
El Cobre, 0-50 M	348312	7312186	Rodrigo Dacal Barlow RD 46	
El Cobre	348312	7312186	Wendelin Mächler WM 229	
Serrania Remiendos	359045	7304323	Baldur Cornely BC 44	
Blanco Encalada	343053	7303545	Andrea Piombetti APT 106	
Blanco Encalada	343053	7303545	Fred (Friedrich Kattermann FK 377	
Blanco Encalada, 160 M	343053	7303545	Grzegorz Matuszewski GM 1409.3	
Blanco Encalada, 80 M	343053	7303545	Ignazio Blando BIG 159.01	
Caleta Blanco Encalada, 170 M	343053	7303545	Marco Giani MGi 67.2	
Blanco Encalada, 650M	343053	7303545	Paul Hoxey PH 441.01	
Blanco Encalada, Chile 600M	343053	7303545	Roger M. Ferryman RMF 46	
11Km North Of Botija	344878	7297517	Alan William Craig AWC 270	
Punta Tragagente, Quebrada North Of Botija, 440M	342888	7295070	Paul Hoxey PH 656.02	
Botija Valley	344220	7289240	Benjy Oliver OLV41	
Sommet Botija, 1128M	341511	7288144	Alain Laroze, Philippe Corman, Marcel Jourdan, Nicolas Pointeau, Flavien Heriot RCPB 206.01	
Quebrada Botija	341511	7288144	Baldur Cornely BC 49	
Botija Valley	341511	7288144	Chris Sherrah CS 52	
Botija Valley	341511	7288144	Florencia Senoret, Juan Pablo Acosta (Spiniflores JA 166	
Quebrada Botija	341511	7288144	Fred (Friedrich Kattermann FK 1113B	
Botija Valley	341511	7288144	Graham Charles GC 737.02	
Caleta Botija, 150 M	341511	7288144	Grzegorz Matuszewski GM 1412.2	
Quebrada Botija, 280 M	341511	7288144	Ignazio Blando BIG 101.03	
Quebrada Botija, 230-360 M	341511	7288144	Marco Giani MGi 13.2	
Quebrada Botija, 260-480M	341511	7288144	Paul Hoxey PH 252.04	
Botija Valley, Chile 200M	341511	7288144	Petr Česal PC 203	
Saddle/Col Entre Botija Et Izcuña, 838M	344997	7286102	Alain Laroze, Philippe Corman, Marcel Jourdan,	

Folio005057

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
			Nicolas Pointeau, Flavien Heriot RCPB 205.03	
Parte Alta, Loma Al Norte Quebrada	343224	7285220	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 69	2010
Miguel Díaz, 0 - 300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	342258	7284037	Gutierrez, G.	
Quebrada Botija	343352	7281496	Alan William Craig AWC 706	
11 Km N Of Huasco Bajo	285778	6857680	U. Eggli and B.E. Leuenberger 2999	1997
Quebrada Iscuña, 410-970M	343352	7281496	Paul Hoxey PH 658.03	

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Copiapoa boliviana* (Figura 334), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.988. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la estación más seca (Figura 335), la cual en la presencia de esta especie corresponde al invierno en los sitios bajo los 400 msnm, mientras que en los sitios sobre los 600 msnm es en otoño. Se observa que la probabilidad de presencia de *Copiapoa boliviana* es cercana al 95% en lugares en que la humedad relativa en la estación más seca es superior a 90%.

Folio005058

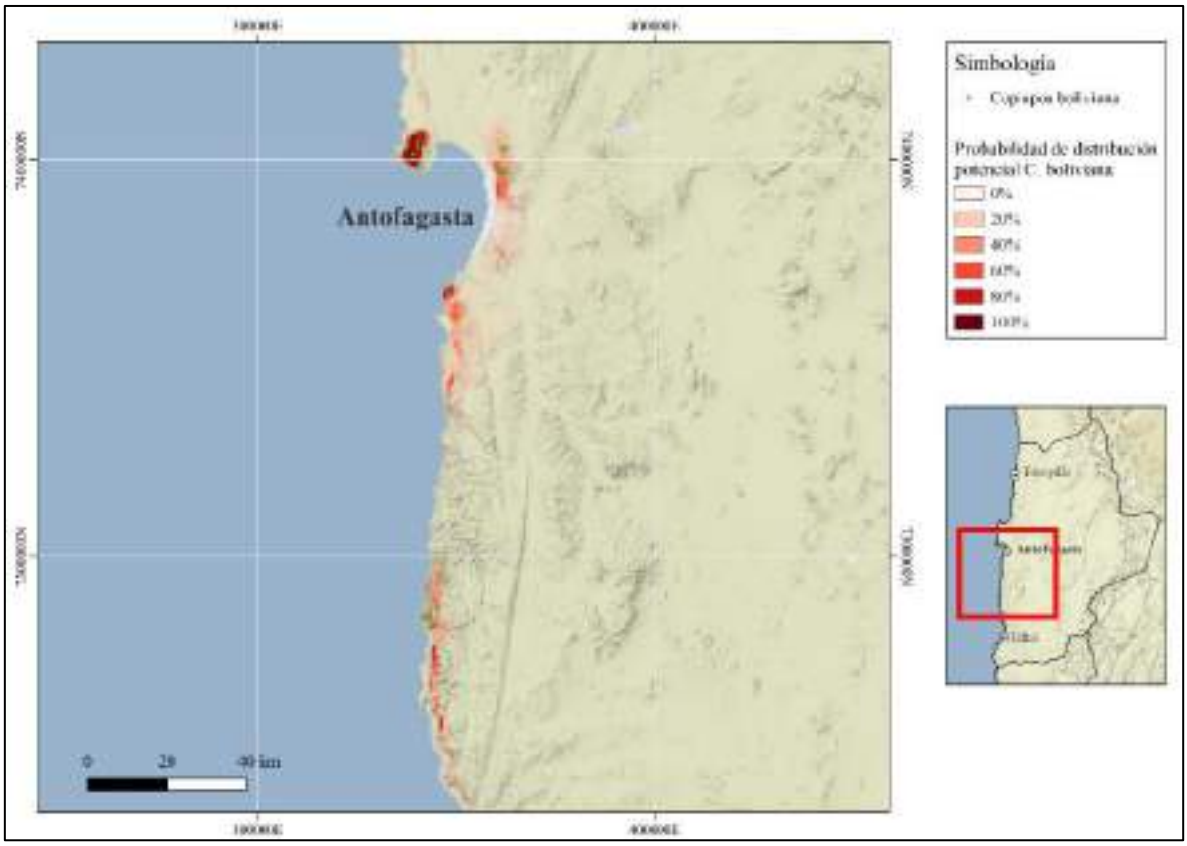


Figura 334. Modelación de nicho obtenida para *Copiapoa boliviana*.

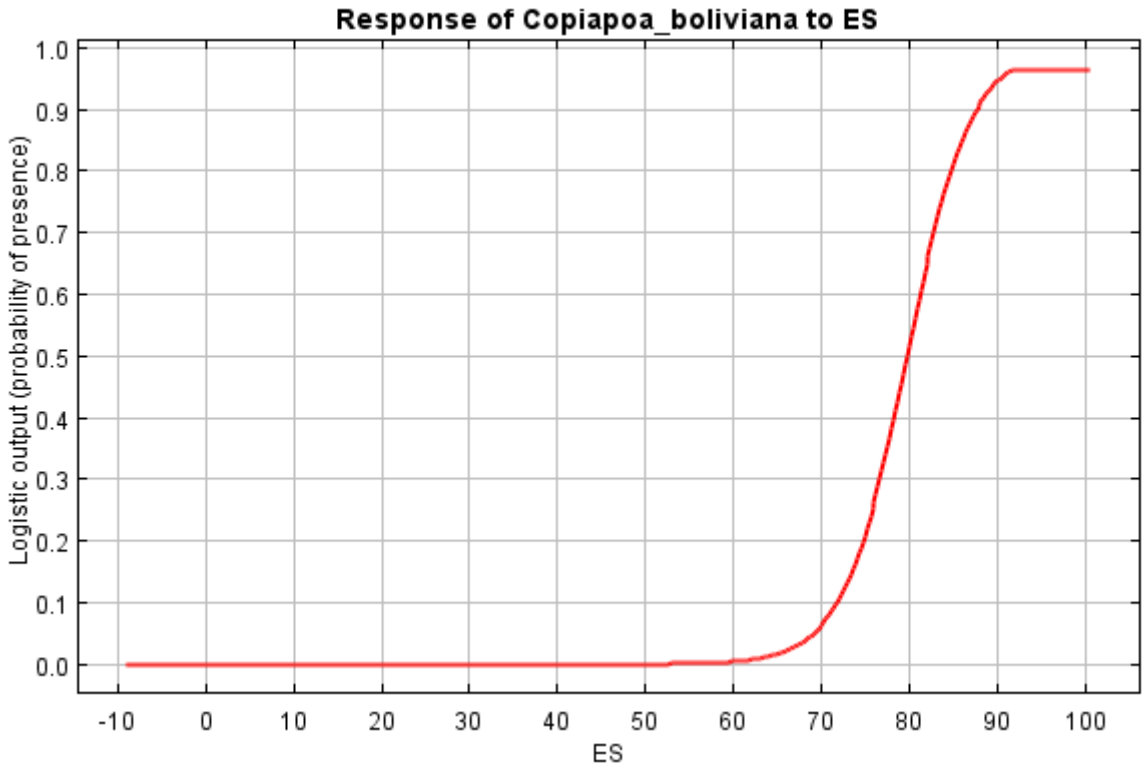


Figura 335. Respuesta de *C. boliviana* a la variable ES, correspondiente a la humedad relativa durante la estación más seca.

Folio005059

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 6,6 ± 6,58 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.
Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.014 (p = 1.018E-5). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 4.081.397.007 m^2.
Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 3.334.482 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 336.

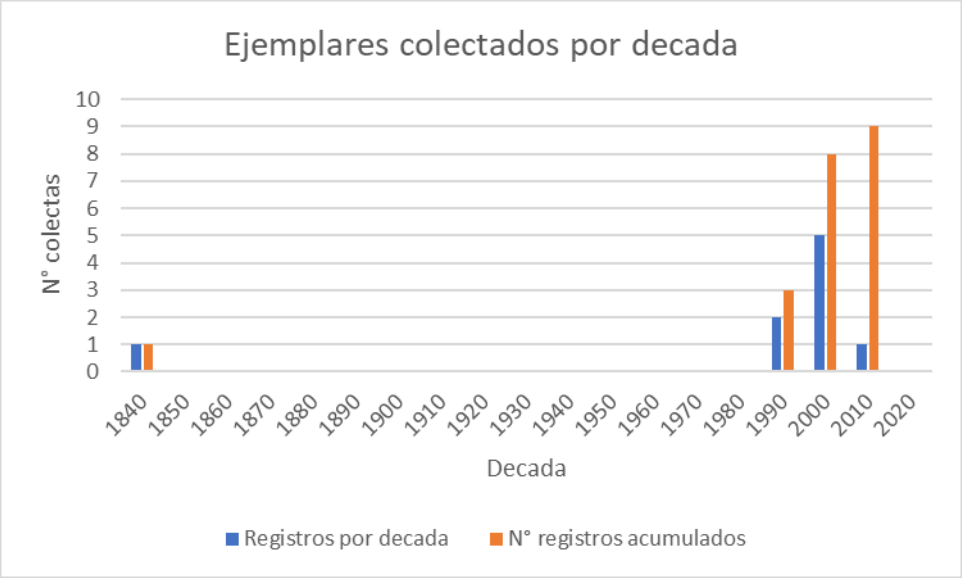


Figura 336. Registros de *Copiapoa boliviana* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 337.

Folio005060

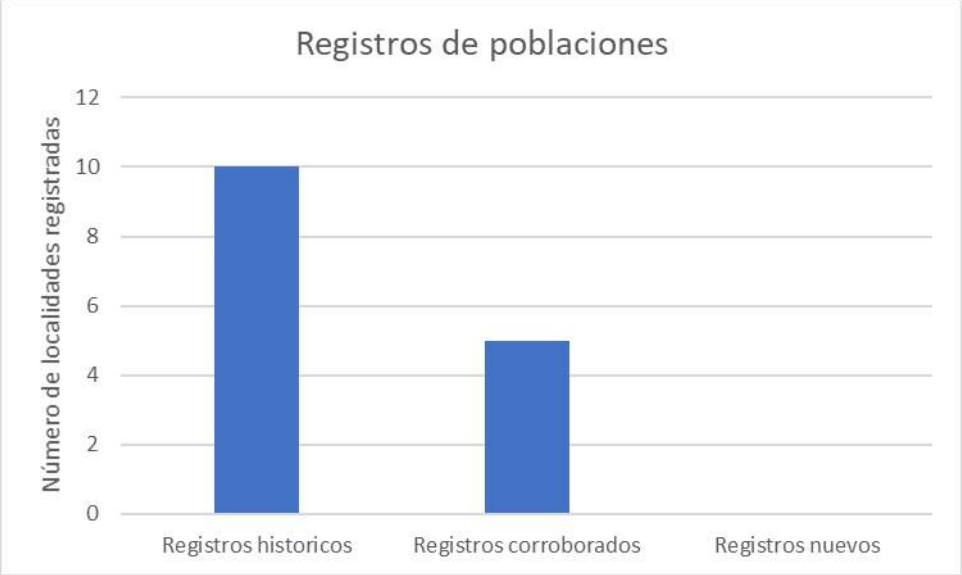


Figura 337. Corroboración de registros en el área de estudio de *Copiapoa boliviana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 338 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la erosión.

Folio005061

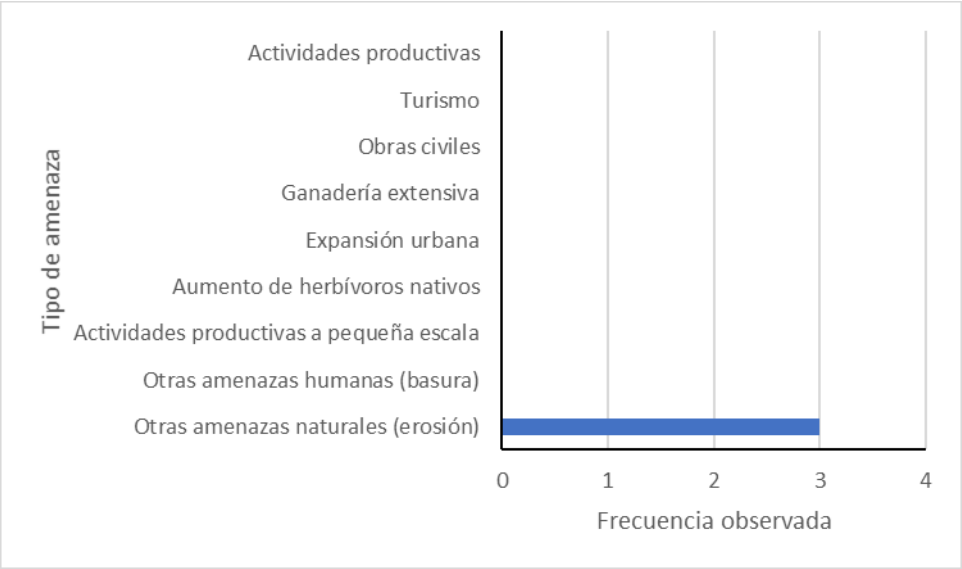


Figura 338. Amenazas registradas para *Copiapoa boliviana*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 24.63, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 17.46, por lo que se considera una influencia muy alta.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de este taxón (BB638), proveniente del Morro Moreno.

Folio005062

84.- *Synammia espinosae* (Weath.) G. Kunkel

Ranking IPM			**114**
Especie	***Synammia espinosae*** (Weath.) G. Kunkel		Distribución
Familia	**Polypodiaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**96,200**	Superficie estimada (m^2)	**640.000**
Número de localidades	**5**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Erosión**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Folio005063

Synammia espinosae corresponde a un helecho, anteriormente considerado del género *Polypodium*. Esta especie es bastante rara en Chile, encontrándose sólo en la Región de Antofagasta, aunque no está clara su presencia en la Región de Atacama, ya que se encuentra en el PN Pan de Azúcar, en el límite regional. A pesar de que algunas fuentes indican para esta especie una amplia distribución, probablemente se debido a una confusión de la circunscripción de esta explicada por Rodríguez-Ríos (2015). En este trabajo, se considerará el criterio de Rodríguez et al. (2018). Bajo el criterio amplio de esta especie, dado por el DS 19/2012 MMA, esta especie se encuentra en categoría "Vulnerable" en la Región de Antofagasta e "Insuficientemente Conocida" en la Región de Coquimbo, probablemente confundida por *Synammia feuillei* en esta última región.

- Presencia

Esta especie, endémica de la costa de la Región de Atacama, se encuentra entre el Morro Moreno y el PN Pan de Azúcar. Se ha registrado en el Morro Moreno, Miguel Díaz, Aguada El Panul, El Rincón y Las Lomitas en el PN Pan de Azúcar.

Cuadro 115. Localidades de presencia de *Synammia espinosae*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Antofagasta: Cerro Moreno	353572	7407780	RICARDI ET AL 1421	
Antofagasta: Morro Moreno	353572	7407780	SCHLEGEL 7825	
Morro Moreno, Crea (2003)	340508	7404363	CREA	2003
Morro Moreno Sur/ Ladera (Inv_5)	340257	7403038	Faúndez, L.	
Laderas Cordón Oeste, Morro Moreno (Terreno Nov 2004)	340257	7403038	Faúndez, L. & Torres-Mura, J.C.	2004
Antofagasta: Morro Moreno	341711	7402120	TEILLIER 6302	
Morro Moreno Sur/ Ladera Alta, Cumbre Rocosa, Neblina (Inv_7)	338524	7401224	Faúndez, L.	2006
Morro Moreno Sur/ Ladera (Inv_5)	338536	7401010	Faúndez, L.	2006
Morro Moreno	343259	7285287	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Parte Alta Hasta Quebrada De Bajada	343224	7285220	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 104	2010
Miguel Díaz,300 - 800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	343411	7284661	Gutierrez, G.	
Miguel Díaz	342258	7284037	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Miguel Díaz	342258	7284037	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 104	

Folio005064

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Miguel Díaz, 0 - 300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	342258	7284037	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Taltal, Proximo Aguada Miguel Diaz	341324	7283977	JOHNSTON 5306	
Miguel Díaz, 0 - 300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	342097	7283909	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Taltal, Aguada Panulcito	344989	7258173	JOHNSTON 5452	
Panulcito, Aguada	345002	7256370	Johnston, I. M. 5452	1925
Rincón, El	348980	7245011	Johnston, I. M. 5492	1925
Antofagasta: Rinconada De Paposo	346838	7243425	HOFFMANN 301	
Rinconada De Paposo	346832	7243388	HOFFMANN 301	1988
Sector Rinconada 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	350098	7242874	Gutierrez, G.	
Qda. Al Norte De Majada Rincón, Ladera Exp. Sur	349001	7242571	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada Rinconada, Ca. 5 Km N Of Caleta Paposo	348539	7241967	Dillon, M. O. et al. 5981	
Sector Rinconada 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	350045	7241717	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Taltal, El Rincon	351908	7241634	JOHNSTON 5492	
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	
Sector Rinconada 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	349354	7241052	Gutierrez, G.	
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357543	7210943	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Taltal, Aguada Cachina	341374	7136279	JOHNSTON 5692	
Chañaral: O De Aguada Grande	339930	7117797	JOHNSTON 5763	
Parque Nacional Pan De Azúcar, Oasis De Neblina	334797	7107841	Rundel	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Debido a que la especie cuenta con menos de 10 localidades de presencia, no se realizó una modelación de nicho.

- Abundancia

Folio005065

Esta especie se registró en el Morro Moreno, Miguel Díaz y El Rincón, donde fue medida su abundancia mediante parcelas de muestreo. En promedio, esta especie presenta 17 ± 27,7 individuos por parcela de 12 m de diámetro. A pesar de que no se censaron los individuos, se registraron plantas en superficies de hasta 400 x 400 m. Por lo tanto, considerando que esta especie se presenta en 4 grillas, se estima que existen 96.200 individuos en una superficie de 640.000 m^2.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 339.

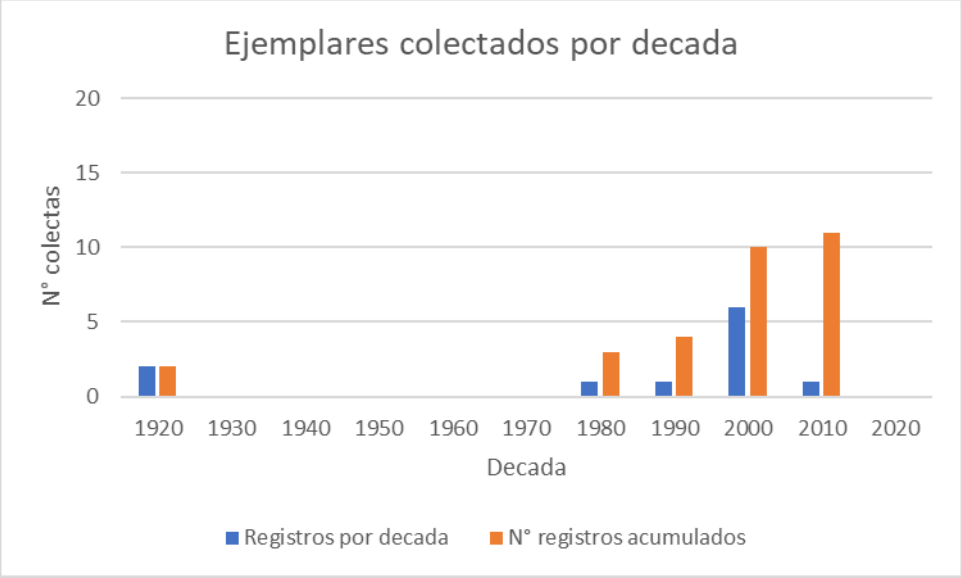


Figura 339. Registros de *Synammia espinosae* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 340.

Folio005066

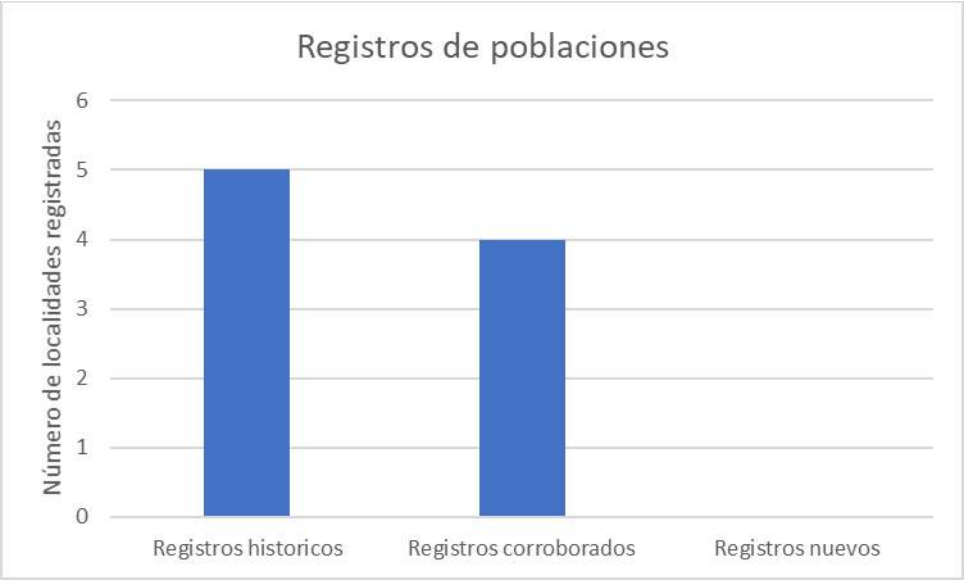
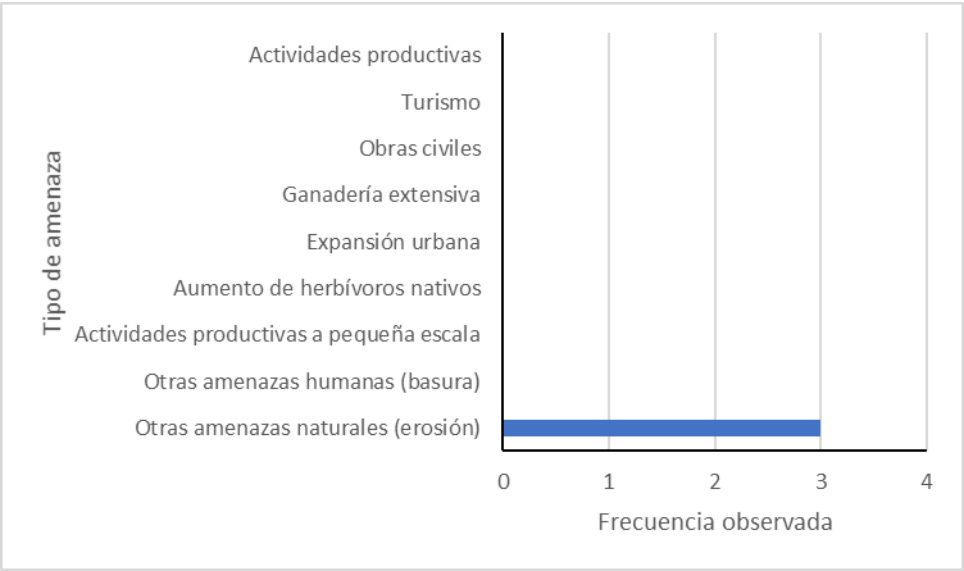


Figura 340. Corroboración de registros en el área de estudio de *Synammia espinosae*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 341 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la erosión.



Folio005067

Figura 341. Amenazas registradas para *Synammia espinosae*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 32.78, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 6.8, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS, debido a que no se reproduce mediante semillas.

Folio005068

85.- *Calceolaria paposana* Phil.

Ranking IPM				115
Especie	***Calceolaria paposana*** Phil.			Distribución
Familia	**Calceolariaceae**	Categoría de conservación	**VU**	
Número de individuos estimados	**1.407.755**	Superficie estimada (m^2)	**102.190.847**	
Número de localidades	**19**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa de la estación más seca**	
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	**-**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**2**	

Folio005069

A pesar de que esta especie se encuentra en varias localidades de la Región de Antofagasta, actualmente se incluye en categoría "Vulnerable" por el DS 41/2011 MMA. En la zona de estudio, normalmente se encuentra en fondos de quebradas o en laderas con alta incidencia de la niebla costera.

- Presencia

Esta especie se distribuye entre Tocopilla y el PN Pan de Azúcar. Se ha registrado en Tocopilla, Miguel Díaz, Quebrada El Cardón, Aguada El Panul, El Rincón, Paposo, La Higuera, Quebrada El Cura, Quebrada Matancilla, Quebrada Las Tunas, Quebrada El Cura, Cachinales, Quebrada Anchuña, Hueso Parado, Cerro Perales, Aguada El Loro, Quebrada La Cachina, Quebrada El Leoncito y PN Pan de Azúcar.

Cuadro 116. Localidades de presencia de *Calceolaria paposana.*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Tocopilla, Ciudad	375193	7556014	Johnston	
Miguel Díaz,300 - 800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	343411	7284661	Gutierrez, G.	
Cardón, Quebrada	344394	7262535	Johnston, I. M. 5262	1925
Panul, Aguada	345245	7258855	Johnston, I. M. 5419	1925
Medano 800-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Lecho Quebrada	346973	7253499	Gutierrez, G.	
Medano 300-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Cono Aluvial	345847	7252449	Gutierrez, G.	
Quebrada Rinconada, 12 Km Au Nord De Paposo (Route Nº1). Quebrada Rocailleuse.	348980	7245011	Billet, F. & B. Jadin 5527	1991
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	348980	7245011	Gutierrez, G.	
Quebrada Exp. Oeste	349111	7243699	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Aguada, Quebrada Principal El Rincón (Inv_7)	350291	7243579	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Fdo. Quebrada	349059	7243476	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Antofagasta: Rinconada De Paposo	346838	7243425	HOFFMANN 282	
Antofagasta: Cerro El Rincon	346838	7243425	QUEZADA & RUIZ 141	
Cerro Rincón 800-1000 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	349501	7243424	Gutierrez, G.	
Cerro El Rincon	348516	7243407	Quezada, M. & E. Ruiz 141	1991
Qda. El Rincón (B) (Ladera Exp. Sur-Este)	349951	7242880	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Fdo. Quebrada	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	

Folio005070

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	349561	7242610	Gutierrez, G.	
Qda. El Rincón (Fdo. Quebrada) (B)	349862	7242368	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada Rinconada, 12 Km Au Nord De Paposo (Route N?°1). Quebrada Rocailleuse.	348901	7242121	Billet, F. & B. Jadin	
Quebrada La Rinconada, Ca. 5 Km N Of Paposo	350558	7241990	Dillon, M. O. 8062	
Quebrada Rinconada, Ca. 5 Km N Of Caleta Paposo	348539	7241967	Dillon, M. O. 5961	
Sector Rinconada 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	350045	7241717	Gutierrez, G.	
Quebrada Rinconada, 12 Km Au Nord De Paposo (Route N?°1). Quebrada Rocailleuse.	349354	7241052	Billet, F. & B. Jadin 3018896	
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	
Aguada, Quebrada Principal El Rincón (Inv_7)	349354	7241052	Faúndez, L.	
Qda. El Rincón (B) (Ladera Exp. Sur-Este)	349354	7241052	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Sector Rinconada 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	349354	7241052	Gutierrez, G.	
Cerro El Rincon	349354	7241052	Quezada, M. & E. Ruiz 141	
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
Paposo, Localidad Rural	352432	7233398	Philippi, R. A.	
Antofagasta: Paposo, Qda De Los Perales	355372	7232441	HOFFMANN & RODRIGUEZ X 126	
Antofagasta: Paposo	352008	7232405	ZÖLLNER 12774	
Paposo	355367	7232404	Philippi, R. A.	1853
Quebrada Paposo, Ca. 5-7 Km E Of Caleta Paposo	356722	7232087	Dillon, M. O. 5219	
Guanillo, Quebrada	351929	7231205	Philippi, R. A.	
Antofagasta: Paposo, Qda La Higuera	355392	7230595	RICARDI 2652	
Paposo	353695	7230556	Philippi, R. A.	
Quebrada La Higuera	355386	7230559	Ricardi, M. 2652	1953
Antofagasta: Quebrada El Cura	353769	7225040	MARTICORENA ET AL 828	

Folio005071

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352219	7223683	Gutierrez, G.	
Quebrada El Cura Desde Portezuelo Hasta Norte De Qda Matancillas	353130	7223257	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Antofagasta: Queb De Las Tunas, Al S De Paposo	358831	7223247	PISANO & BRAVO 473	
Quebrada Matancilla, Lower Slopes	353790	7223194	Dillon, M. O. 8128	
El Cura 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352920	7223130	Gutierrez, G.	
Quebrada El Cura Desde Portezuelo Hasta Norte De Qda Matancillas, Cabecera Quebrada Exp. Oeste	352631	7223040	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Matancillas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355068	7222817	Gutierrez, G.	
Ladera Inclinada Casi Vertical, Exp. Sur Y Oeste	353181	7222691	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Fdo. Quebrada	353151	7222604	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada Exp. Oeste	353511	7222231	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Quebrada Exp. Oeste	353359	7221780	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Matancillas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353359	7221780	Gutierrez, G.	
Quebrada Anchuna	389103	7221313	Ricardi, M. 2538	
La Oveja 800-1000 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355921	7220905	Gutierrez, G.	
Cachinales- Paposo/ Ladera Rocosa (Inv_15)	355461	7217285	Faúndez, L.	2006
Cachinales- Paposo/ Terraza Pedragoza (Inv_12)	355405	7217127	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355997	7217034	Gutierrez, G.	
Cachinales- Paposo/ Roquerio (Inv_19)	355819	7217004	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales- Paposo/ Ladera Rocosa (Inv_15)	354976	7216844	Faúndez, L.	
Quebrada Cachinales, Alto	354976	7216844	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Cachinales 0-300 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Cono Aluvial	354976	7216844	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Cachinal	357228	7215846	LOYOLA 13	

Folio005072

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Antofagasta: Taltal, Qda Anchuña	365646	7214086	RICARDI 2538	
Hueso Parado	355219	7193831	Grandjot, K. 21894	
San Ramón, Quebrada	354134	7191764	Johnston, I. M. 5134	1925
Antofagasta: Cerro Azul, Hueso Parado	352471	7189949	GRANDJOT 4516	
Antofagasta: Taltal	351461	7189761	BARROS 3523	
Antofagasta: Taltal	351461	7189761	LOPEZ	
Antofagasta: Taltal	351461	7189761	WERDERMANN 847	
Taltal	351047	7189090	Werdermann, E. 842	
Antofagasta: Taltal, Agua El Loro	355844	7188140	MONTERO 2947	
Antofagasta: Agua Del Loro, Al N-E De Taltal	355844	7188140	PISANO & BRAVO 180	
Cerro Perales, Ca. 5 Km E Of Taltal	357190	7187785	Dillon, M. O. 5369	
Antofagasta: Taltal, Qda La Cachina	354188	7186275	RICARDI 2510	
Antofagasta: Quebrada El Leoncito	331189	7149077	PISANO & BRAVO 638	
Quebrada Cachina	341704	7136652	Ricardi, M. 2510	
Parque Nacional Pan De Azúcar, Oasis De Neblina	334797	7107841	Rundel	

Fuente: Biota (2018)

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Copiapoa boliviana* (Figura 342), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.999. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la estación más seca (Figura 343), la cual en la presencia de esta especie al sur de la Región de Antofagasta corresponde al verano en los sitios bajo los 400 msnm, mientras que en los sitios sobre los 600 msnm es en invierno. Por otro lado, en Tocopilla, la estación más seca en todas las altitudes medidas corresponde al verano. Se observa que la probabilidad de presencia de *Calceolaria paposana* es superior al 95% en lugares en que la humedad relativa en la estación más seca es superior a 85%.

Folio005073

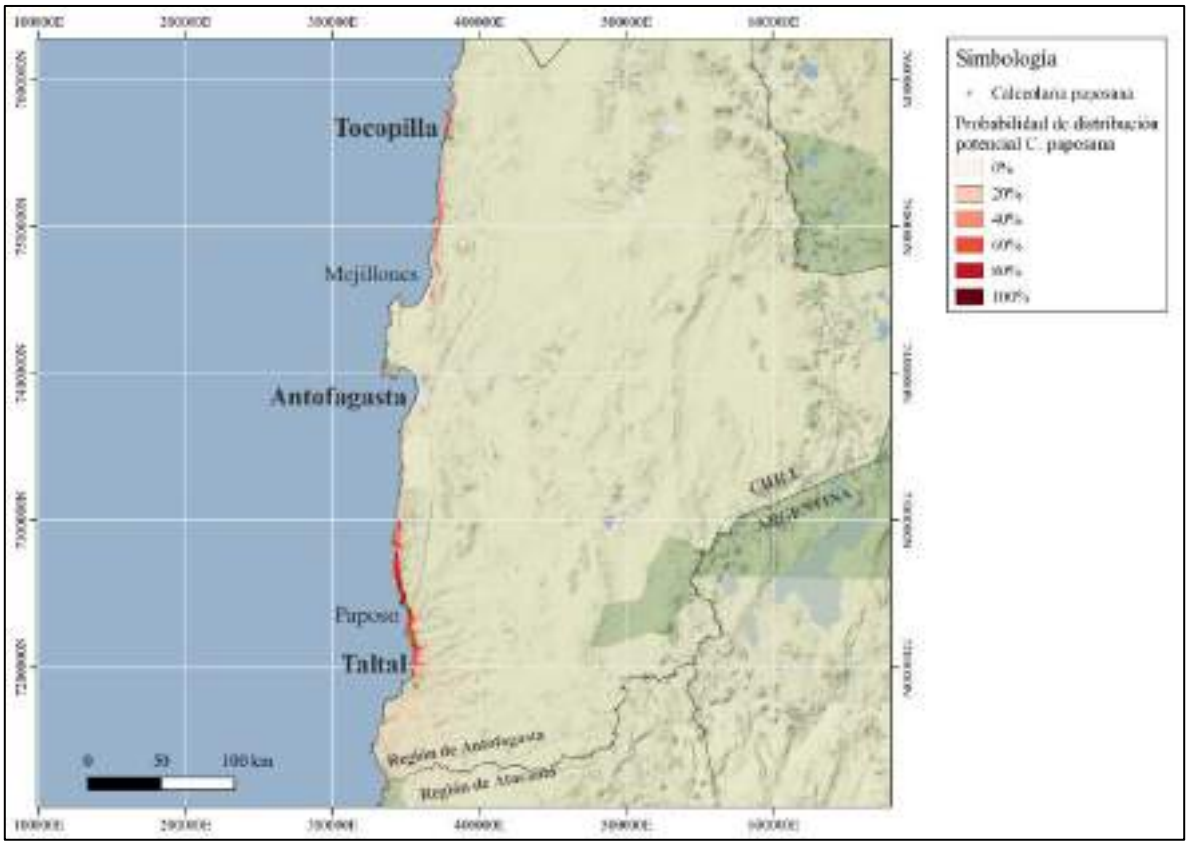


Figura 342. Modelación de nicho obtenida para *Calceolaria paposana*.

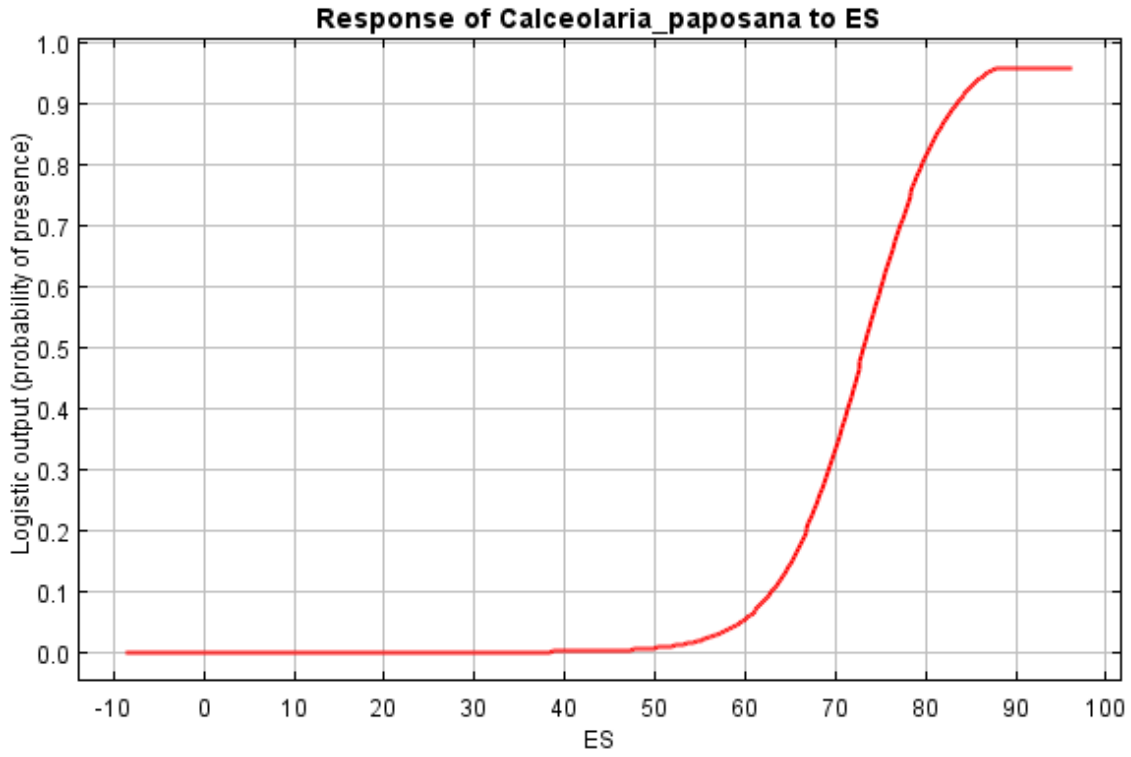


Figura 343. Respuesta de *C. paposana* a la variable ES, correspondiente a la humedad relativa durante la estación más seca.

Folio005074

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 2 individuos por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.
Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.779 (p = 1.438E-6). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 102.190.847 m^2.
Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 1.407.755 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 344.

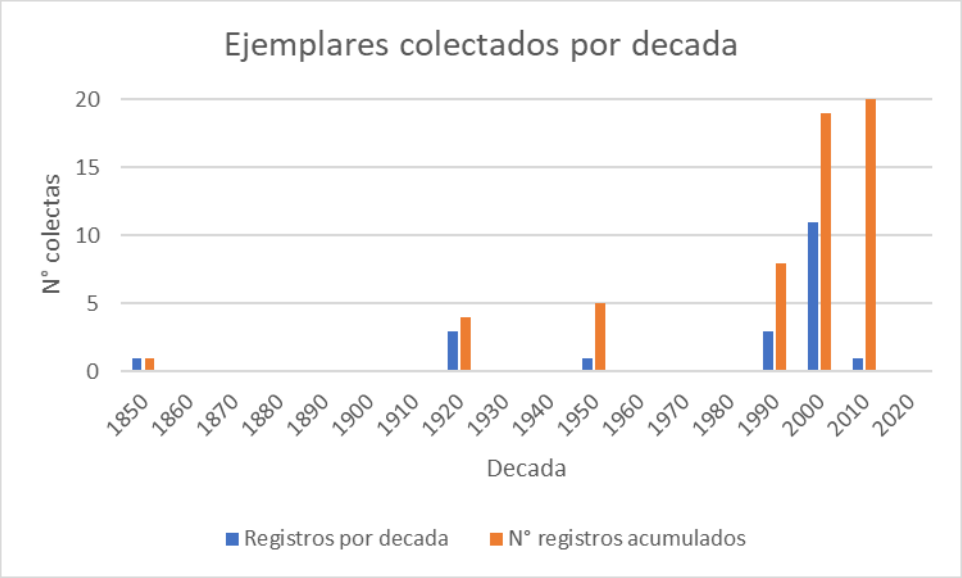


Figura 344. Registros de *Calceolaria paposana* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 345

Folio005075

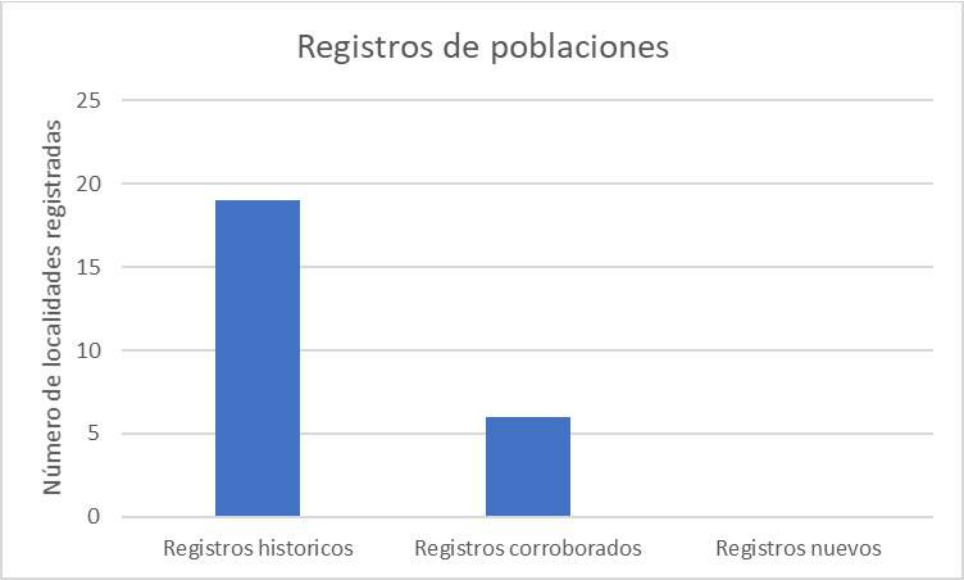


Figura 345. Corroboración de registros en el área de estudio de *Calceolaria paposana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 93.7, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 5.36, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas dos accesiones de este taxón (BB481 y BB1570), provenientes de la Quebrada La Oveja y Quebrada La Sepultura respectivamente.

Folio005076

86.- *Oxyphyllum ulicinum* Phil.

Ranking IPM				**117**
Especie	***Oxyphyllum ulicinum*** Phil.			Distribución
Familia	**Asteraceae**	Categoría de conservación	**EN**	
Número de individuos estimados	**6.875.468**	Superficie estimada (m^2)	**2.329.879.251**	
Número de localidades	**23**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa de la estación más seca**	
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**	
Amenaza más frecuente	**Obras civiles, ganadería extensiva, herbivoros nativos y basurales**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**3**	Poblaciones conservadas en el BBS	**3**	

Folio005077

Ranking IPM	117

Esta especie pertenece al género monotípico *Oxyphyllum*, siendo la única representante de este. La especie se encuentra restringida a la zona norte del país. De acuerdo al DS 16/2016 MMA, esta especie se encuentra en categoría “En Peligro”.

- Presencia

O. ulicinum se encuentra entre la Quebrada La Plata y el PN Pan de Azúcar. Se ha registrado en las localidades de la Quebrada de la Plata, El Rincón, Quebrada Resbalón, Quebrada Yumbes, Mina Abundancia, Quebrada Portezuelo, Cerro Mirador, Paposo, Quebrada Peralito, La Totorita, Quebrada Matancilla, Quebrada El Cura, Cachinales, Bandurrias, Cascabeles, Quebrada El Gritón, San Ramón, Cerro Perales, Tórtolas, Posada Hidalgos, Quebrada Cachina, PN Pan de Azúcar y la Quebrada La Quiscuda.

Cuadro 117. Localidades de presencia de *Oxyphyllum ulicinum*

Folio005078

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Plata 0-300 M, Exposición Nor-Oeste, Posición De Lecho Quebrada	344998	7266766	Gutierrez, G.	
Quebrada El Rincón (Inv_6)	350434	7243823	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Antofagasta: Cam Paposo-Bco Encalada, Qda Resbalon	350205	7243462	RODRIGUEZ R 3122	
Cam Paposo-Bco Encalada, Qda Resbalon	350200	7243425	Rodríguez, R. 3122	1996
Confluencia Con Quebrada Sur (A)	350034	7241734	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Sector Rinconada 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	350045	7241717	Gutierrez, G.	
Quebrada El Rincón (Inv_6)	349354	7241052	Faúndez, L.	
Confluencia Con Quebrada Sur (A)	349354	7241052	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Sector Rinconada 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	349354	7241052	Gutierrez, G.	
Cam Paposo-Bco Encalada, Qda Resbalon	349354	7241052	Rodríguez, R. 3122	
Rincón El, Localidad Rural	349354	7241052	Johnston, I. M. 5537	1925
Qebrada Yumbes 800-100 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354984	7236723	Gutierrez, G.	
M. Abundancia, 1300 M	358005	7236399	Ricardi, M. 2642	
Antofagasta: Paposo, Mina Abundancia	358698	7236168	RICARDI 2642	
Quebrada Yumbes 800-100 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354558	7235157	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Al O De Paposo	358717	7234322	AEDO 7036	
Antofagasta: Taltal, 8 Km E De Paposo	357035	7234305	EGGLI & LEUENBERGER 2649	
Antofagasta: Quebrada Portezuelo	353670	7234269	ARANCIO 10712	
Tramo 1: Paposo-Cruce Ruta B-70 (Unidad 8)	352432	7233398	Faúndez, L.	2007
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Paposo	353934	7233286	Gutierrez, G.	
Paposo	357125	7232931	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Paposo	354113	7232827	Arancio, G. 10712	
Paposo	354113	7232827	Gutierrez, G.	
Paposo	354113	7232827	LEON M 13	
Antofagasta: Quebrada Peralito	355372	7232441	MARTICORENA A ET AL 793	

Folio005079

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Antofagasta: Paposo	355372	7232441	RICARDI & MARTICORENA 4634	
Antofagasta: Cuesta De Paposo	355372	7232441	WAGENKNECHT 640	
Paposo	355367	7232404	Ricardi, M. & Marticorena C. 4634	1958
Quebrada Portezuelo	353684	7232386	LEON M 13	1997
Quebrada Peralito	354053	7231968	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Quebrada Paposo (Perales) 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354740	7231507	Gutierrez, G.	
Quebrada Peralito	357083	7231375	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357083	7231375	Gutierrez, G.	
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354907	7231108	Gutierrez, G.	
Paposo	355724	7230969	Ricardi, M. 4634	
Quebrada La Totorita 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353551	7230566	Gutierrez, G.	
Fdo. Quebrada	353695	7230556	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Quebrada Paposo (Perales) 800-1000 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355590	7230440	Gutierrez, G.	
Quebrada La Totorita 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353723	7230200	Gutierrez, G.	
Quebrada Yerbas Buenas 800-1000 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353844	7225155	Gutierrez, G.	
Matancilla, Quebrada	357323	7223298	BIOTA LTDA.	2017
Antofagasta: Qda Matancilla	353789	7223194	HOFFMANN	
Antofagasta: Paposo, Qda De Matancilla	353789	7223194	SCHLEGEL 7914	
Matancilla, Quebrada	356988	7223191	BIOTA LTDA.	2017
Qda Matancilla	353783	7223157	HOFFMANN Sin información	1988
Paposo, Qda De Matancilla	353783	7223157	Schlegel, F. 7914	1985
El Cura 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352920	7223130	Gutierrez, G.	
Matancilla, Quebrada	352631	7223040	Faúndez, L. & Larraín, B.	
El Cura 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352631	7223040	Gutierrez, G.	

Folio005080

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Matancilla, Quebrada	355203	7223028	BIOTA LTDA.	2017
Matancillas 800-1000 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357630	7223028	Gutierrez, G.	
Roquerios Cerca De Cumbre Redondeada, Exp. Oeste	353117	7222846	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Matancillas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355068	7222817	Gutierrez, G.	
Ladera Inclinada Casi Vertical, Exp. Sur Y Oeste	353181	7222691	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Matancilla, Quebrada	354835	7222646	BIOTA LTDA.	2017
Inventario 2A, Ladera Exp. Norte	352856	7222421	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Ladera Exp. Sur	353904	7222415	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Matancilla, Quebrada	354265	7222388	BIOTA LTDA.	2017
Quebrada Exp. Oeste	353511	7222231	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Matancilla, Quebrada	354090	7222206	BIOTA LTDA.	2017
Quebrada Matancilla, Ca. 5 Km S Of Punta Grande, 35 Km N Of Taltal	353388	7222006	Dillon, M. O. et al. 5751	
Matancilla, Quebrada	353590	7221927	BIOTA LTDA.	2017
Matancilla, Quebrada	353359	7221780	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Matancillas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353359	7221780	Gutierrez, G.	
Qda Matancilla	353359	7221780	HOFFMANN	
Matancillas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353106	7221586	Gutierrez, G.	
Matancilla, Quebrada	353070	7221504	BIOTA LTDA.	2017
Potrerillos 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355897	7219542	Gutierrez, G.	
Cachinales 0-300 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Cono Aluvial	355320	7217163	Gutierrez, G.	
Cachinales- Paposo/ Quebrada Cachinales Alto (Inv_17)	355686	7217126	Faúndez, L.	2006
Cachinales- Paposo/ Quebrada Cachinales Alto (Inv_17)	354976	7216844	Faúndez, L.	
Bandurrias 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	358016	7212044	Gutierrez, G.	
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357543	7210943	Gutierrez, G.	
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	356241	7210689	Gutierrez, G.	

Folio005081

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Cascabeles	357025	7203291	Ricardi, M. 3096	
Antofagasta: Taltal, Qda Cascabeles	357364	7202925	RICARDI 3096	
Antofagasta: Qda De Taltal	355726	7199215	MONTERO 2866	
Quebrada Del Gritón On Route To Pta. Tórtolas, Ca. 15 Km Ssw Of Taltal	357143	7192215	Dillon, M. O. 5403	
San Ramón, Quebrada	354134	7191764	Johnston, I. M. 5153	1925
Taltal	351130	7189935	Ricardi, M. 1060	
Antofagasta: Taltal	351461	7189761	LOPEZ	
Antofagasta: Taltal	351461	7189761	RICARDI ET AL 1060	
Antofagasta: Taltal	351461	7189761	ZOELLNER 2681	
Antofagasta: Taltal	351461	7189761	ZOELLNER 3892	
Antofagasta: Taltal, Cam A Cumbre Cerro Perales	355844	7188140	BAINES ET AL 105	
Antofagasta: 11.5 Km Al O De Taltal	354208	7184430	NIEMEYER 8709	
Antofagasta: Panamericana 10 Km Al N De Taltal	359294	7178945	PANERO & CROZIER 8438	
Antofagasta: Camino De Entrada A Taltal, Km 10	349242	7178836	CLARKE 1712	
Breas, Las Localidad Rural	358635	7177952	Larrañaga, A.	
Hidalgos, Posada	343910	7147147	Johnston, I. M. 5668	1925
Quebrada Lateral A Quebrada Guanillos	334716	7135338	Faúndez L & Larraín B	2006
Quebrada Guanillos (Las Lozas):Parte Baja	333718	7135091	Faúndez L & Larraín B	2006
Cachina, Quebrada	336191	7133133	Johnston, I. M. 5725	1925
Ca. 60 Km S Of Taltal, Near Mouth Of Quebrada De La Cachina	334552	7130318	Dillon, M. O. & D. Dillon 6036	
Grande, Aguada	345800	7117238	Johnston, I. M. 5794	1925
Grande, Aguada	345800	7117238	Philippi, R. A.	
Chañaral: Quebrada La Quiscuda	336664	7112217	PISANO & BRAVO 551	
Chañaral: Parque Nacional Pan De Azucar	341688	7110432	DILLON 8147	
Parque Nacional Pan De Azúcar, Fuera Oasis De Neblina	334797	7107841	Rundel	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Oxyphyllum ulicinum* (Figura 346), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.994. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la estación más seca (Figura 347), la cual en la presencia de esta especie corresponde al verano en los sitios bajo los 400 msnm, mientras que en los

Folio005082

sitios sobre los 600 msnm es en invierno. Se observa que la probabilidad de presencia de *Oxyphyllum ulicinum* es superior al 95% en lugares en que la humedad relativa en la estación más seca es superior a 85%.

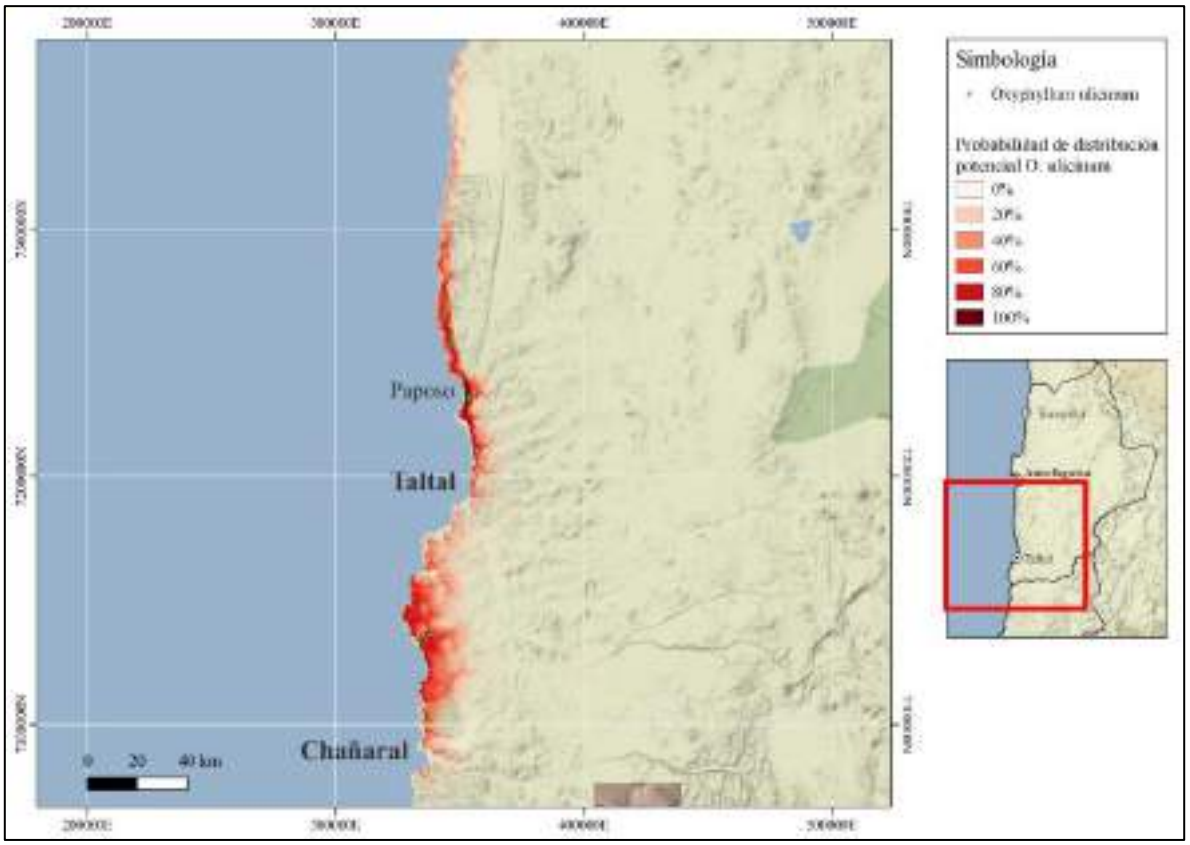


Figura 346. Modelación de nicho obtenida para *Oxyphyllum ulicinum*.

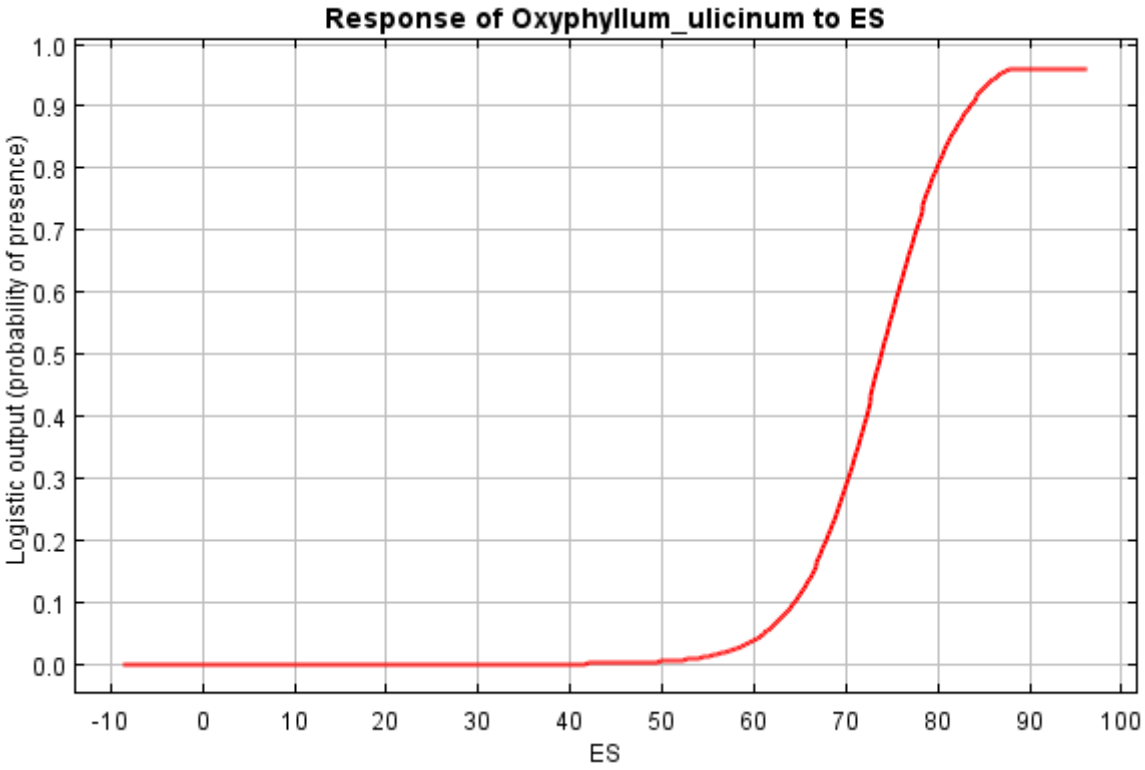


Figura 347. Respuesta de O. ulicinum a la variable ES, correspondiente a la humedad relativa durante la estación más seca.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 1,25 ± 0.5 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.267 (p = 1.809E-6). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 2.329.879.251 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 6.875.468 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 348.

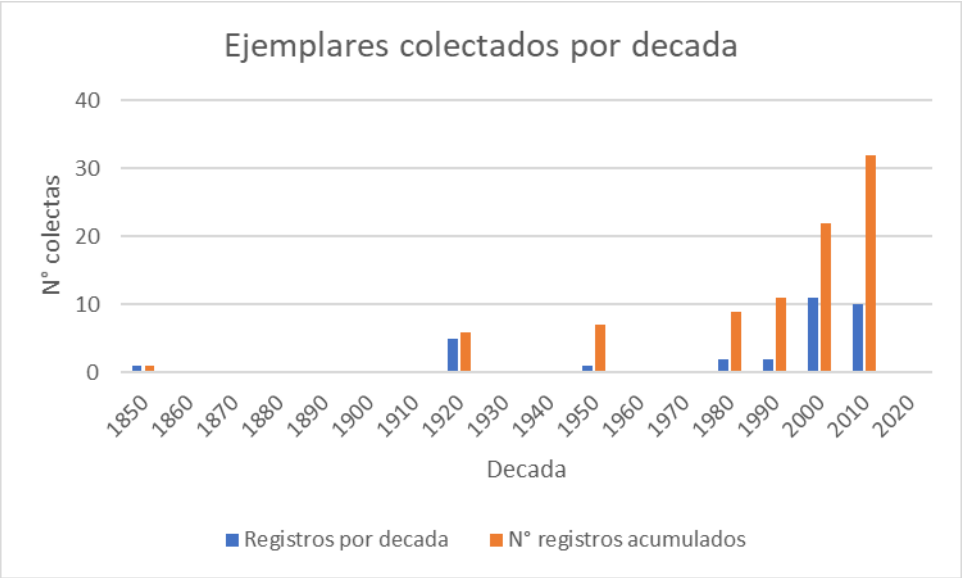


Figura 348. Registros de *Oxyphyllum ulicinum* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 349.

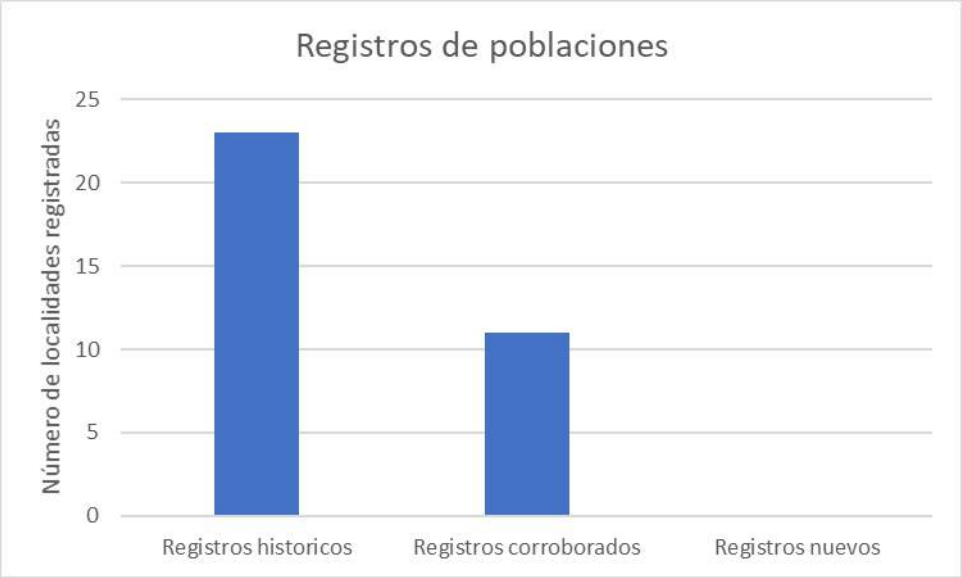


Figura 349. Corroboración de registros en el área de estudio de *Oxyphyllum ulicinum*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio005085

- Amenazas

En la Figura 350 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que las mayores amenazas fueron las obras civiles, ganadería, herbívoros nativos y basurales.

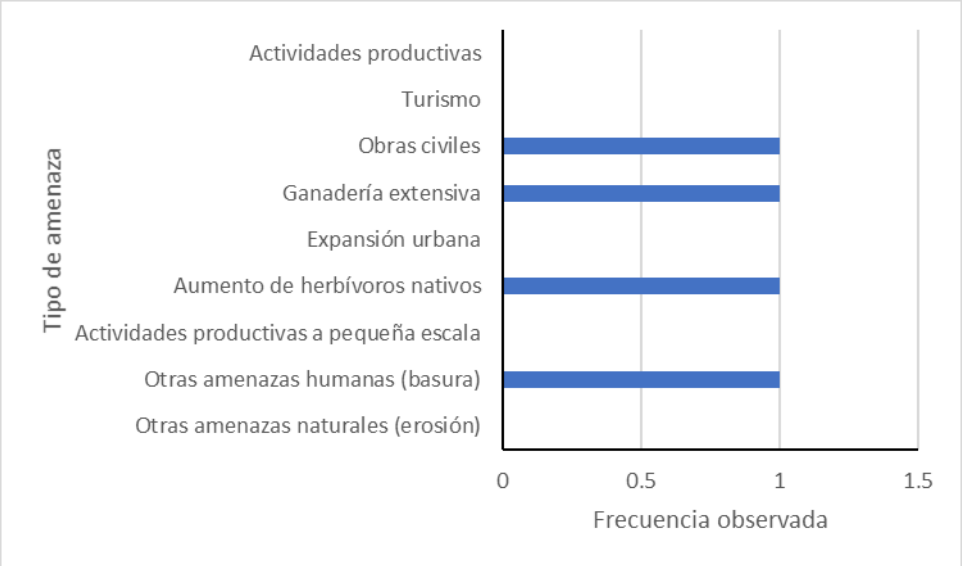


Figura 350. Amenazas registradas para *Oxyphyllum ulicinum*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 48.25, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 3.5, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas tres accesiones de este taxón (BB1097, BB1247 y BB1545), provenientes de la Quebrada San Ramón, Quebrada Peralito y Quebrada Las Lozas respectivamente.

Folio005086

87.- *Puya boliviensis* Baker

Ranking IPM				118
Especie	***Puya boliviensis*** Baker			Distribución
Familia	**Bromeliaceae**	Categoría de conservación	**VU**	
Número de individuos estimados	**5.511.930**	Superficie estimada (m^2)	**10.860.360.681**	
Número de localidades	**23**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa a las 8:00 pm**	
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**3**	Poblaciones conservadas en el BBS	**2**	

Folio005087

De acuerdo al DS 41/2011 MMA, esta especie se encontraría en categoría “Vulnerable”.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre Tocopilla a Carrizal Bajo. Las poblaciones de Tocopilla parecieran disyuntas y probablemente extintas hasta Miguel Díaz. Entre Miguel Díaz a la Región de Atacama pareciera ser bastante recurrente, debido a la abundancia de las colectas. Se ha registrado en Tocopilla, Mina Buena Esperanza, Cobija, Morro Moreno, Miguel Díaz, El Médano, Las Cañas, El Rincón, Quebrada Paposo, Cerro Mirador, Quebrada Peralito, Quebrada Totorita, Quebrada Yerbas Buenas, El Cura, Matancilla, La Oveja, Cachinales, Bandurrias, Cerro Perales, Taltal, Las Lomitas, Morro Copiapó y Carrizal Bajo.

Cuadro 118. Localidades de presencia de *Puya boliviensis*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Tocopilla (individuo muerto)	378531	7560547	INIA	2021
Mina Buena Esperanza (individuo muerto)	375044	7547913	INIA	2019
Tocopilla: Cobija	369963	7505611	Gaudichaud-Beaupré, C.	1836
Ladera Exp. Oeste	343259	7285287	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Oeste	343178	7285226	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Parte Alta Hasta Quebrada De Bajada	343224	7285220	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Fondo Quebrada	343546	7285041	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Oeste - Nor-Este	342833	7284992	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Quebrada Alta	343377	7284885	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Fondo De Quebrada	343228	7284848	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Fondo Quebrada	343458	7284705	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Nor-Este	343462	7284682	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz,300 - 800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	343411	7284661	Gutierrez, G.	
Ladera Exposiscion Sur, Quebrada Media	342025	7284611	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Ladera Exp. Sur	343358	7284625	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Fondo De Quebrada, Qda Lateral Hacia El Norte De Qda Miguel Diaz	342980	7284444	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005

Folio005088

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Ladera Exp. Sur-Oeste	343094	7284400	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Fondo De Quebrada	343200	7284396	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Norte	343198	7284377	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz, Aguada	342258	7284037	Johnston, I. M. 5321	1925
Fondo De Quebrada	342258	7284037	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Tramo 2, Cerro Paranal (Nv_24)	358283	7275070	Faúndez, L.	2007
Tramo 2, Cerro Paranal (Nv_24)	358283	7275070	Faúndez, L.	
Fdo. Quebrada Exp. Sur	345245	7258855	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Ladera Exp. Nor - Oeste	346580	7258441	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Sur - Oeste	346482	7258376	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Sur - Sur-Oeste	346059	7258042	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Sur-Este	345760	7257948	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Oeste - Nor-Este	345466	7257901	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Nor-Este	345404	7257791	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Oeste	345295	7257779	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Sur-Oeste	345485	7257756	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Fdo. Quebrada Exp. Sur	345225	7257729	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Medano 800-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Lecho Quebrada	346973	7253499	Gutierrez, G.	
Medano 800-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Lecho Quebrada	345847	7252449	Gutierrez, G.	
Quebrada Las Cañas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	347207	7246946	Gutierrez, G.	
Quebrada Las Cañas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	347559	7246861	Gutierrez, G.	
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	348980	7245011	Gutierrez, G.	
Aguada, Quebrada Principal El Rincón (Inv_7)	350291	7243579	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Qda. El Rincón (B) (Ladera Exp. Sur-Este)	349951	7242880	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Inventario 5B, Fdo. Quebrada	349001	7242865	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Sector Rinconada 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	350098	7242874	Gutierrez, G.	
Inventario 5B, Fdo. Quebrada	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	

Folio005089

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	349561	7242610	Gutierrez, G.	
Qda. Al Norte De Majada Rincón, Ladera Exp. Sur	349001	7242571	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Qda. El Rincón (Fdo. Quebrada) (B)	349862	7242368	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Qda. Al Norte De Majada Rincón, Fondo Quebrada	348819	7242176	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada El Rincón (Inv_1)	350152	7241957	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Confluencia Con Quebrada Sur (A)	350034	7241734	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Aguada, Quebrada Principal El Rincón (Inv_7)	349354	7241052	Faúndez, L.	
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
Antofagasta: Qda El Rincon, Peña Grande	350843	7238390	HOFFMANN	
Antofagasta: Quebrada El Rincon, Peña Grande	351948	7237943	HOFFMANN	
Antofagasta: Qda El	351942	7237906	HOFFMANN	1988
Guanillo, Quebrada	352432	7233398	Philippi, R. A.	
Guanillo, Quebrada	352432	7233398	Philippi, R. A.	
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Fdo. Quebrada	355053	7232621	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Antofagasta: Paposo, Queb Peralita	355372	7232441	ZIZKA 8161	
Quebrada Paposo, Ca. 5-7 Km E Of Caleta Paposo	356722	7232087	Dillon, M. O. & S. Teillier 5242	
Antofagasta: Qda Gua	353704	7230541	Philippi, R. A.	1853
Quebrada Peralito	354053	7231968	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357083	7231375	Gutierrez, G.	

Folio005090

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354907	7231108	Gutierrez, G.	
Quebrada La Totorita 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353551	7230566	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Qda Gua	353695	7230556	Philippi, R. A.	
Guanillo, Quebrada	353695	7230556	Reiche, K.	
Quebrada Paposo (Perales) 800-1000 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355590	7230440	Gutierrez, G.	
Quebrada La Totorita 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353723	7230200	Gutierrez, G.	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352928	7223821	Gutierrez, G.	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352219	7223683	Gutierrez, G.	
Quebrada El Cura Desde Portezuelo Hasta Norte De Qda Matancillas, Cabecera Quebrada Exp. Oeste	353643	7223542	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada El Cura Desde Portezuelo Hasta Norte De Qda Matancillas	353130	7223257	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Antofagasta: Qda Matancilla	353789	7223194	HOFFMANN 280	
Antofagasta: Qda Mat	353783	7223157	HOFFMANN 280	1988
El Cura 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352920	7223130	Gutierrez, G.	
El Cura 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352631	7223040	Gutierrez, G.	
Sobre Quebrada El Cura, Ladera Exp. Nor - Nor-Oeste	353052	7223015	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Inventarios Flora Asociada Al Proyecto Minero Arbiodo	355332	7222994	BIOTA LTDA.	2017
Matancillas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355068	7222817	Gutierrez, G.	

Folio005091

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Ladera Inclinada Casi Vertical, Exp. Sur Y Oeste	353181	7222691	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Fdo. Quebrada	353151	7222604	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Inventario 2A, Ladera Exp. Norte	352856	7222421	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Ladera Exp. Sur	353904	7222415	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Quebrada Exp. Oeste	353511	7222231	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Quebrada Matancilla, Ca. 5 Km S Of Punta Grande, 35 Km N Of Taltal	353388	7222006	Dillon, M. O. 5788	
Ladera Exp. Norte	353770	7221964	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Ladera Exp. Norte	353359	7221780	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Matancillas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353106	7221586	Gutierrez, G.	
La Oveja 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354528	7220526	Gutierrez, G.	
La Oveja 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354291	7220261	Gutierrez, G.	
Potrerillos 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	355897	7219542	Gutierrez, G.	
Potrerillos 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355858	7219524	Gutierrez, G.	
Potrerillos 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	354565	7219330	Gutierrez, G.	
Ladera Exp. Oeste (Inv_23)	355696	7217428	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Ladera Exp. Suroeste Rocosa (Inv_15)	355461	7217285	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Ladera Terrosa, Exp Oeste (Inv_16)	355536	7217261	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Ladera Expos. Oeste Rocosa (Inv_14)	355438	7217199	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada Cachinales, Alto (Inv_17)	355686	7217126	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Roqueríos Exp. Oeste Vertical (Inv_18)	355705	7217113	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355997	7217034	Gutierrez, G.	
Roquerío Exp. Sur-Berberis Litoralis (Inv_19)	355819	7217004	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354976	7216844	Gutierrez, G.	
Bandurrias 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	358016	7212044	Gutierrez, G.	

Folio005092

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357543	7210943	Gutierrez, G.	
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	356241	7210689	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Taltal	350967	7189629	Grandjot, K. 4224	1940
Antofagasta: Taltal	351400	7189615	Grandjot, K. 4224	
Taltal, Ciudad	351047	7189090	Johnston, I. M. 5107	1925
Antofagasta: Cerro P	357515	7188119	Arancio, G. 91525	1991
Cerro Perales, Ca. 5 Km E Of Taltal	357190	7187785	Dillon, M. O. 5377	
Chañaral: Cerca De Aguada Grande	339930	7117797	JOHNSTON 5788	
Grande, Aguada	345800	7117238	Johnston, I. M. 5788	1925
Parque Nacional Pan De Azúcar, Oasis De Neblina	334797	7107841	Rundel	
Morro Copiapó	308564	6997359	L. Faúndez	2004
Carrizal Bajo	291926	6896310	INIA	2017

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Puya boliviensis* (Figura 351), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.977. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la humedad relativa a las 8:00 pm (Figura 352). Se observa que la probabilidad de presencia de *Puya boliviensis* es cercana al 95% en lugares en que la humedad relativa a las 8:00 pm es cercana al 100%.

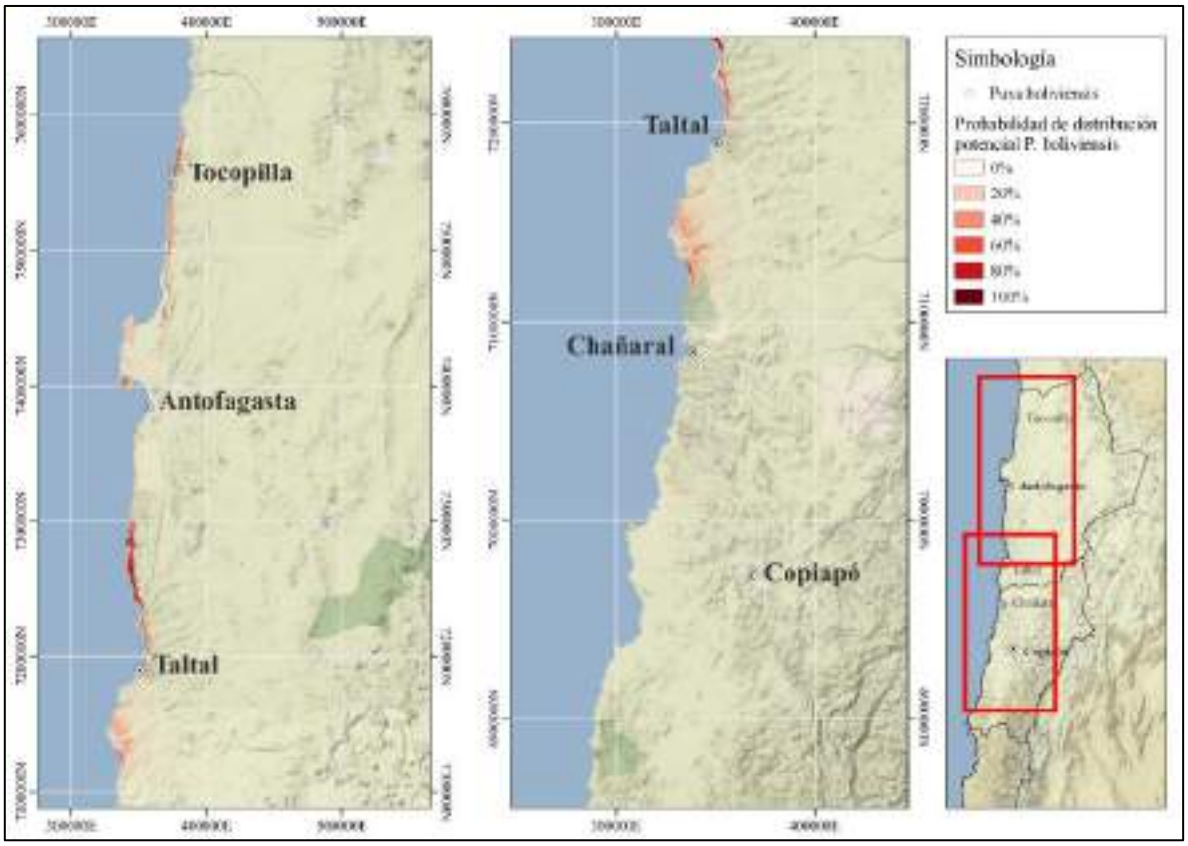


Figura 351. Modelación de nicho obtenida para *Puya boliviensis*.

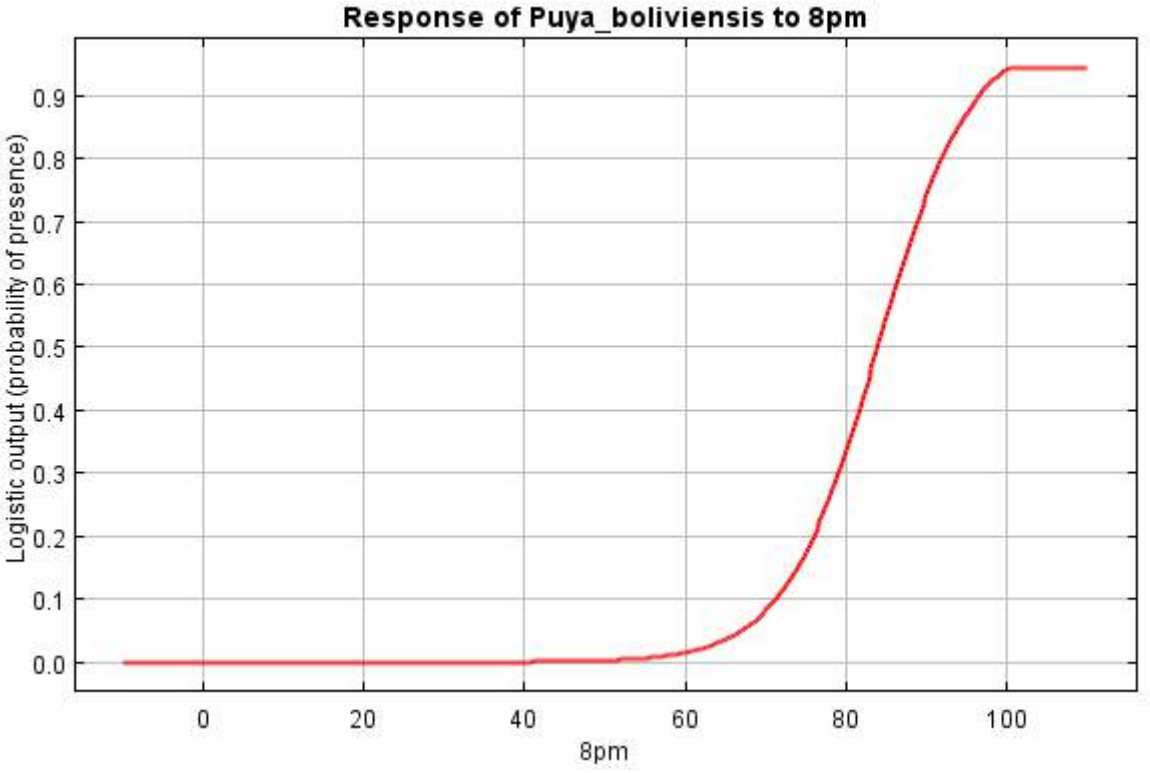


Figura 352. Respuesta de *P. boliviensis* a la variable 8pm, correspondiente a la humedad relativa a las 8:00 pm.

Folio005094

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 1,4 ± 1,52 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.041 (p = 1.995E-4). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 10.860.360.681 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 5.511.930 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 353.

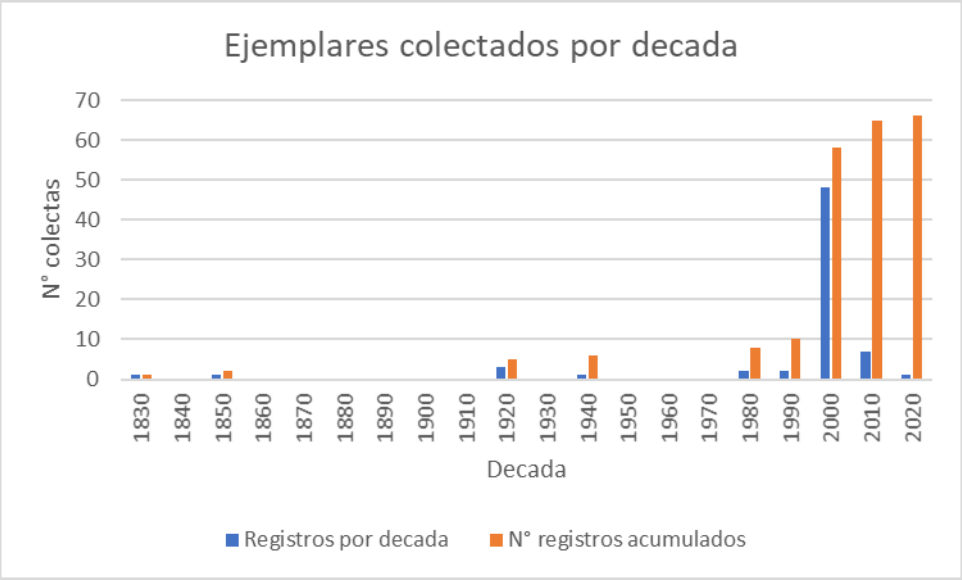


Figura 353. Registros de *Puya boliviensis* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 354.

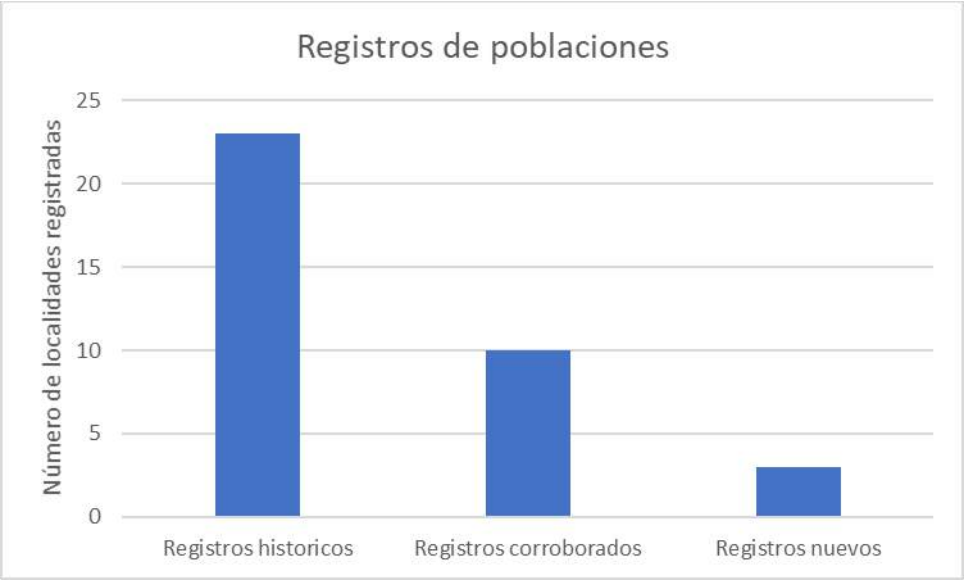
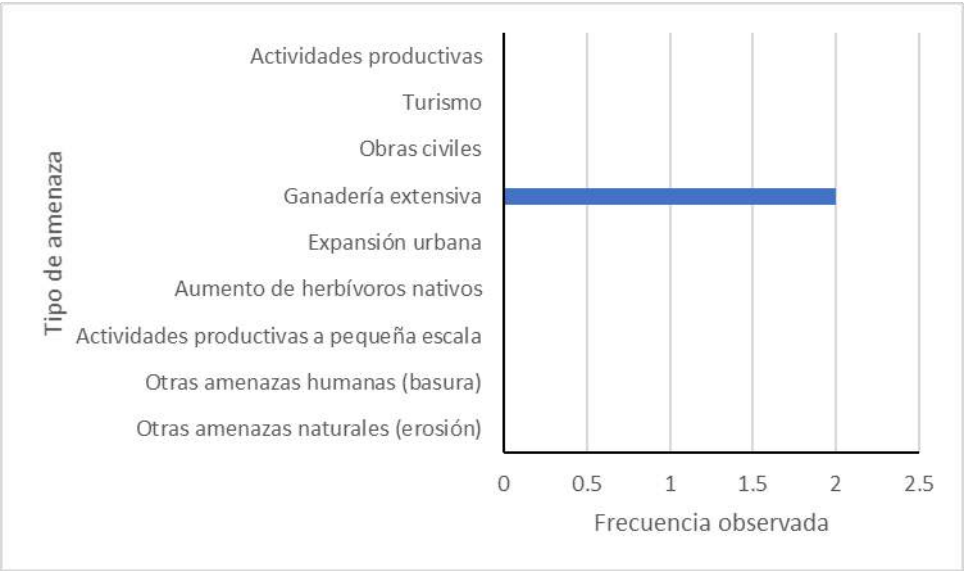


Figura 354. Corroboración de registros en el área de estudio de *Puya boliviensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 355 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la ganadería extensiva.



Folio005096

Figura 355. Amenazas registradas para *Puya boliviensis*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 62.82, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.84, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas tres accesiones de esta especie (BB544, BB1250 y BB1255), las dos primeras provenientes de la Quebrada Peralito, y la última de la Quebrada La Oveja.

Folio005097

88.- *Eriosyce taltalensis* subsp. *taltalensis* (Hutchinson) Katt.

Ranking IPM			124
Especie	***Eriosyce taltalensis* subsp. *taltalensis*** (Hutchinson) Katt.		
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**8.648.397**	Superficie estimada (m^2)	**2.238.239.524**
Número de localidades	**9**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa del mes de mayo**
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Expansión urbana**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Distribución

Folio005098

Este taxón, también considerado bajo el género *Pyrrhocactus*, se encuentra en categoría "Vulnerable" según el DS 13/2013 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra distribuida entre Paposo a Caldera. Existen registros en Paposo, Quebrada Matancillas, Quebrada San Ramón, Las Lozas, Esmeralda, Las Lomitas, Chañaral, Caleta Zenteno y Caldera.

Cuadro 119. Localidades de presencia de *Eriosyce taltalensis subsp. taltalensis*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Paposo, 3 Km South Of	351988	7234251	Friedrich Ritter FR 1453	
Taltal, 6 Km E De Paposo	355347	7234250	Eggli, U. & Leuenberger B. E. 2654	1994
Paposo, Localidad Rural	352432	7233398	Ritter	
Paposo	352134	7233218	Friedrich Ritter FR 1453	
Km 33598 (Inv_16)	353695	7230556	Faúndez, L.	
Matancillas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353359	7221780	Gutierrez, G.	
Matancillas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353106	7221586	Gutierrez, G.	
Taltal, North Of; 300M	355960	7206772	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1228	
San Ramon Valley	357184	7193569	Benjy Oliver OLV26	
San Ramon Valley	357873	7191884	Benjy Oliver OLV65	
San Ramon; Qda. A 5165	356136	7191576	Andreas Wessner AW 275	
Taltal, Ciudad	351047	7189090	Ritter	
Taltal	350742	7188004	Friedrich Ritter FR 213	
Taltal, East Of	356460	7184938	Friedrich Ritter FR 213	
Taltal, Sout-East Of; 470M	349911	7183770	Bruno Knutti, Christian Hefti KH 1042	
Sistema De Serranías Sur	336927	7167124	Faúndez L & Larraín B	2006
Quebrada Lateral A Quebrada Guanillos	334716	7135338	Faúndez, L.	2006
Guanillos-Tigrillo, Qda.	334581	7135048	Roman Staník RS 1479	
Sitio Copiapoa Laui. Quebrada Las Lozas (Inv_3)	334637	7135024	Faúndez, L.	2003
Quebrada Las Lozas	334624	7135006	Faúndez, L.	2005

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Esmeralda,	335238	7132806	Hutchison 420	1955
Lomitas, Mirador, ?	334797	7107841	Ritter	
Chañaral, Mountain 21Km North Of	335256	7091887	Friedrich Ritter FR 213	
Zenteno, Caleta	322238	7030679	Benjy Oliver OLV11	
South-West Of Caldera, Paposo To Alorro,	316768	7006467	Friedrich Ritter FR 213	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Eriosyce taltalensis* subsp. *taltalensis* (Figura 356), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.993. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a humedad relativa en el mes de mayo (Figura 357). Se observa que la probabilidad de presencia de *Eriosyce taltalensis* subsp. *taltalensis* es cercana al 95% en lugares en que la humedad relativa en mayo es superior al 90%.

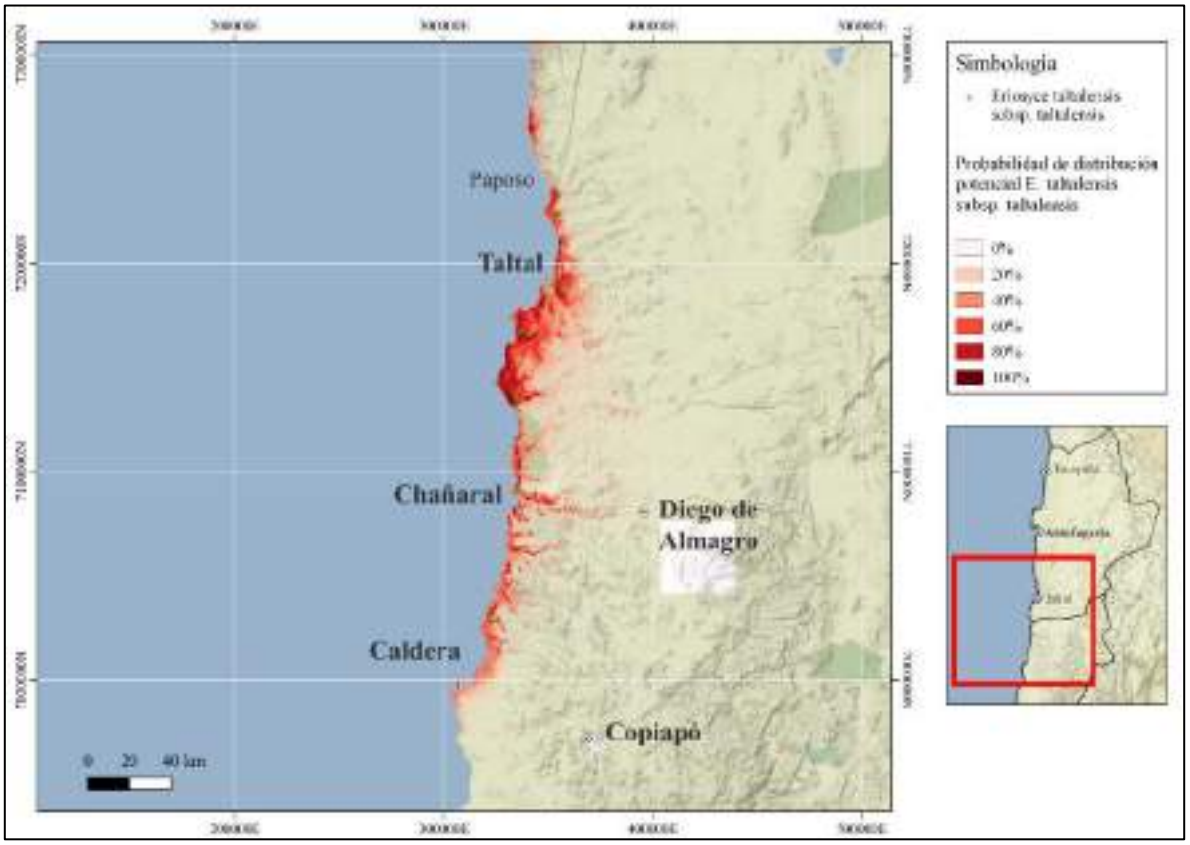


Figura 356. Modelación de nicho obtenida para *Eriosyce taltalensis* subsp. *taltalensis*.

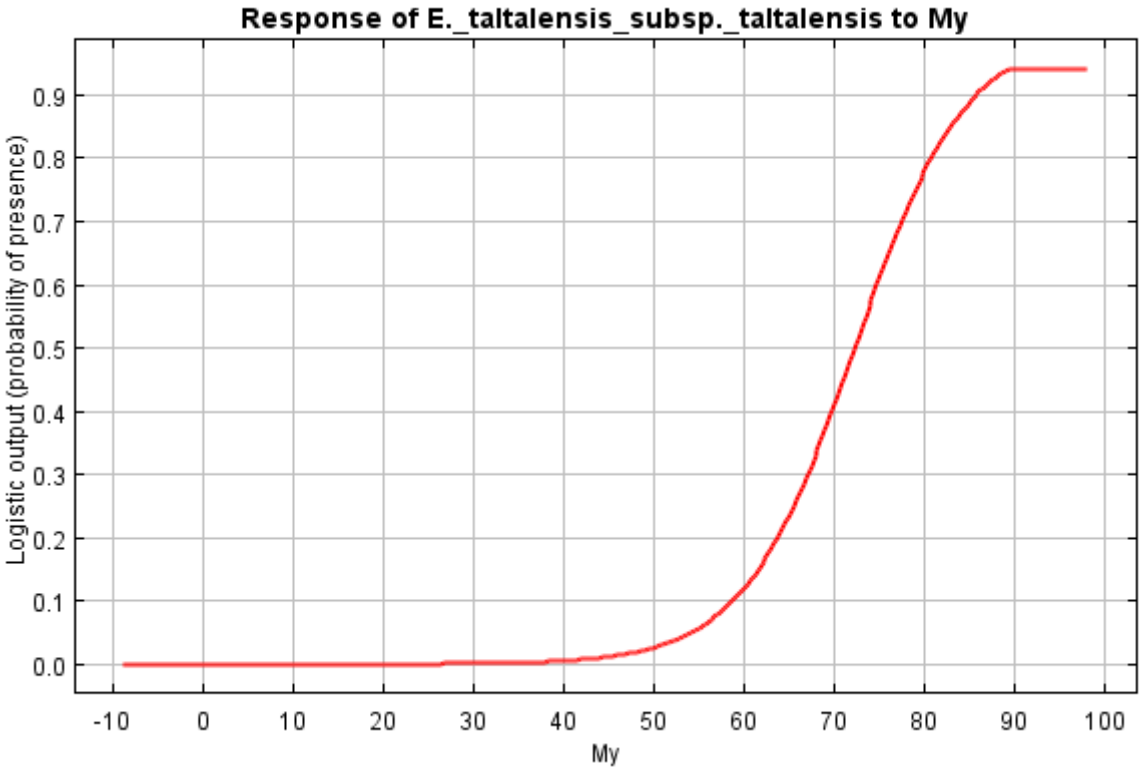


Figura 357. Respuesta de E. taltalensis subsp. taltalensis a la variable My, correspondiente a la humedad relativa durante el mes de mayo.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 1 individuo por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.437 (p = 1.51E-4). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 2.238.239.524 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 8.648.397 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 358.

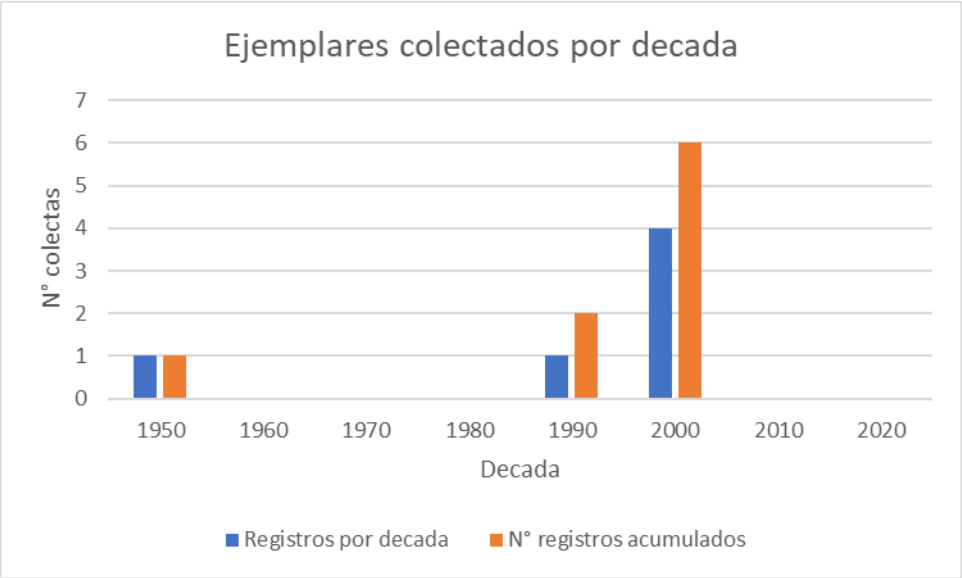


Figura 358. Registros de *Eriosyce taltalensis* subsp. *taltalensis* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 359.

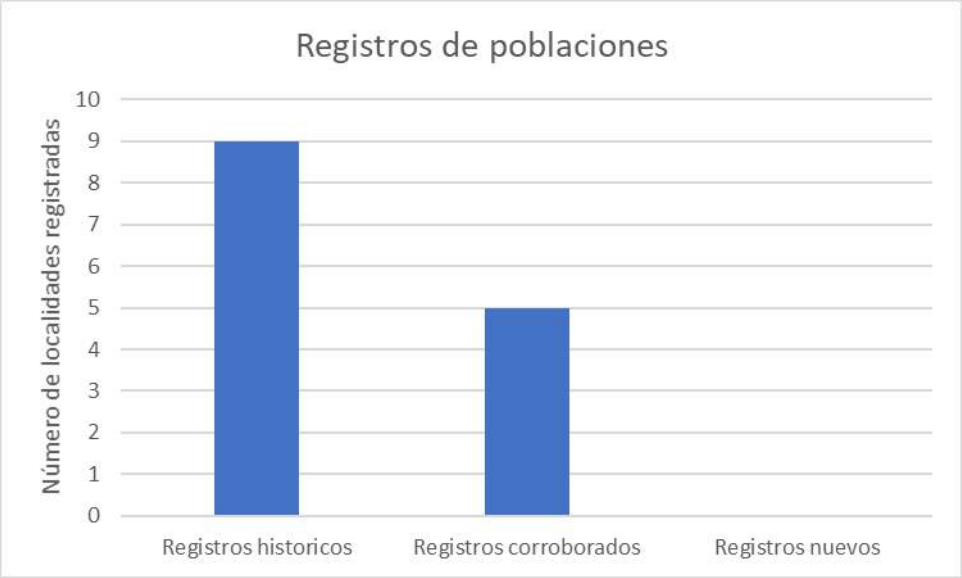


Figura 359. Corroboración de registros en el área de estudio de *Eriosyce taltalensis* subsp. *taltalensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 360 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la expansión urbana.

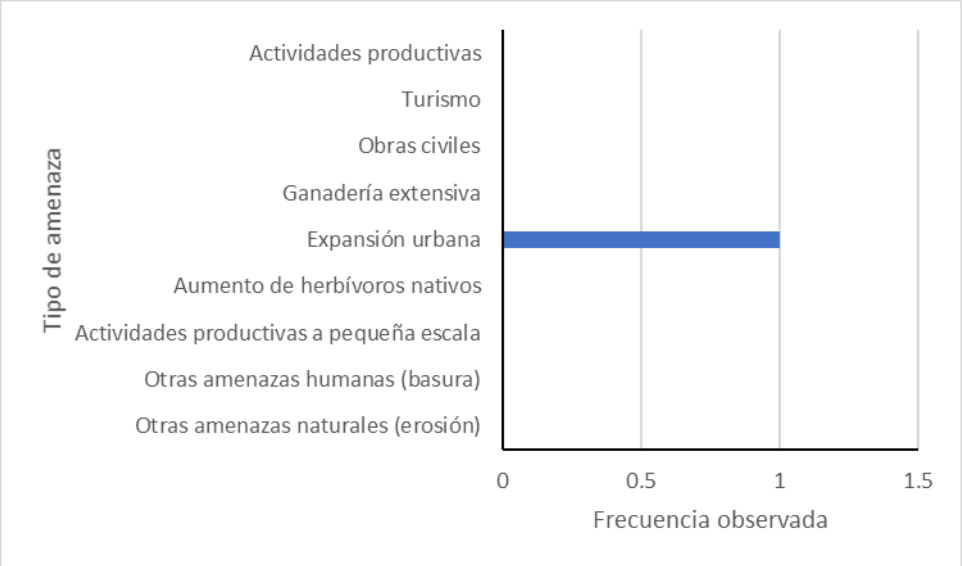


Figura 360. Amenazas registradas para *Eriosyce taltalensis* subsp. *taltalensis*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 67.23, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 2.22, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB548), proveniente de la Quebrada San Ramón.

Folio005103

89.- *Tigridia philippiana* I. M. Johnst.

Ranking IPM				125
Especie	***Tigridia philippiana*** I. M. Johnst.			Distribución
Familia	**Iridaceae**	Categoría de conservación	**VU**	
Número de individuos estimados	**3.991.720**	Superficie estimada (m^2)	**571.459.469**	
Número de localidades	**12**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa de la estación más seca**	
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Media**	
Amenaza más frecuente	**Expansión urbana**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**2**	

Folio005104

A pesar de que Philippi (1860) descubrió esta especie, no estaba seguro si se trataba del género *Tigridia*, por lo que prefirió no describirla. Más tarde, Johnston (1929) la confirma bajo ese género y la describe como especie nueva. Sin embargo, los análisis posteriores realizados por Chauveau et al. (2012) indican que probablemente esta especie correspondería a otro género, posiblemente a *Mastigostyla* u otro. Esta especie es considerada en categoría "Vulnerable" según el DS 41/2011 MMA.

- Presencia

Esta especie se distribuye entre Iquique al PN Pan de Azúcar. Se ha registrado en Punta Lobos, Tocopilla, Morro Moreno, Miguel Díaz, El Médano, El Rincón, Paposo, Quebrada El Cura, Matancillas, Cerro Perales, Quebrada Los Changos y Las Lomitas.

Cuadro 120. Localidades de presencia de *Tigridia philippiana.*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Iquique: Punta Lobos	383979	7671912	PINTO R 1	
Tocopilla: Tocopilla	375193	7556014	Mozer	
Inv 3 - Línea Cumbres Redondeadas	340257	7403038	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Laderas Cordón Oeste, Morro Moreno (Terreno Nov 2004)	340257	7403038	Faúndez, L. & Torres-Mura, J.C.	2004
Inv 3 - Línea Cumbres Redondeadas	340257	7402476	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Morro Moreno Sur/ Ladera Alta, Cumbre Rocosa, Neblina (Inv_7)	338524	7401224	Faúndez, L.	2006
Morro Moreno Sur/ Ladera (Inv_10)	337684	7401123	Faúndez, L.	2006
Morro Moreno Sur/ Ladera (Inv_5)	338536	7401010	Faúndez, L.	2006
Morro Moreno Sur/ Fondo Quebrada- Laderas Escarpadas (Inv_2)	338035	7400899	Faúndez, L.	2006
Morro Moreno Sur/ Ladera (Inv_4)	338298	7400861	Faúndez, L.	2006
Parte Alta, Loma Al Norte Quebrada	343224	7285220	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 67	2010
Miguel Díaz,300 - 800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	343411	7284661	Gutierrez, G.	
Miguel Díaz, Aguada	342258	7284037	Johnston, I. M. 5368	1925
Miguel Díaz, 0 - 300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	342258	7284037	Gutierrez, G.	

Folio005105

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Vicinity Of Miguel Díaz, Directly N Of Quebrada Iscuña, Ca. 55 Km N Of Paposo & Ca. 40 Km S Of El Cobre	343012	7283996	Dillon, M. O. 5308 b	
Miguel Díaz, 0 - 300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	342097	7283909	Gutierrez, G.	
Medano 800-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Lecho Quebrada	346973	7253499	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Qda El Medano	345051	7252635	QUEZADA & RUIZ 339	
Antofagasta: Qda El	345046	7252599	Quezada, M. & E. Ruiz 339	1991
Medano 300-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Cono Aluvial	345847	7252449	Gutierrez, G.	
Medano 300-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Cono Aluvial	345800	7252146	Gutierrez, G.	
Antofagasta: El Rinc	346832	7243388	VALENZUELA	1967
Antofagasta: El Rinc	349354	7241052	VALENZUELA	
Paposo, Localidad Rural	352432	7233398	Philippi, R. A.	1853
Antofagasta: Paposo	355367	7232404	Philippi, R. A.	1853
Antofagasta: Paposo,	353704	7230541	Schlegel, F. 7931	1985
Quebrada Paposo (Perales) 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354740	7231507	Gutierrez, G.	
Quebrada Paposo (Perales) 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357083	7231375	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Paposo, Qda Guanillos	353710	7230577	SCHLEGEL 7931	
Antofagasta: Paposo	353695	7230556	Philippi, R. A.	
El Cura 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	352631	7223040	Gutierrez, G.	
Matancillas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355068	7222817	Gutierrez, G.	
El Cura 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	352126	7222629	Gutierrez, G.	
Matancillas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353359	7221780	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Qda Taltal	355859	7186256	Arancio, G. 91562	1991
Antofagasta: Taltal	351461	7189761	WERDERMANN 854	
Antofagasta: Taltal	351400	7189615	Werdermann, E. 854	
Cerro Perales, East Of Taltal	356196	7186667	Dillon, M. O. 8106	

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Antofagasta: Taltal, Qda Changos	350835.9246	7186239.115	RICARDI 2573	
Antofagasta: Taltal,	350830	7186201	Ricardi, M. 2573	1953
Chañaral: Cerca De Aguada Grande	339930	7117797	JOHNSTON 5757	
Grande, Aguada	345800	7117238	Johnston, I. M. 5757	1925
Parque Nacional Pan De Azúcar, Oasis De Neblina	334797	7107841	Rundel	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Tigridia philippiana* (Figura 361), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.998. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la estación más seca (Figura 362), la cual en la presencia de esta especie corresponde al verano en los sitios bajo los 400 msnm, mientras que en los sitios sobre los 600 msnm es en invierno. Se observa que la probabilidad de presencia de *Tigridia philippiana* es sobre al 95% en lugares en que la humedad relativa en la estación más seca es superior a 90%.

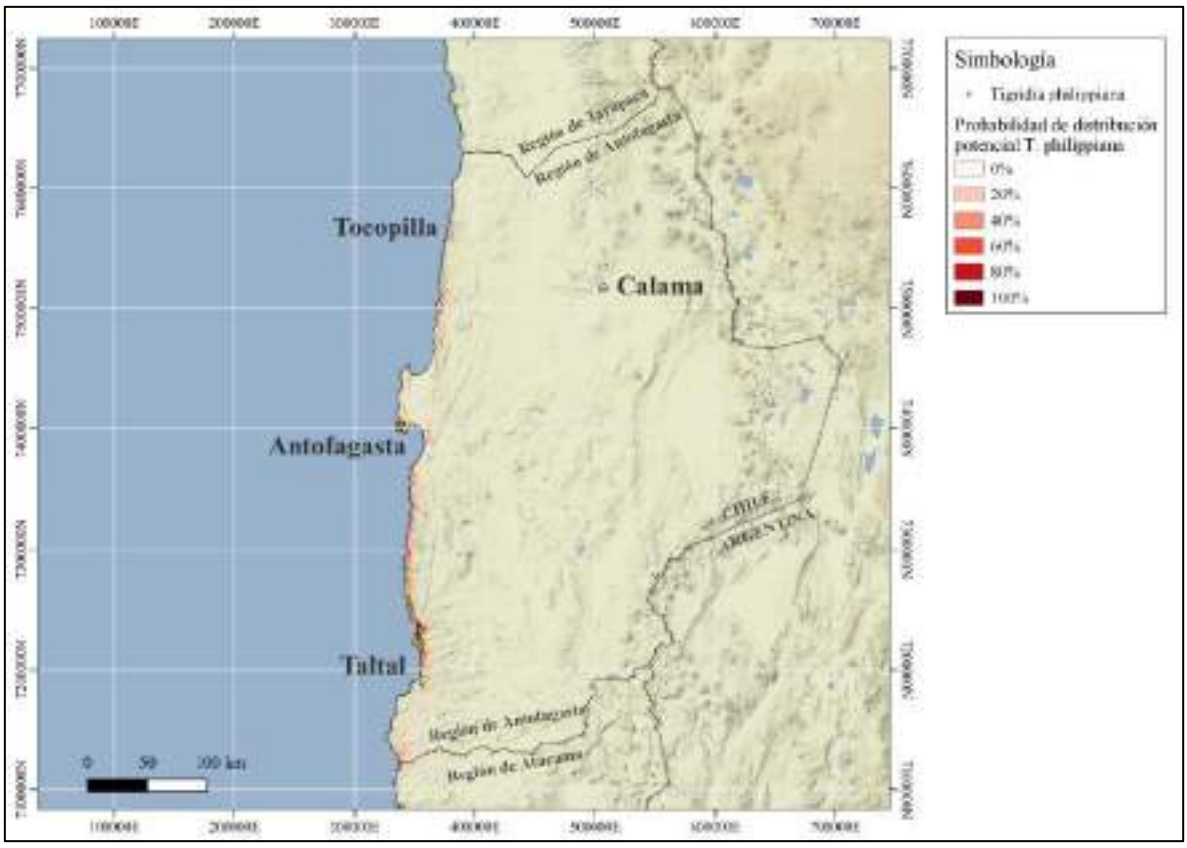


Figura 361. Modelación de nicho obtenida para *Tigridia philippiana*.

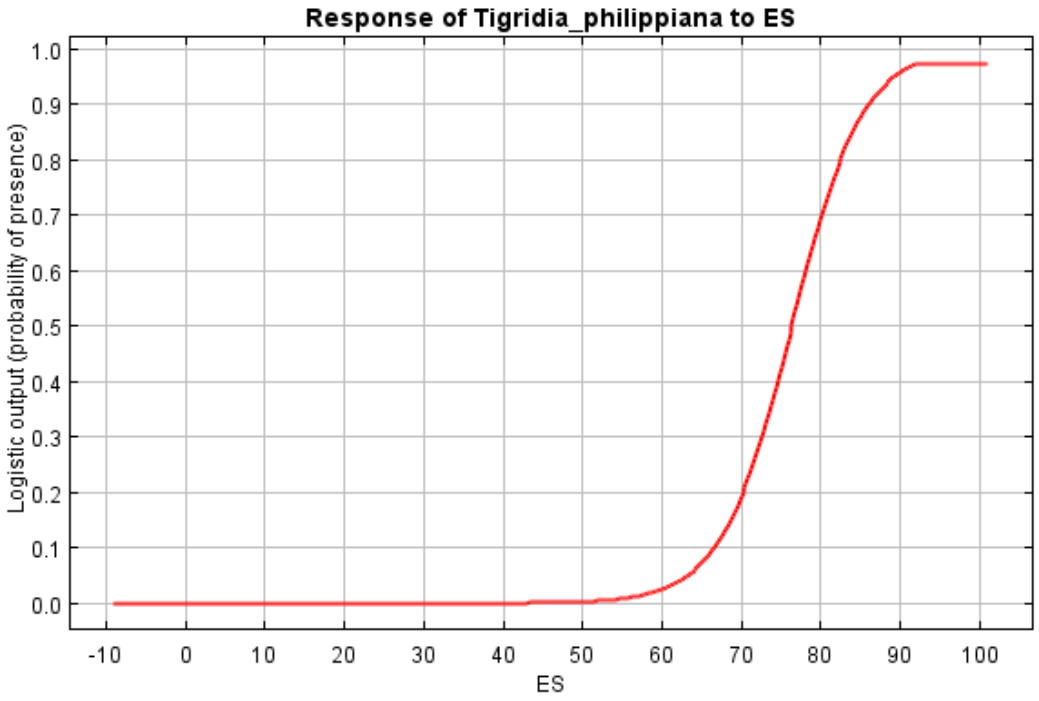


Figura 362. Respuesta de *T. philippiana* a la variable ES, correspondiente a la humedad relativa durante la estación más seca.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 2 individuos por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.395 (p = 1.672E-10). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 571.459.469 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 3.991.720 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 363.

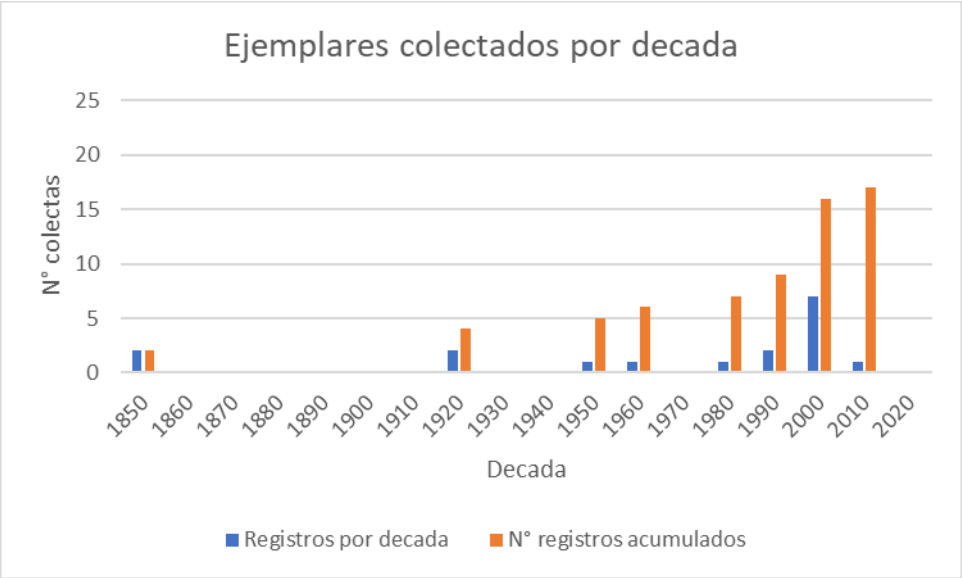


Figura 363. Registros de *Tigridia philippiana* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 364.

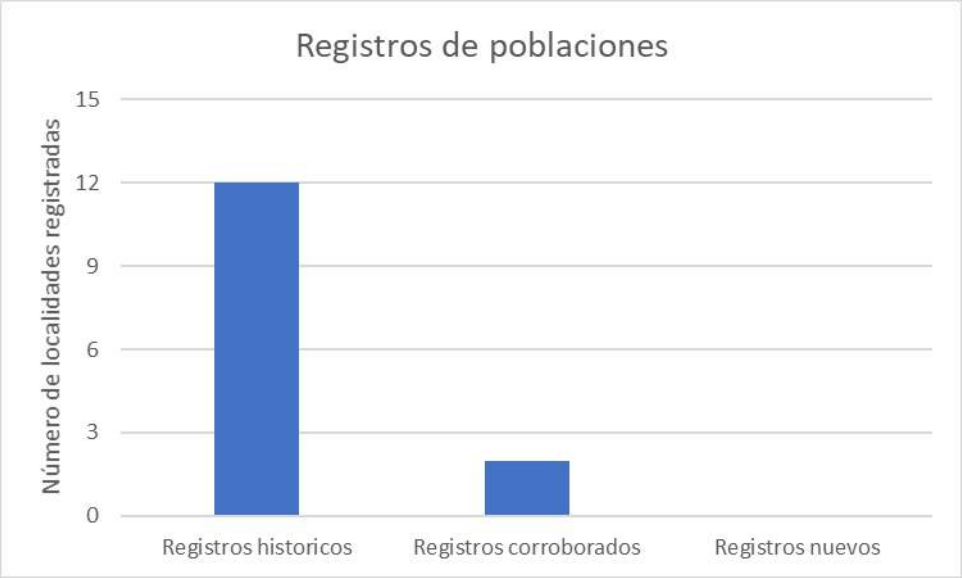


Figura 364. Corroboración de registros en el área de estudio de *Tigridia philippiana*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 365 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue la expansión urbana.

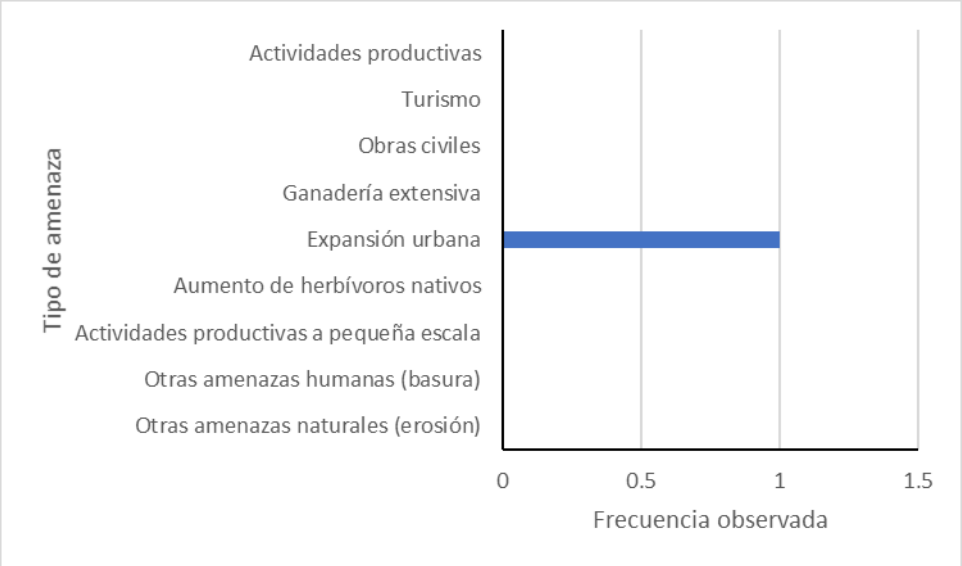


Figura 365. Amenazas registradas para *Tigridia philippiana*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 49.29, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 10.05, por lo que se considera una influencia media.

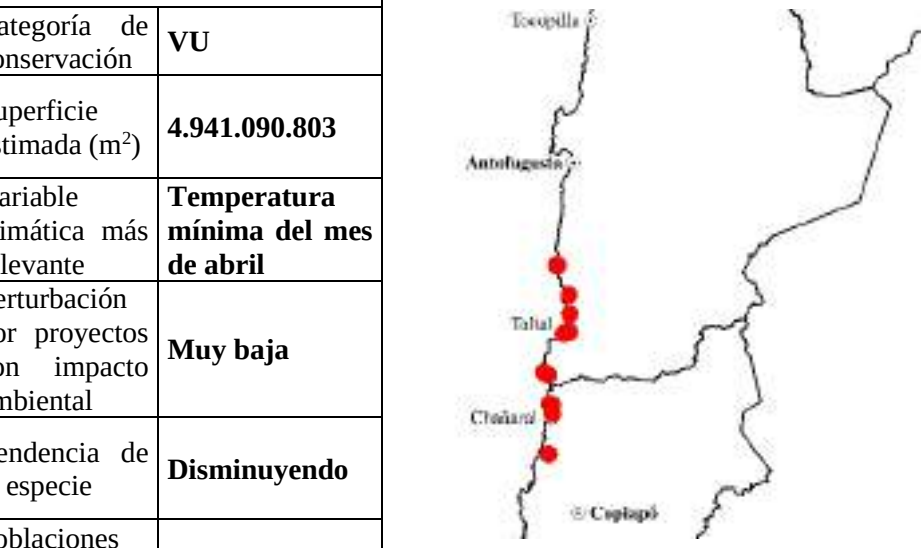
- Conservación en el BBS

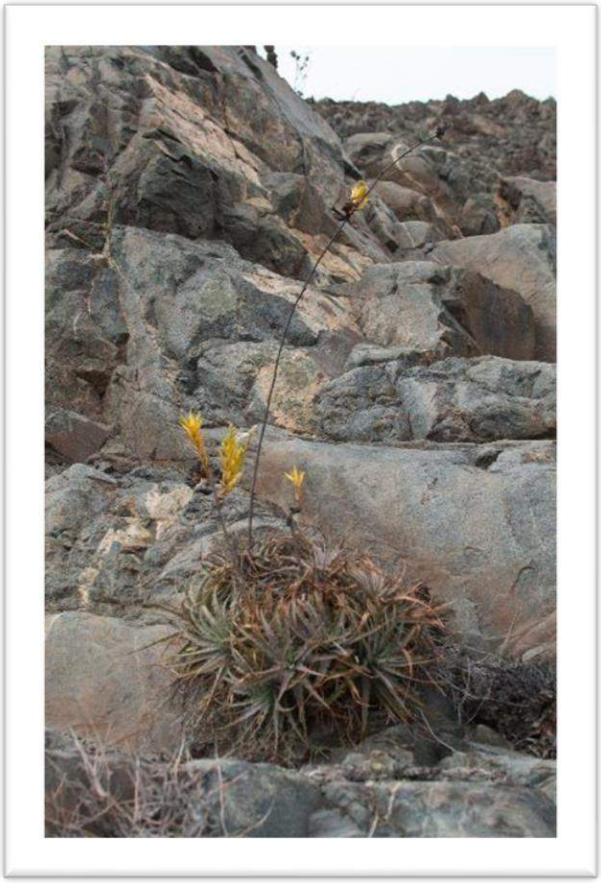
Se encuentran conservadas dos accesiones de esta especie (BB101 y BB419), provenientes de la Quebrada El Oro y de la Quebrada de Los Changos.

Folio005110

90.- *Deuterocohnia chrysantha* (Phil.) Mez

Ranking IPM			**127**
Especie	***Deuterocohnia chrysantha*** (Phil.) Mez		Distribución
Familia	**Bromeliaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**31.996.610**	Superficie estimada (m^2)	**4.941.090.803**
Número de localidades	**22**	Variable climática más relevante	**Temperatura mínima del mes de abril**
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Obras civiles**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**





Folio005111

Esta especie corresponde a la única del género *Deuterocohnia* en Chile. Este género se distingue de otros de la familia Bromeliaceae por sus varas florales perennes. Esta especie se encuentra en categoría "Vulnerable" de acuerdo al DS 51/2008 MINSEGPRES, y se encuentra restringida a lugares con poca incidencia de humedad, normalmente bajo la zona de niebla.

- Presencia

D, chrysantha se ha registrado entre la Quebrada La Plata a Obispito, siendo registrado en la Quebrada La Plata, El Médano, Punta Posallaves, Las Cañas, El Rincón, Paposo, Quebrada La Totorita, Quebrada Yerbas Buenas, Quebrada Matancillas, Quebrada La Oveja, Potrerillos, Cachinales, Bandurrias, Taltal, Las Breas, Las Tórtolas, El Gritón, Quebrada Portillo, Quebrada Las Lozas, La Cachina, Pan de Azúcar, Chañaral y Caleta Obispito.

Cuadro 121. Localidades de presencia de *Deuterocohnia chrysantha*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada Plata 0-300 M, Exposición Nor-Oeste, Posición De Lecho Quebrada	344998	7266766	Gutierrez, G.	
Medano 800-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Lecho Quebrada	346973	7253499	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Punta Posallaves	345051	7252635	QUEZADA & RUIZ 311	
Punta Posallaves	345046	7252599	Quezada, M. & E. Ruiz 311	1991
Punta Posallaves	345847	7252449	Quezada, M. & E. Ruiz 311	
Quebrada Al Norte De Quebrada Las Cañas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	348230	7247938	Gutierrez, G.	
Quebrada Al Norte De Quebrada Las Cañas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	347559	7246861	Gutierrez, G.	
Sector Rinconada 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	350045	7241717	Gutierrez, G.	
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	
Quebrada Yumbes 300-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Lecho Quebrada	345397	7317807	Johnston	
Ca. 7 Km N Of Paposo Along Road To El Cobre	350582	7239775	Dillon, M. O. 5270	
Sector El Gaucho 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	350725	7239027	Gutierrez, G.	
Tramo 1: Paposo-Cruce Ruta B-70 (Unidad 11)	352432	7233398	Faúndez, L.	2007
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	

Folio005112

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Antofagasta: Cuesta De Paposo	355372	7232441	JILES 4965	
Cuesta De Paposo	355367	7232404	Jiles, C. 4965	1966
Cuesta De Paposo	355367	7232404	Jiles, C. 5390	1969
Paposo	355367	7232404	Marticorena & al. 433	1964
Quebrada Paposo (Perales) 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354740	7231507	Gutierrez, G.	
Quebrada Peralito	357083	7231375	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	
Paposo	355724	7230969	Marticorena, C. 433	
Quebrada Algarrobo 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354147	7230900	Gutierrez, G.	
Quebrada Guanillos (Las Lozas):Parte Baja	353695	7230556	Faúndez, L.	
Qda Guanillo	353704	7230541	Reiche, K.	
Quebrada Paposo (Perales) 800-1000 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355590	7230440	Gutierrez, G.	
Quebrada La Totorita 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353723	7230200	Gutierrez, G.	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352928	7223821	Gutierrez, G.	
Quebrada Yerbas Buenas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	352219	7223683	Gutierrez, G.	
Matancilla, Quebrada	355332	7222994	BIOTA LTDA.	2017
Quebrada Exp. Oeste	353511	7222231	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Ladera Exp. Norte	353770	7221964	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Matancillas 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	353359	7221780	Gutierrez, G.	
La Oveja 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354528	7220526	Gutierrez, G.	
La Oveja 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	354291	7220261	Gutierrez, G.	
Potrerillos 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Cono Aluvial	355897	7219542	Gutierrez, G.	
Potrerillos 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355858	7219524	Gutierrez, G.	
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355997	7217034	Gutierrez, G.	
Bandurrias 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	358016	7212044	Gutierrez, G.	

Folio005113

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Bandurrias 0-300 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357543	7210943	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Qda De Taltal	355726	7199215	JILES 5461	
Taltal, Ciudad	351047	7189090	Borchers	
Taltal, Ciudad	351047	7189090	Johnston, I. M. 5097	1925
Breas, Las Localidad Rural	358635	7177952	Larrañaga, A.	
Zona Costera, Al Norte De Bufadero, Pnpa, Piedmont Y Terraza Marina	335841	7177069	Faúndez L & Larraín B	2006
Lomajes Y Cumbres Sistema Tórtolas	336955	7175753	Faúndez, L.	2006
Cumbre Redondeada, Divisoria Cuenca San Pedro	336980	7175561	Faúndez, L.	2006
Lomajes Y Cumbres Sistema Tórtolas	336508	7175560	Faúndez L & Larraín B	2006
Roqueríos Bajos, Exposición General Oeste	336248	7175502	Faúndez L & Larraín B	2006
Cumbre Redondeada, Divisoria Cuenca San Pedro	337033	7175464	Faúndez L & Larraín B	2006
Lomajes Y Serranías Cuenca San Pedro	337075	7175261	Faúndez L & Larraín B	2006
Lomajes Y Serranías Cuenca San Pedro	337584	7175147	Faúndez, L.	2006
Laderas Cerros El Gritón-Portillo	346570	7175031	Faúndez L & Larraín B	2006
Fondo De Quebrada Portillo	346032	7174616	Faúndez L & Larraín B	2006
Quebrada Lateral A Quebrada Guanillos	334716	7135338	Faúndez L & Larraín B	2006
Quebrada Guanillos (Las Lozas):Parte Baja	333718	7135091	Faúndez L & Larraín B	2006
Ca. 60 Km S Of Taltal, Near Mouth Of Quebrada De La Cachina	334496	7130356	Dillon, M. O. 6031	
Zona Costera, Al Norte De Bufadero, Pnpa, Piedmont Y Terraza Marina	335841	7117070	Faúndez, L.	2006
Pan De Azúcar, Localidad Rural	334797	7107841	Billet, F. & B. Jadin 5400	1991
Pan De Azúcar, Localidad Rural	334797	7107841	Johnston, I. M. 5840	1925
Pan De Azúcar, Localidad Rural	334797	7107841	Philippi, R. A.	
Chañaral, Ciudad	335635	7083360	Reiche, K.	
Copiapo: Frente Caleta Obispito	328336	7046714	RODRIGUEZ & RIVERA 49	
Copiapo: 5 Km S De Obispito, Cam Caldera-Chañaral	326000	7038211	RICARDI 5494	

Fuente: Biota (2018)

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Deuterocohnia chrysantha* (Figura 366), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.983. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la temperatura

Folio005114

mínima del mes de abril (Figura 367). Se observa que la probabilidad de presencia de *Deuterocohnia chrysantha* es sobre el 85% en lugares en que la temperatura mínima del mes de abril es superior a 15°C.

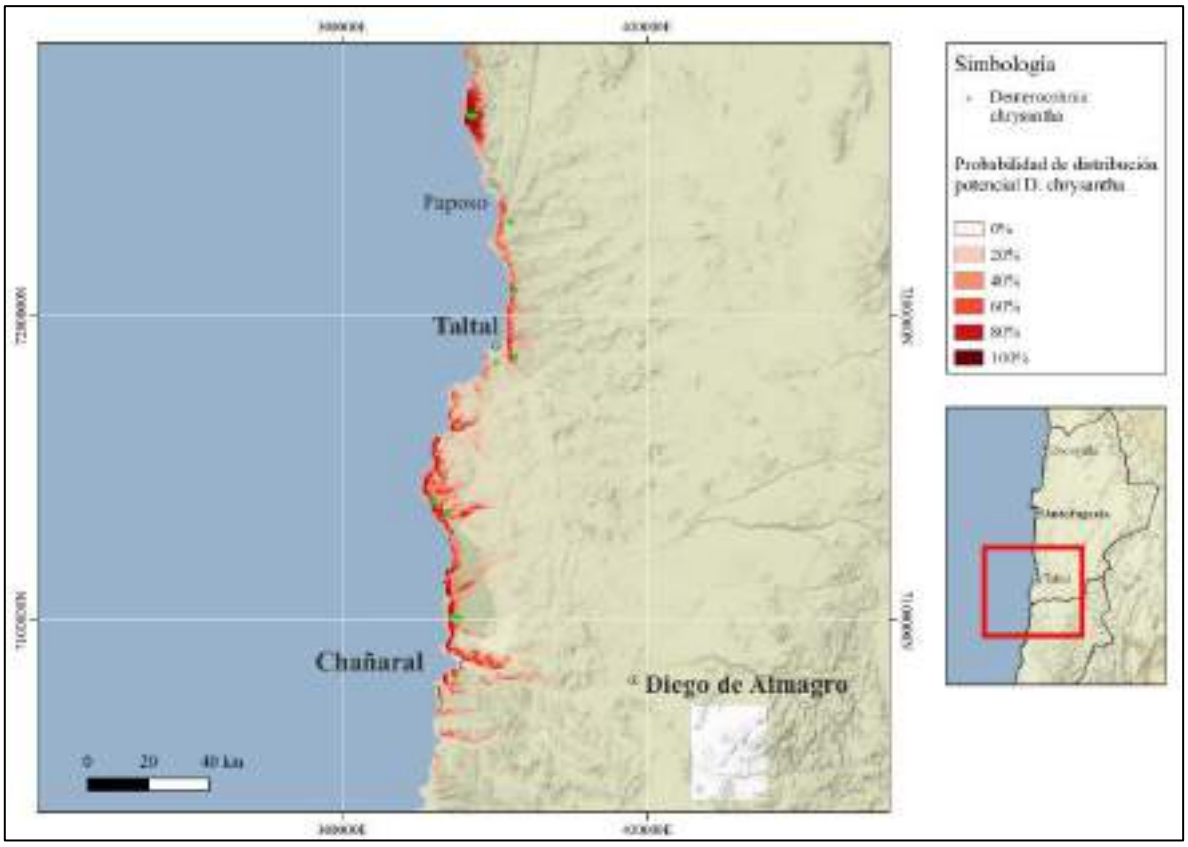


Figura 366. Modelación de nicho obtenida para *Deuterocohnia chrysantha*.

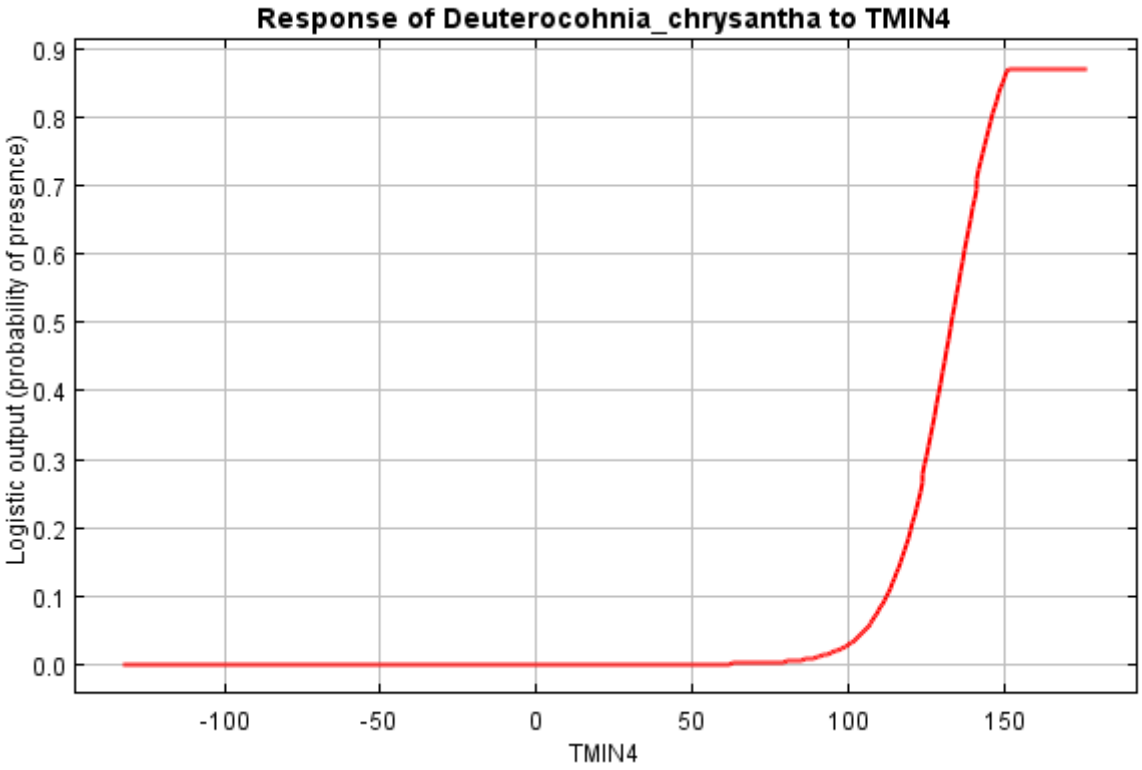


Figura 367. Respuesta de *D. chrysantha* a la variable TMIN4, correspondiente a la temperatura mínima de abril, representada en el eje X por C°/10.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 11,66 ± 22,17 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.063 (p = 2.165E-5). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 4.941.090.803 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 31.996.610 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Esta especie ha sido registrada mayoritariamente en la década del 2000.

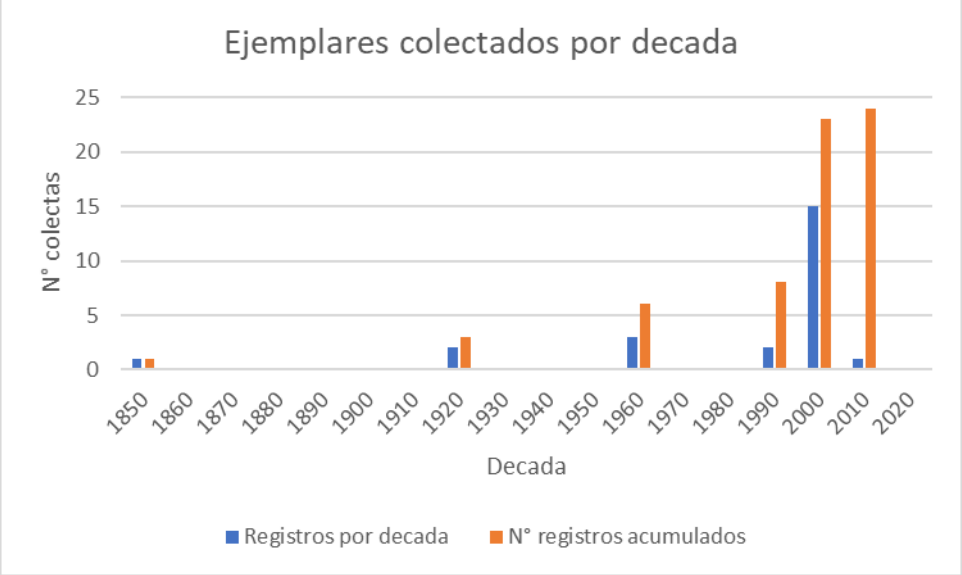


Figura 368. Registros de *Deuterocohnia chrysantha* realizados a través del tiempo.

A pesar de tener múltiples registros, muchas de estas localidades fueron visitadas, pero no se observó la especie. Es posible que esto se deba a su extracción.

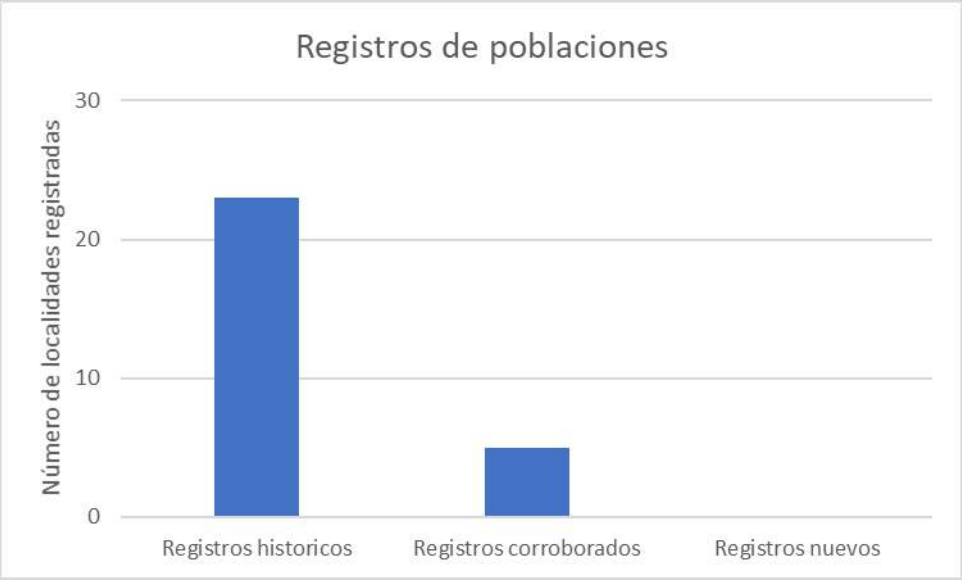


Figura 369. Corroboración de registros en el área de estudio de *Deuterocohnia chrysantha*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Folio005117

En la Figura 370 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que las mayores amenazas fueron las obras civiles.

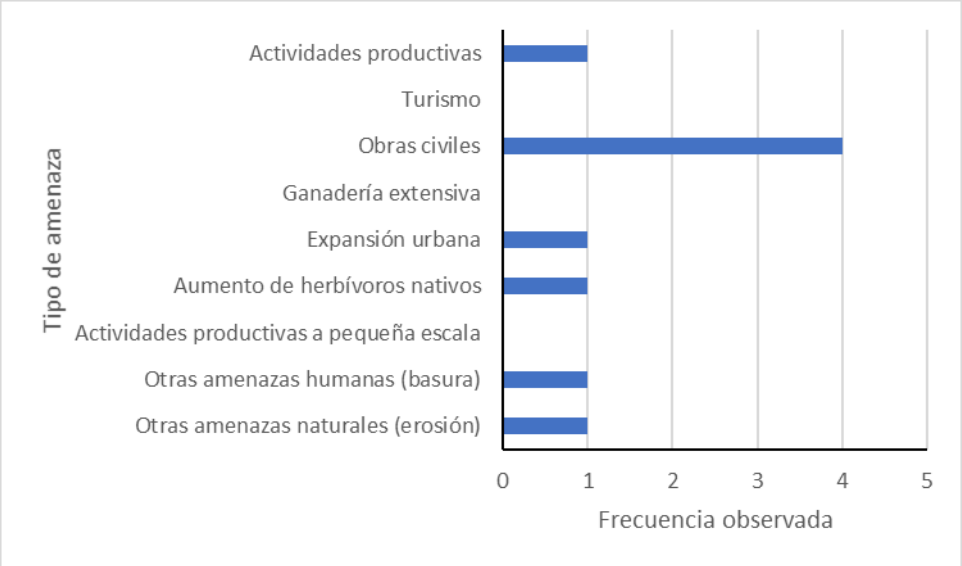


Figura 370. Amenazas registradas para *Deuterocohnia chrysantha*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 31.56, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 2.98, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas dos accesiones de esta especie (BB404 y BB1257), ambas provenientes del sector El Gaucho.

Folio005118

91.- *Eriosyce iquiquensis* (F. Ritter) Ferryman

Ranking IPM			**128**
Especie	***Eriosyce iquiquensis*** (F. Ritter) Ferryman		Distribución
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**64**	Superficie estimada (m^2)	**8.000.000**
Número de localidades	**8**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Media**
Amenaza más frecuente	**Erosión**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Folio005119

Esta corresponde a un grupo de *Eriosyce* considerados también como *Islaya*, un género usado para referirse a aquellas especies presentes al extremo norte de Chile y el sur de Perú. De acuerdo con el DS 19/2012 MMA, esta especie se encontraría en categoría "Vulnerable".

- Presencia

Esta especie se ha colectado entre Camaraca (Arica) y Antofagasta, donde se ha colectado en Camaraca, Punta Madrid, Pisagua, Iquique, Pabellón de Pica, Alto Loa, Quebrada Quillagua (Tocopilla) y La Chimba.

Cuadro 122. Localidades de presencia de *Eriosyce iquiquensis*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Camaraca, Steep Coast	360988.6873	7955832.932	Friedrich Ritter FR 268	1953
Punta Madrid			Pinto y García	2020
Iquique	379993.795	7764668.051	Friedrich Ritter FR 201	1954
Iquique-Pisaqua; 200M	379993.795	7764668.051	Karel Knize KK 1457	
Iquique,200M	379993.795	7764668.051	Karel Knize KK 1552	
Pabellón de Pica			Pinto y García	2020
Alto Loa			Pinto y García	2020
Quebrada Quillagua	380721.3376	7560708.547	INIA	2020
La Chimba	361170.2617	7396092.788	Friedrich Ritter FR 204	
Antofagasta, Near	358985.6208	7383225.013	Friedrich Ritter FR 203	1954
Guanillos, Iquique	334581.4221	7135048.421	Friedrich Ritter FR 712	1958

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Debido a que la especie cuenta con menos de 10 localidades de presencia, no se realizó una modelación de nicho.

- Abundancia

Esta especie se censó en la Quebrada Quillagua, cercana a Tocopilla, contabilizándose 8 individuos en una superficie de 1.000 x 1.000 m^2. Considerando que existen registros de esta especie en 8 puntos, se consideran 8 grillas. Por lo tanto, se estima que existen 64 individuos en una superficie de 8.000.000 m^2.

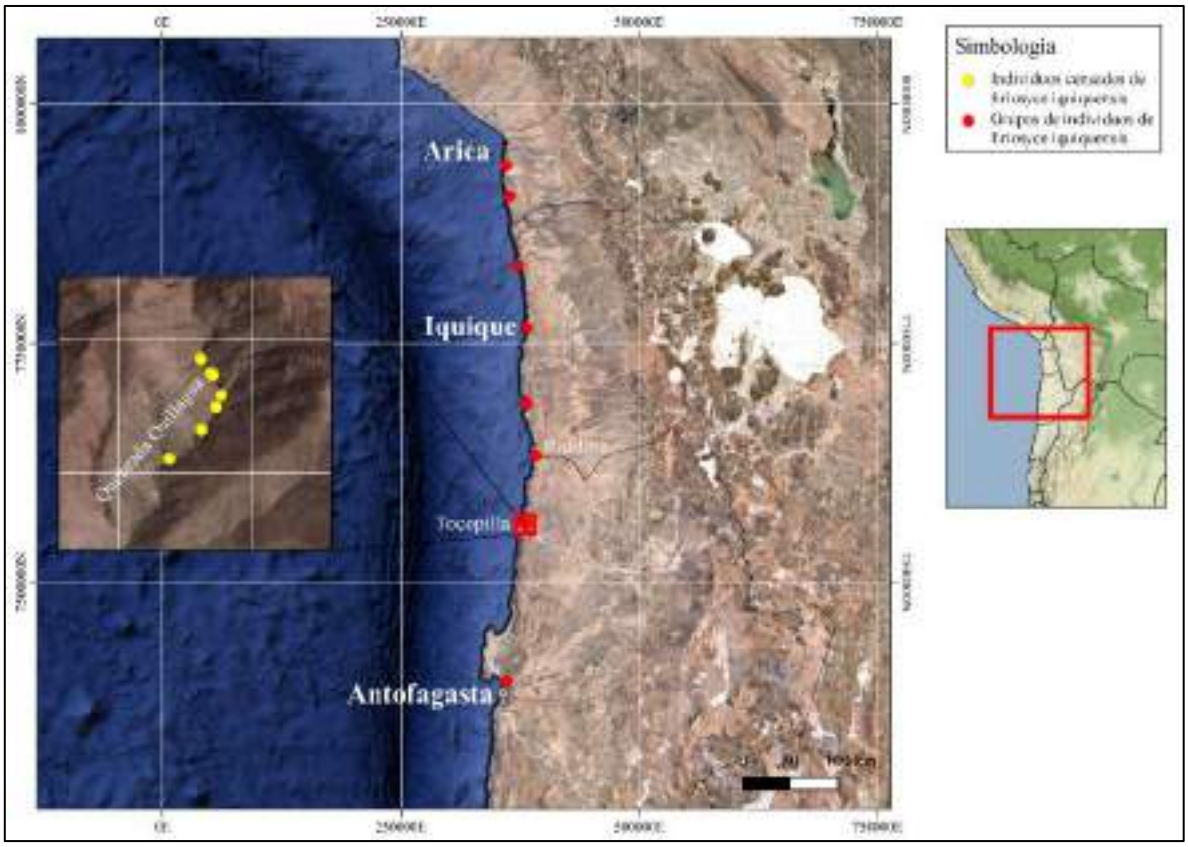


Figura 371. Distribución de presencias de *Eriosyce iquiquensis*.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 372.

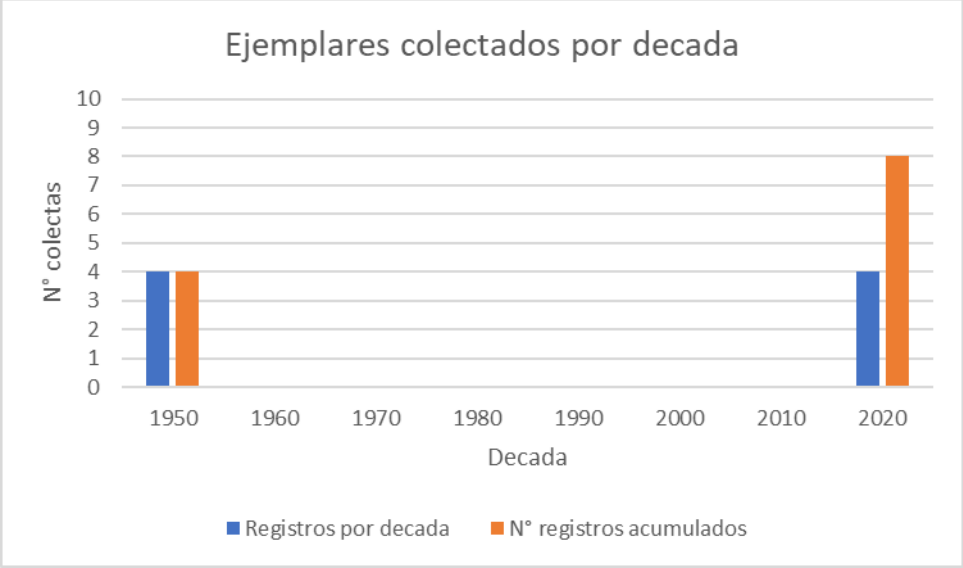


Figura 372. Registros de *Eriosyce iquiquensis* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 373

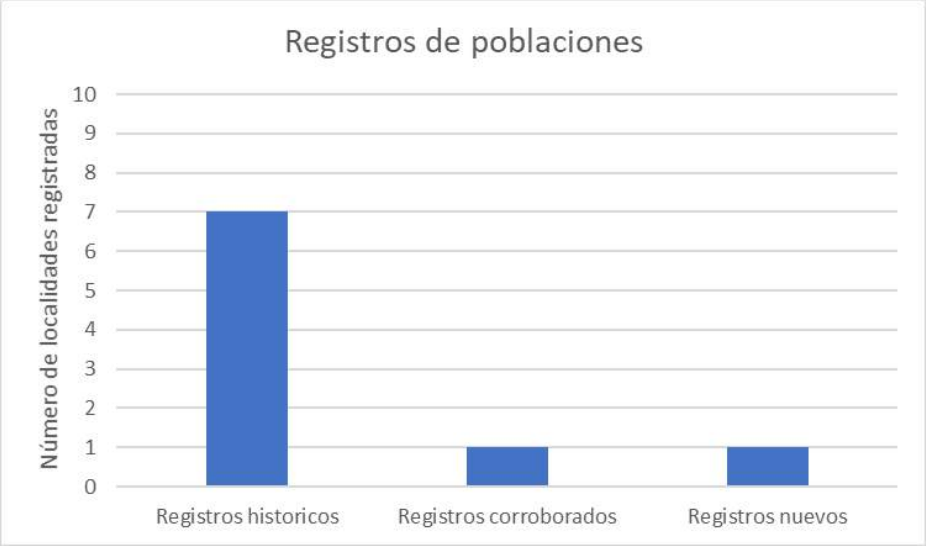


Figura 373. Corroboración de registros en el área de estudio de *Eriosyce iquiquensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 374 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la erosión.

Folio005122

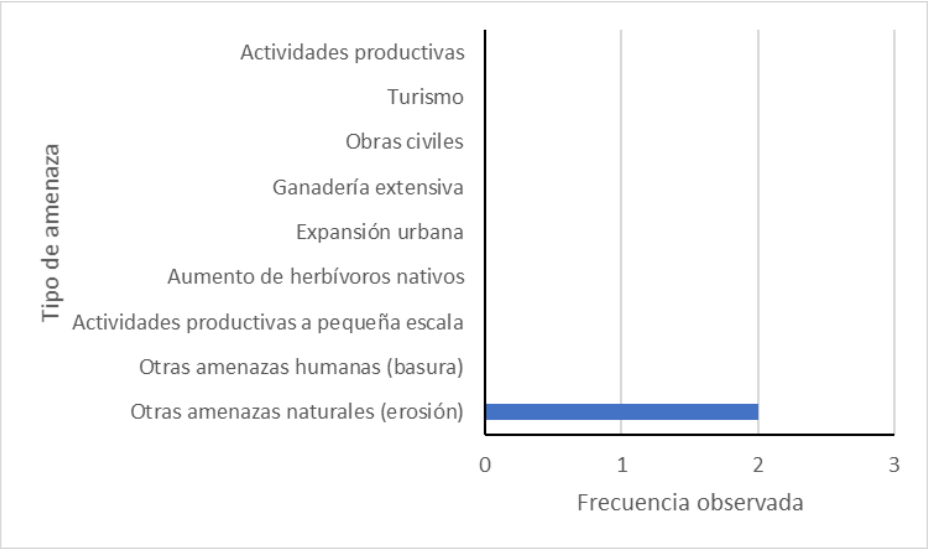


Figura 374. Amenazas registradas para *Eriosyce iquiquensis*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 57.13, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 10.06, por lo que se considera una influencia media.

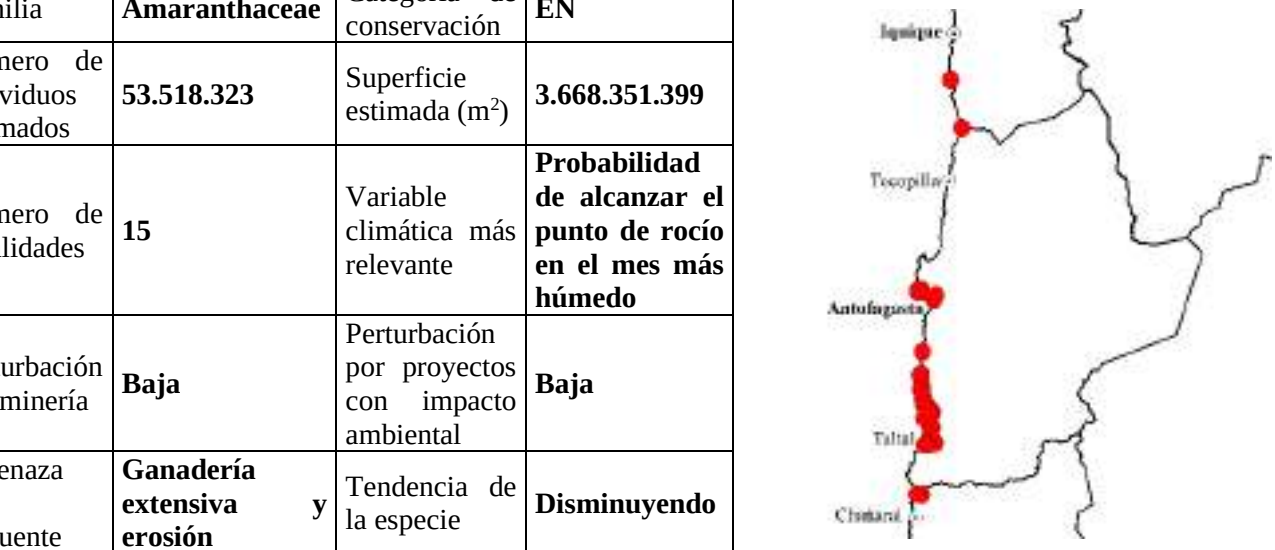
- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB1557), proveniente de la Quebrada Quillagua en Tocopilla.

Folio005123

92.- *Atriplex taltalensis* I.M. Johnst.

Ranking IPM			**129**
Especie	***Atriplex taltalensis*** I.M. Johnst.		Distribución
Familia	**Amaranthaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**53.518.323**	Superficie estimada (m^2)	**3.668.351.399**
Número de localidades	**15**	Variable climática más relevante	**Probabilidad de alcanzar el punto de rocío en el mes más húmedo**
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva y erosión**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**



Folio005124

Esta especie de distribución acotada, corresponde a uno de los endemismos descritos por Ivan Johnston. De acuerdo al DS 42/2011 MMA, esta especie se encontraría “En Peligro”.

- Presencia

Esta especie se distribuye entre Alto Patache a Taltal. A pesar de que en la zona norte se encuentra en sitios bastantes aislados (Alto Patache, Morro Moreno y La Chimba), más hacia el sur se tienen bastantes registros, sugiriendo que se trata de una especie de distribución continua.

Cuadro 123. Localidades de presencia de *Atriplex taltalensis.*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Punta Gruesa			Pinto y García [fotografía]	
Iquique: Alto Patache	380317	7699560	BELMONTE 712	
Punta Lobos			Pinto y García [fotografía]	
Chipana			Pinto y García [fotografía]	
Alto Loa			Pinto y García [fotografía]	
M Moreno Peninsula Moreno	341506	7404239	Baumann, G.	1992
Antofagasta: Cerro Moreno	339989	7403947	ZOELLNER 7085	
Cerro Moreno	340907	7403660	Zöllner, O.	1973
Inv 1A. Quebrada Baja, Hasta 400 M	337764	7403550	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Cerro Moreno	340257	7403038	Zöllner, O.	
Laderas Cordón Oeste, Morro Moreno (Terreno Nov 2004)	340257	7403038	Faúndez, L. & Torres-Mura, J.C.	2004
Morro Moreno, Sitio Prioritario	340257	7403038	Ortiz et al.	
Inv 3 - Línea Cumbres Redondeadas	340257	7402476	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Antofagasta: Morro Moreno	341711	7402120	TEILLIER 6307	
Inv 4A - Laderas Exp. Sur, Bajo 400 M	338282	7401704	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Morro Moreno Sur/ Ladera Alta, Cumbre Rocosa, Neblina (Inv_7)	338524	7401224	Faúndez, L.	2006
Peninsula Moreno, Cerros	340693	7401037	Baumann, G.	1992
Antofagasta: Peninsula Moreno, Cerros O De J.Lopez	343433	7400293	BAUMANN 56	
Morro Moreno Sur/ Fondo Quebrada (Inv_1)	337563	7400206	Faúndez, L.	2006
Quebrada La Chimba, Ne Of Antofagasta	360166	7394925	Dillon, M. O. 5884	

Folio005125

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Punta Gruesa			Pinto y García [fotografía]	
Antofagasta: Aguada Miguel Diaz Y En Qdas Al Sur	342991	7285842	MARTICORENA A ET AL 693	
Subida Exposición W Y N, Bajo Wp-32	342781	7284983	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Ladera Exp. Oeste - Sur-Oeste	342394	7284791	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Quebrada Media , Ladera Exposicion Norte	342025	7284611	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Aguada Miguel Diaz, Prime	341511	7284538	Rosas, M. 2896	2005
Ladera Exp. Sur-Este	342981	7284425	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Vicinity Of Aguada Da Miguel Diaz About Mouth Of Quebrada	342258	7284037	Johnston, I. M. 5379	1925
Aguada Miguel Diaz, Prime	342258	7284037	Rosas, M. 2896	
En Terraza, Cono Deyección	342159	7283990	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Antofagasta: Aguada De Miguel Diaz	343012	7283996	JOHNSTON (T) 5379	
Miguel Díaz, Cono Deyección	341781	7283731	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Tramo 3, Cerro Paranal (Inv_27)	358283	7275070	Faúndez, L.	2007
Tramo 3, Cerro Paranal (Inv_27)	358283	7275070	Faúndez, L.	
Paposo, Q. De La Plata	344998	7266766	Rosas, M. 3368	
Paposo, Q. De La Plata	342329	7265333	Rosas, M. 3368	2006
Ladera Exp. Sur-Oeste	345245	7258855	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Ladera Exp. Sur-Oeste	345485	7257756	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Sur-Oeste	345089	7257675	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ii Region.Antofagasta: El Medano	345052	7252636	Schulz, N. 17	2006
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	348980	7245011	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Taltal, Paposo, Queb La Rinconada	350205	7243462	BAINES ET AL 68	
Paposo, El Rincon	346832	7243388	Ricardi, M. 2680 2680	1953
Quebrada El Rincón (Inv_5)	350469	7243218	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Sector Rinconada 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	350098	7242874	Gutierrez, G.	
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	349561	7242610	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Paposo, Queb El Rincon	350225	7241616	FINGER ET AL 80	
Cono Deyección Exp. Oeste	349676	7241097	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006

Folio005126

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Punta Gruesa			Pinto y García [fotografía]	
Cono Deyección Exp. Oeste	349354	7241052	Faúndez, L. & Larraín, B.	
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
Antofagasta: Paposo, 5 Km Al Norte	353631	7237961	HELLWIG	
Paposo, 5 Km Al Norte	353625	7237924	Hellwig Sin información	1985
Paposo, 5 Km Al Norte, En	351520	7237801	Hellwig	1985
Paposo, Camino A La Capilla	355386	7230559	NUÑEZ 40	1957
Antofagasta: Paposo	357035	7234305	HOFFMANN & RODRIGUEZ X 105	
Colina Sobre Paposo, Cam A Mina Julia	353665	7234232	Taylor, C. M., C. von Bohlen & A. Marticorena 10709	1991
Evaluación Flora Amenazada Asociada Al Proyecto Suministro Eléctrico Complejo Astronómico Paranal – Armazones	354618	7233974	Girón et al	2016
Evaluación Flora Amenazada Asociada Al Proyecto Suministro Eléctrico Complejo Astronómico Paranal – Armazones	354679	7233961	Girón et al	2016
Paposo, 5 Km Al Norte	352432	7233398	Hellwig	
Paposo, Quebrada De Papos	355149	7232632	Rosas, M. 1071	
Antofagasta: Paposo, Quebrada De Los Perales	355372	7232441	HOFFMANN & RODRIGUEZ X 128	
Qda Paposo	355367	7232404	Quezada, M. & E. Ruiz 212	1991
Quebrada Peralito	354053	7231968	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Ladera Exp. Sur	353778	7231936	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Fdo. Quebrada	353828	7231912	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
S De Paposo	353142	7231645	Jiles, C.	1966
Quebrada Paposo (Perales) 800-1000 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357083	7231375	Gutierrez, G.	
Antofagasta: S De Paposo	355392	7230595	JILES 4970	
Fdo. Quebrada	353695	7230556	Faúndez, L. & Larraín, B.	
S De Paposo	355386	7230559	Jiles, C. 4970	1966

Folio005127

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Punta Gruesa			Pinto y García [fotografía]	
Quebrada Paposo (Perales) 800-1000 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355590	7230440	Gutierrez, G.	
Grande, Punta	348272	7224265	Johnston, I. M. 5219	1925
Antofagasta: Qda Bandurrias	357267	7212154	SCHLEGEL 7853	
Qda Bandurrias	357261	7212117	Schlegel, F. 7853	1985
Qda Bandurrias	357543	7210943	Schlegel, F.	
Qda Bandurrias	355831	7210886	Schlegel, F.	1985
Antofagasta: Qda De Taltal	355726	7199215	MONTERO 2893	
Antofagasta: Quebrada De Taltal	351461	7189761	JILES 5481	
Taltal	351400	7189615	Grandjot, K.	
Taltal	351138	7189222	Grandjot, K. 21734	
Taltal	351042	7188427	Grandjot, K.	1940
Antofagasta: Queb De Taltal, El Ocho	357521	7188157	FINGER ET AL 43	
Cerro Perales, Ca. 5 Km E Of Taltal	357190	7187785	Dillon, M. O. 5822	
Antofagasta: Taltal, Qda	349395	7186497	Montero	
Antofagasta: Taltal, Qda Los Changos	350835	7186239	MONTERO 2958	

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una modelación de nicho de *Atriplex taltalensis* (Figura 375), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.995. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la probabilidad de alcanzar el punto de rocío (100% de humedad relativa) en el mes más húmedo (Figura 376), el cual corresponde a octubre al sur de la distribución de la especie, mientras que corresponde a agosto, de Tocopilla al norte. Se observa que la probabilidad de presencia de *Atriplex taltalensis* es superior al 95% en lugares en que la probabilidad de alcanzar el punto de rocío en el mes más húmedo es superior al 65%.

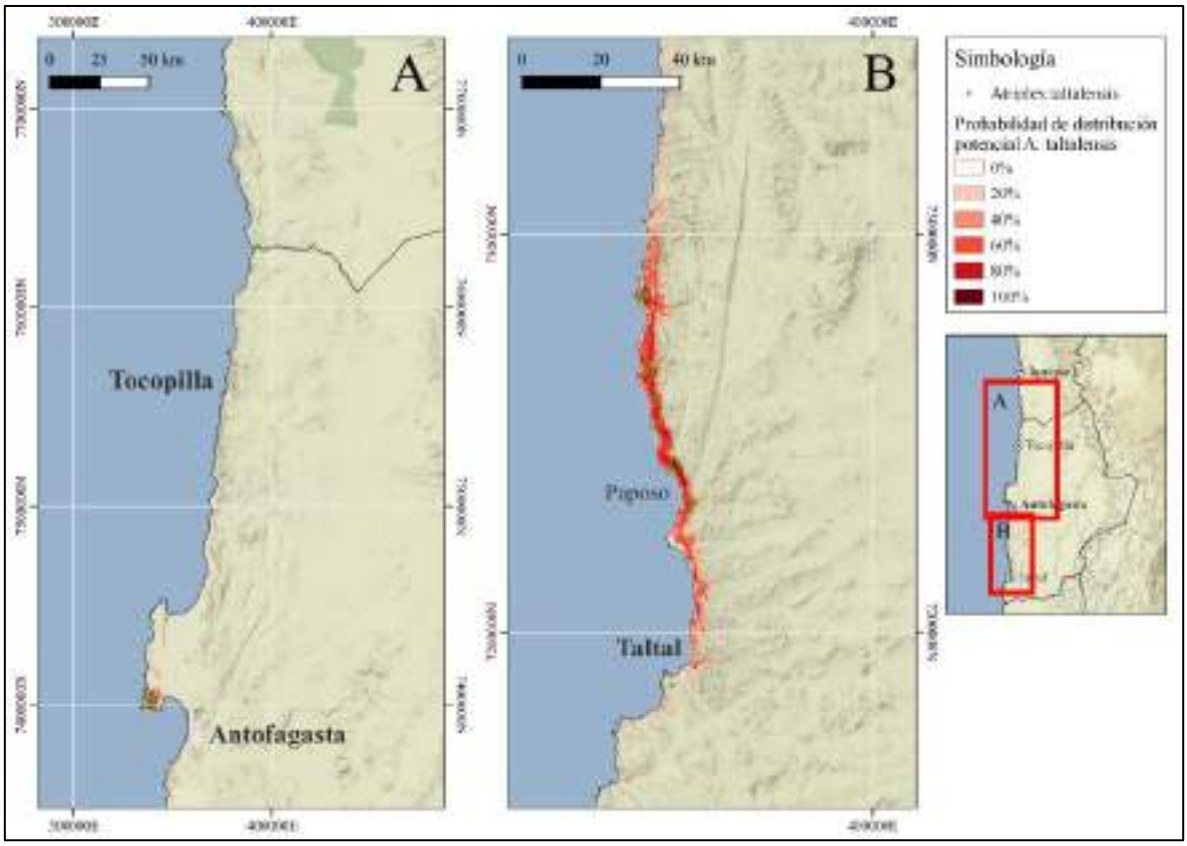
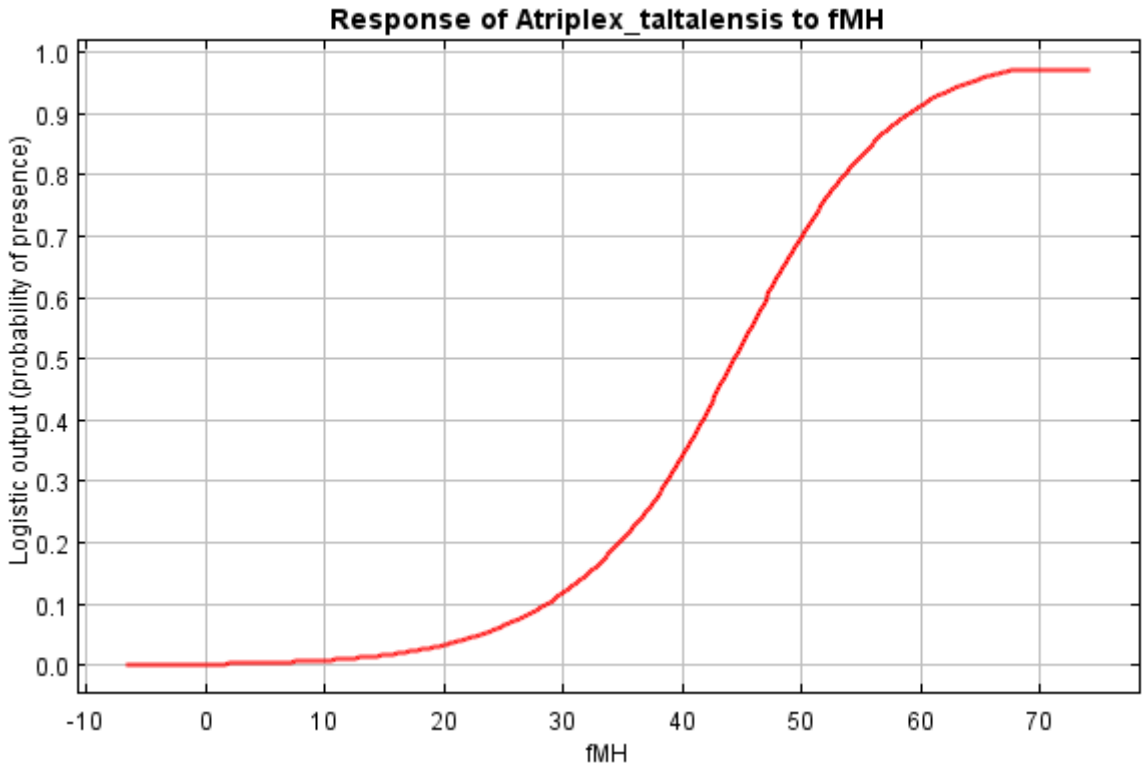


Figura 375. Modelación de nicho obtenida para *Atriplex taltalensis*.



Folio005129

Figura 376. Respuesta de *A. taltalensis* a la variable fMH, correspondiente a la probabilidad diaria de alcanzar el punto de rocío en el mes más humedo.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 36,67 ± 42,88 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.045 (p = 2.458E-12). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 3.668.351.399 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 53.518.323 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 377.

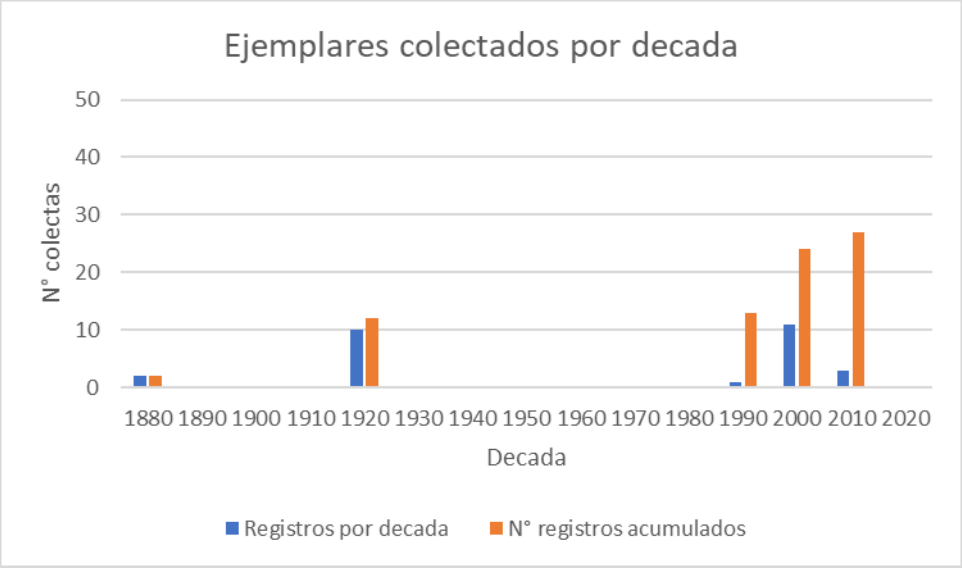


Figura 377. Registros de *Atriplex taltalensis* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 378.

Folio005130

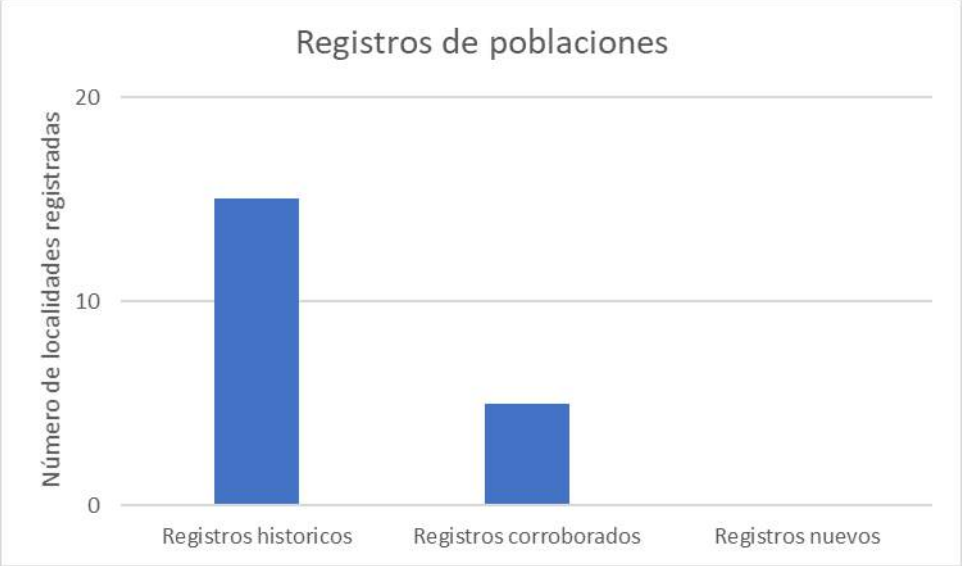


Figura 378. Corroboración de registros en el área de estudio de *Atriplex taltalensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 379 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la erosión.

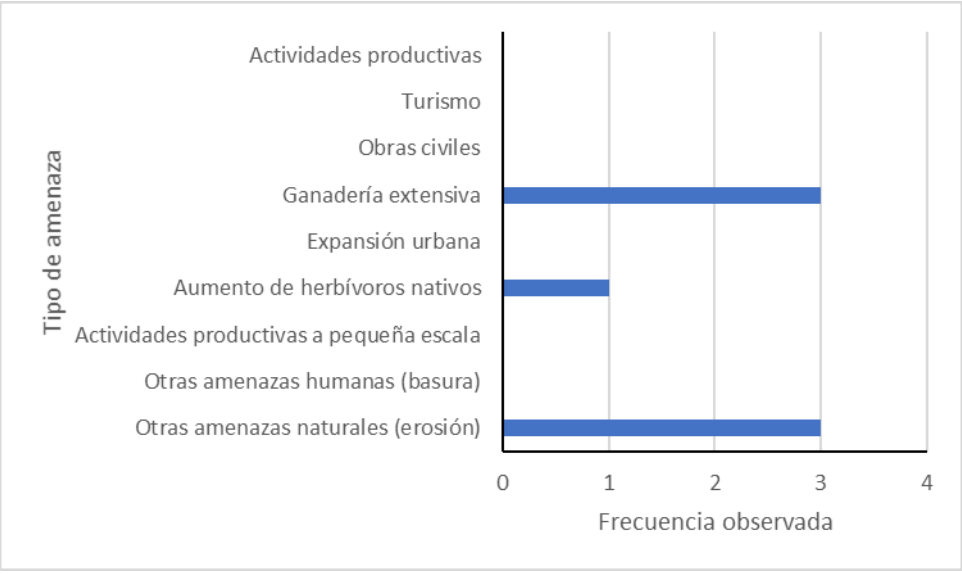


Figura 379. Amenazas registradas para *Atriplex taltalensis*.

Folio005131

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 42.33, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 7.97, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas dos accesiones de esta especie (BB480 y BB1260), ambas provenientes de la Quebrada La Plata.

Folio005132

93.- *Gutierrezia taltalensis* Phil.

Ranking IPM			**135**
Especie	***Gutierrezia taltalensis*** Phil.		Distribución
Familia	**Asteraceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados	**7.220.391**	Superficie estimada (m^2)	**1.649.711.183**
Número de localidades	**16**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa del mes de septiembre**
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	**Erosión**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**

Folio005133

Para esta especie se considera la circunscripción determinada por Solbrig (1966) por sobre la de Ratto & Bartoli (2020), diferenciada en que el primero considera a *G. taltalensis* con poblaciones de flores blancas y otras de amarillo, mientras que los segundos autores consideran que sólo las plantas con flores blancas corresponden a *G. taltalensis*. Esta especie se considera en categoría "Vulnerable" según el DS N° 42/2011 MMA.

- Presencia

Se encuentra distribuida entre Miguel Díaz a Copiapó, existiendo registros de Miguel Díaz, El Panul, El Rincón, Cerro Mirador, Quebrada Portezuelo, Quebrada El Cura, Matancillas, San Ramón, Cerro Perales, Aguada Mantos, Quebrada Leoncito, Posada Hidalgos, Quebrada Cachina, PN Pan de Azúcar, Caldera y Punta Cachos. Existen registros dudosos del Morro Moreno, que probablemente sean confusiones con *Gutierrezia espinosae*.

Cuadro 124. Localidades de presencia de *Gutierrezia taltalensis.*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Ladera Exp. Oeste	343178	7285226	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Parte Alta Hasta Quebrada De Bajada	343224	7285220	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 106	2010
Fondo Quebrada	343546	7285041	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz, Aguada	343013	7284282	Gutierrez, G.	
Miguel Díaz, Aguada	342258	7284037	Johnston, I. M. 5331	1925
Fondo Quebrada	342258	7284037	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Sierra Panul 800-1000 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	345245	7258855	Gutierrez, G.	
Sierra Panul 800-1000 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	346436	7258101	Gutierrez, G.	
Panulcito, Aguada	345002	7256370	Johnston, I. M. 5472	1925
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	348980	7245011	Gutierrez, G.	
Quebrada Exp. Oeste	349111	7243699	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Inventario 7C	349091	7243553	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Inventario 6B, Fdo. Quebrada	349053	7243424	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Inventario 6B, Fdo. Quebrada	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	349561	7242610	Gutierrez, G.	
Rincón El, Localidad Rural	349888	7242188	Gutierrez, G.	
Rincón El, Localidad Rural	349354	7241052	Johnston, I. M. 5533	1925

Folio005134

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Quebrada Portezuelo 300-800 M, Exposición Sur-Este, Posición De Lecho Quebrada	353934	7233286	Gutierrez, G.	
Quebrada Portezuelo 300-800 M, Exposición Sur-Este, Posición De Lecho Quebrada	354113	7232827	Gutierrez, G.	
Quebrada El Cura Desde Portezuelo Hasta Norte De Qda Matancillas, Cabecera Quebrada Exp. Oeste	353643	7223542	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Yerbas Buenas, Quebrada	352132	7223541	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Qda Matancilla	353789	7223194	DILLON & VILLARROEL 8117	
Cumbre Redondeada Exp. Oeste	352631	7223040	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Sobre Quebrada El Cura, Ladera Exp. Nor - Nor-Oeste	353052	7223015	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cumbre Redondeada Exp. Oeste	353234	7222781	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Ladera Inclinada Casi Vertical, Exp. Sur Y Oeste	353181	7222691	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Fdo. Quebrada	353151	7222604	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Ladera Exp. Sur	353904	7222415	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Matancillas, Quebrada	353824	7222041	Gutierrez, G.	
Ladera Exp. Sur	353359	7221780	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Taltal. Paposo. Quebrada Matancilla	352717	7221100	Teillier, S. & Rundell, P. 2943	
San Ramón, Quebrada	354134	7191764	Johnston, I. M. 5150	1925
Taltal, Ciudad	351047	7189090	Borchers	
Taltal, Ciudad	351047	7189090	Johnston, I. M. 5112	1925
Cerro Perales, Ca. 5 Km E Of Taltal	357190	7187785	Dillon, M. O. et al. 5525	
Taltal	349174	7187577	Borchers	1887
Taltal	349395	7186497	Borchers	
Breas	358181	7179195	Larrañaga, A.	1888
Breas	359276	7178518	Larrañaga, A.	
Mantos, Aguada	344794	7157032	Johnston, I. M. 5658	1925
Antofagasta: Queb El Leoncito	331189	7149077	PISANO & BRAVO 636	
Hidalgos, Posada	343910	7147147	Johnston, I. M. 5665	1925

Folio005135

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cachina, Quebrada	336191	7133133	Johnston, I. M. 5723	1925
Cachina, Cerro	338425	7125410	Johnston, I. M. 5722	1925
Chañaral: Parque Nacional Pan De Azucar	339885	7121489	DILLON & TRUJILLO 8011	
Chañaral: Parque Nac	339228	7120909	Dillon, M.O. & C. Trujillo C.	1997
Chañaral: Aguada Grande	339930	7117797	JOHNSTON 5751	
Grande, Aguada	345800	7117238	Johnston, I. M. 5751	1925
Parque Nacional Pan De Azúcar, Fuera Oasis De Neblina	334797	7107841	Rundel	
Caldera, Serranía Interior	338936	7014988	LOFY-	2017
Caldera, Norte Al Interior	338982	7012689	LOFY-	2017
Copiapo: 6 Km E De Punta Cachos	306136	6930788	TEILLIER 6336	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Gutierrezia taltalensis* (Figura 380), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.995. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a humedad relativa en el mes de septiembre (Figura 381). Se observa que la probabilidad de presencia de *Gutierrezia taltalensis* es superior al 80% en lugares en que la humedad relativa en septiembre alcanza el 100%.

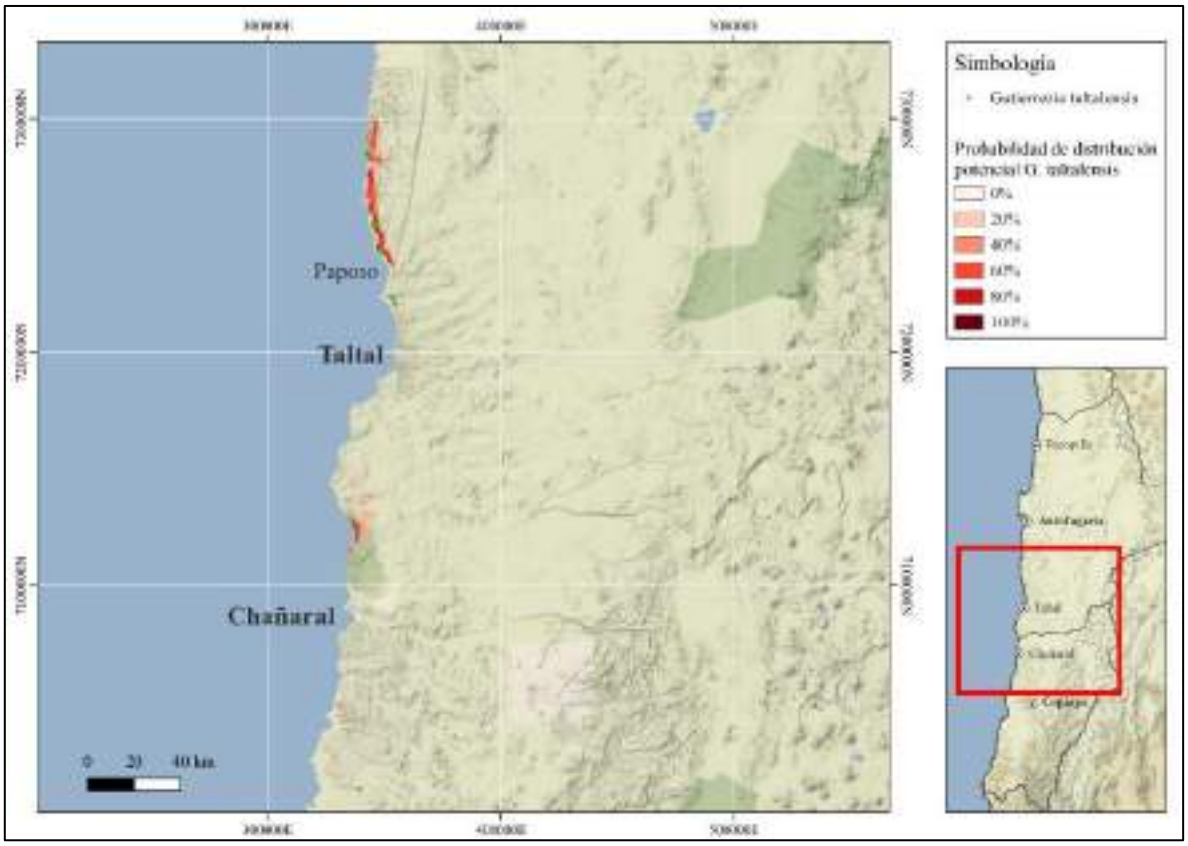


Figura 380. Modelación de nicho obtenida para *Gutierrezia taltalensis*.

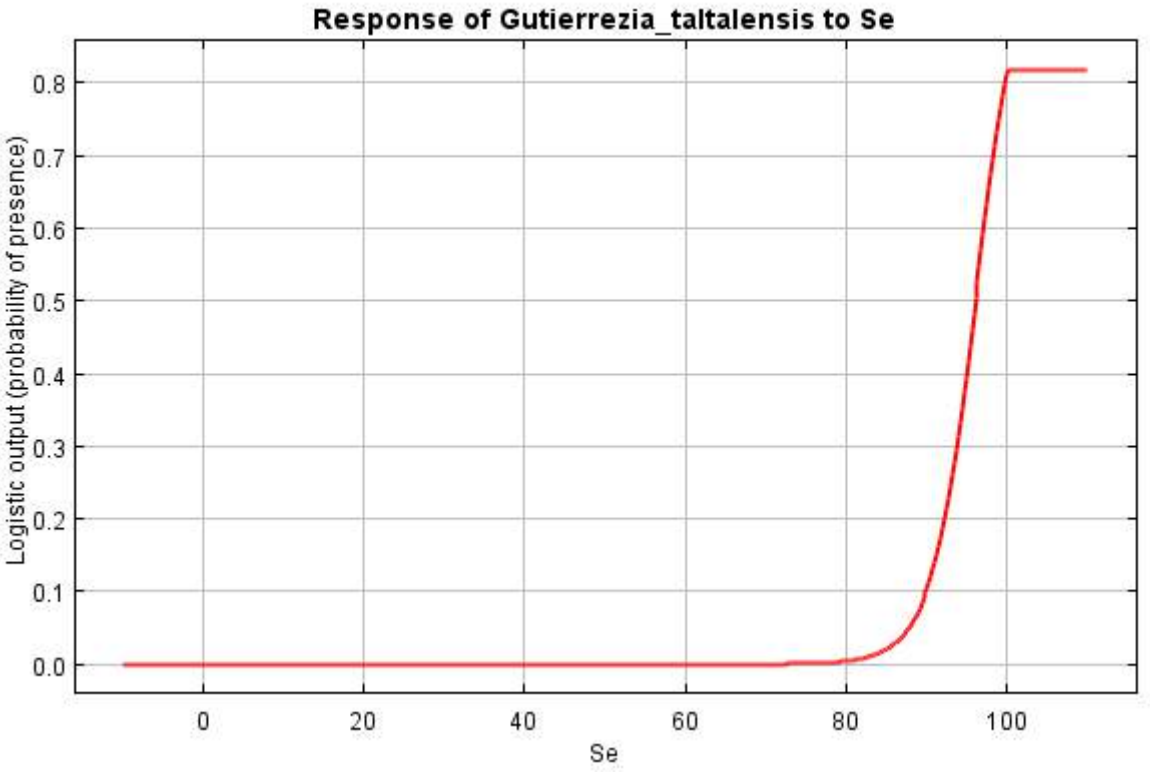


Figura 381. Respuesta de G. taltalensis a la variable Se, correspondiente a la humedad relativa durante el mes de septiembre.

Folio005137

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 7,5 ± 3,54 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.
Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.066 (p = 5.295E-7). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 1.649.711.183 m^2.
Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 7.220.391 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 382.

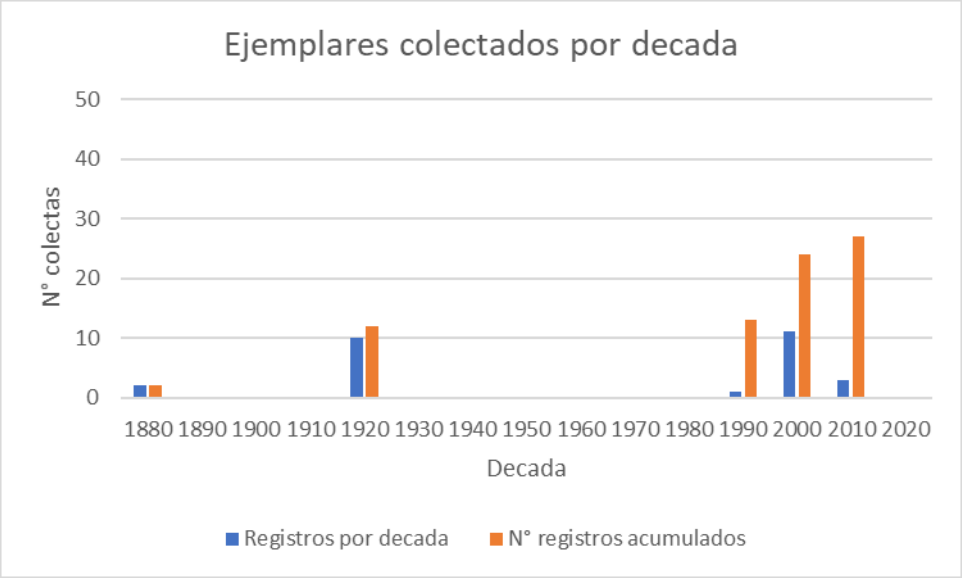


Figura 382. Registros de *Gutierrezia taltalensis* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 383.

Folio005138

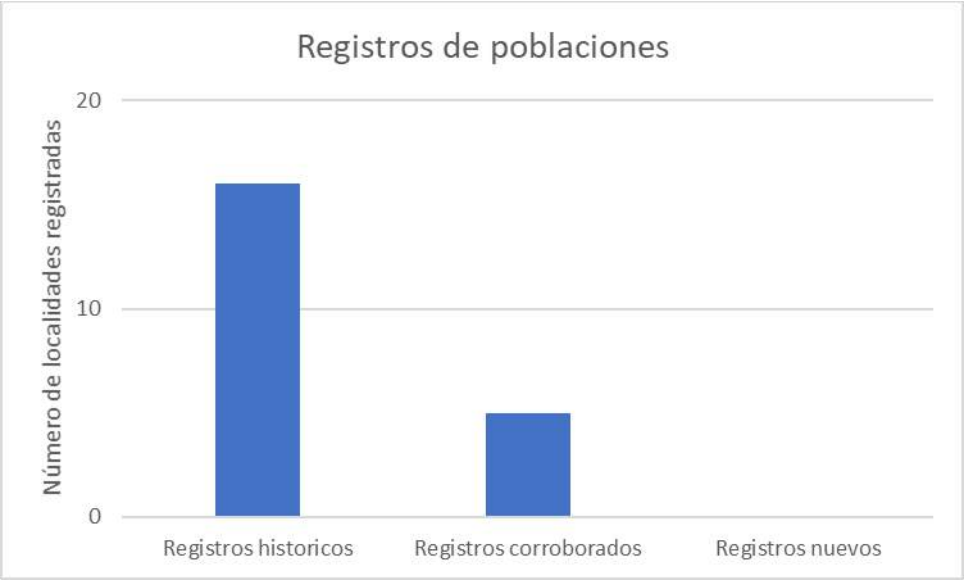


Figura 383. Corroboración de registros en el área de estudio de *Gutierrezia taltalensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 384 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la erosión.

Folio005139

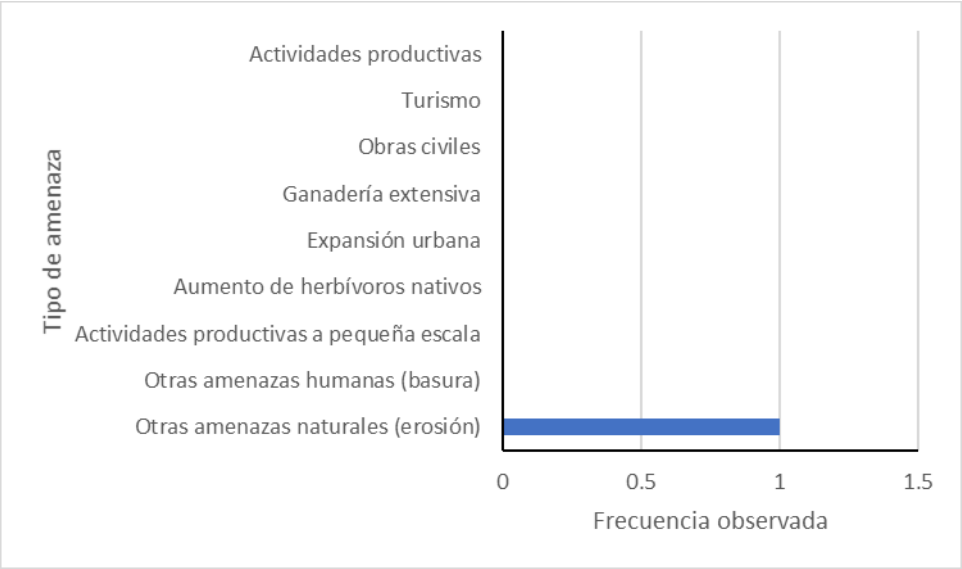


Figura 384. Amenazas registradas para *Gutierrezia taltalensis*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 61.54, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 4.29, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB1253), provenientes de la Quebrada La Oveja.

Folio005140

94.- *Eulychnia iquiquensis* (K. Schum.) Britton & Rose

Ranking IPM			**136**
Especie	***Eulychnia iquiquensis*** (K. Schum.) Britton & Rose		
Familia	**Cactaceae**	Categoría de conservación	**EN**
Número de individuos estimados	**3.615.775**	Superficie estimada (m^2)	**6.195.979.165**
Número de localidades	**15**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa del mes de mayo**
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Alta**
Amenaza más frecuente	**Actividades productivas a pequeña escala**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

Distribución

Folio005141

En el presente trabajo, se considera a esta especie bajo la circunscripción de Larridon et al. (2018), en la cual se separa de otras especies presentes en la Región de Antofagasta, pero incluye a *Eulychnia morromorenoensis*. De acuerdo a la clasificación de su estado de conservación según el DS 50/2008 MINSEGPRES, esta especie se encontraría en categoría "Vulnerable" en la Región de Antofagasta y "En Peligro" en la Región de Tarapacá, debido a que las poblaciones al norte de la ciudad de Antofagasta se encuentran muy reducidas debido al estrés hídrico. Sin embargo, debido a que las poblaciones al sur de Antofagasta corresponden en realidad a *E. taltalensis* y no *E. iquiquensis*, sería necesario considerar en un futuro a toda esta especie como en categoría "En Peligro".

- Presencia

Se distribuye entre Pisagua a El Cobre. Se ha registrado en el Cerro del Toro, Quebrada Tiliviche, Iquique, Chipana, Punta Choche, Caleta Guanillos, Quebrada Quillagua, Tocopilla, Mina Buena Esperanza, Mina Rincón, Cobija, Tames, Cerro Gordo, Morro Moreno, Chanida, Quebrada La Chimba, Quebrada Caracoles y El Cobre.

Cuadro 125. Localidades de presencia de *Eulychnia iquiquensis.*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
A 1 Km. De Cerro Del Toro	376306	7844844	BIOTA LTDA.	
A 2 Kms. De Quebrada Tiliviche	375086	7838450	BIOTA LTDA.	
Iquique; 300M	379993	7764668	Karel Knize KK 1277	
Iquique	-	-	K. Reiche	1908
Iquique: 20 Km S De Iquique, Hacia El Aeropuerto	378794	7744003	EGGLI ET AL 2835	
Iquique: Chipana	467067	7688887	PINTO R 22	
A 3 Kms. De Punta Chomache	385089	7662244	BIOTA LTDA.	
A 2 Kms. De Caleta Guanillos Del Norte	388164	7656345	BIOTA LTDA.	
A 1 Km. De Cerro Chipana	392962	7645460	BIOTA LTDA.	
A 2 Kms. De Mina La Paiquina, Caleta Chipana	392978	7643189	BIOTA LTDA.	
Quebrada Quillagua	380826	7560307	INIA	2020
Tocopilla; 200-500M	379610	7556360	Karel Knize KK 1290	
Mina Buena Esperanza	375648	7547870	INIA	2019
Tocopilla: Tocopilla-Antofagasta, Mina Rincon	373017	7526067	EGGLI & LEUENBERGER 2843	
Cobija	373342	7507517	INIA	2019
Tames	373069	7497073	INIA	2020
Alto Tames	373069	7497071	INIA	2020

Folio005142

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cerro Gordo	357200	7423100	Faúndez, L.	1997
Morro Moreno	340257	7403038	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Chanida	362415	7402858	INIA	2021
Antofagasta: Falda So Cerro Moreno	336604	7402064	EGGLI & LEUENBERGER 2694	
Antofagasta: Qda La Chimba	363875	7398651	RODRIGUEZ R 3092	
Morro Moreno	340310	7398263	INIA	2021
Quebrada La Chimba	361262	7396496	INIA	2019
Antofagasta	358106	7390452	Johnston	
Antofagasta: Qda Caracoles Al E De Antofagasta	363978	7387578	EGGLI & LEUENBERGER 2701	
Antofagasta: 10 Km Ne De El Cobre	347777	7311738	EGGLI & LEUENBERGER 2850	

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Eulychnia iquiquensis* (Figura 385), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.983. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a humedad relativa en el mes de mayo (Figura 386). Se observa que la probabilidad de presencia de *Eulychnia iquiquensis* es cercana al 95% en lugares en que la humedad relativa en mayo es casi 90%.

Folio005143

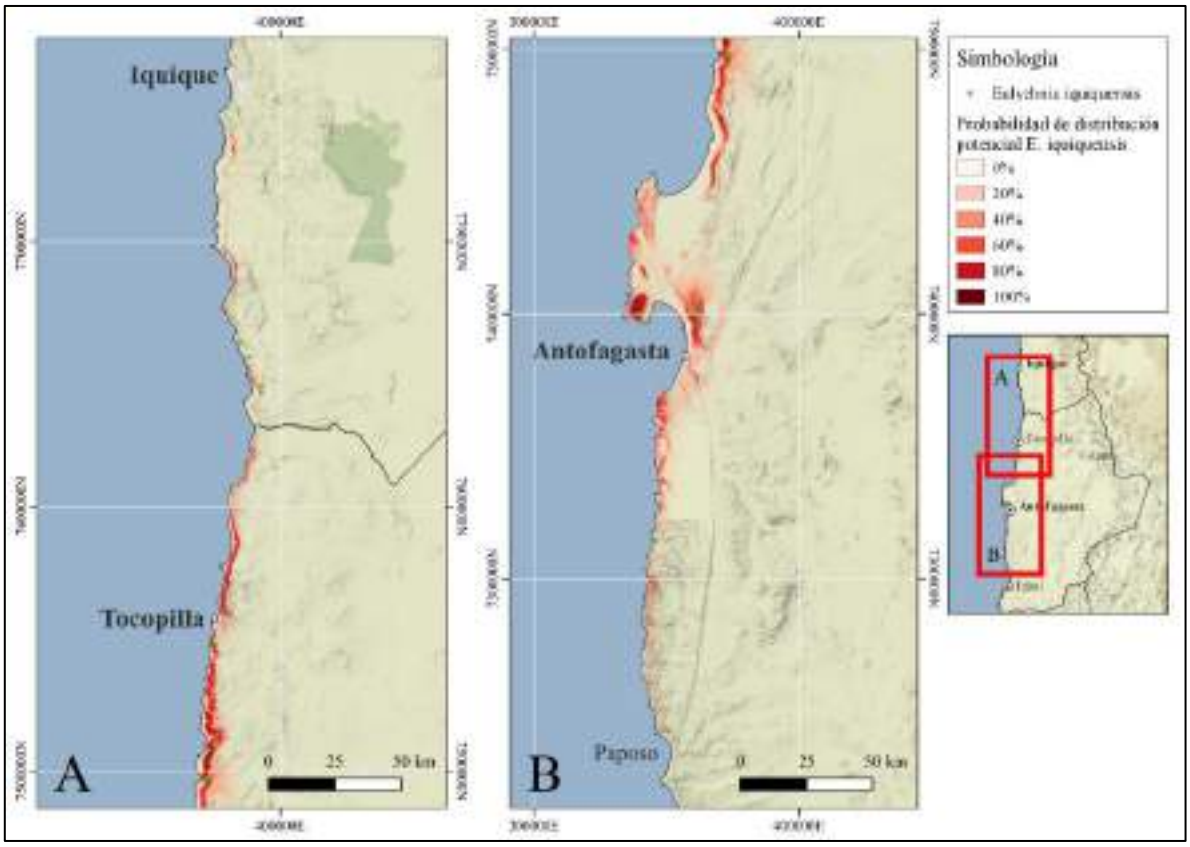


Figura 385. Modelación de nicho obtenida para *Eulychnia iquiquensis*.

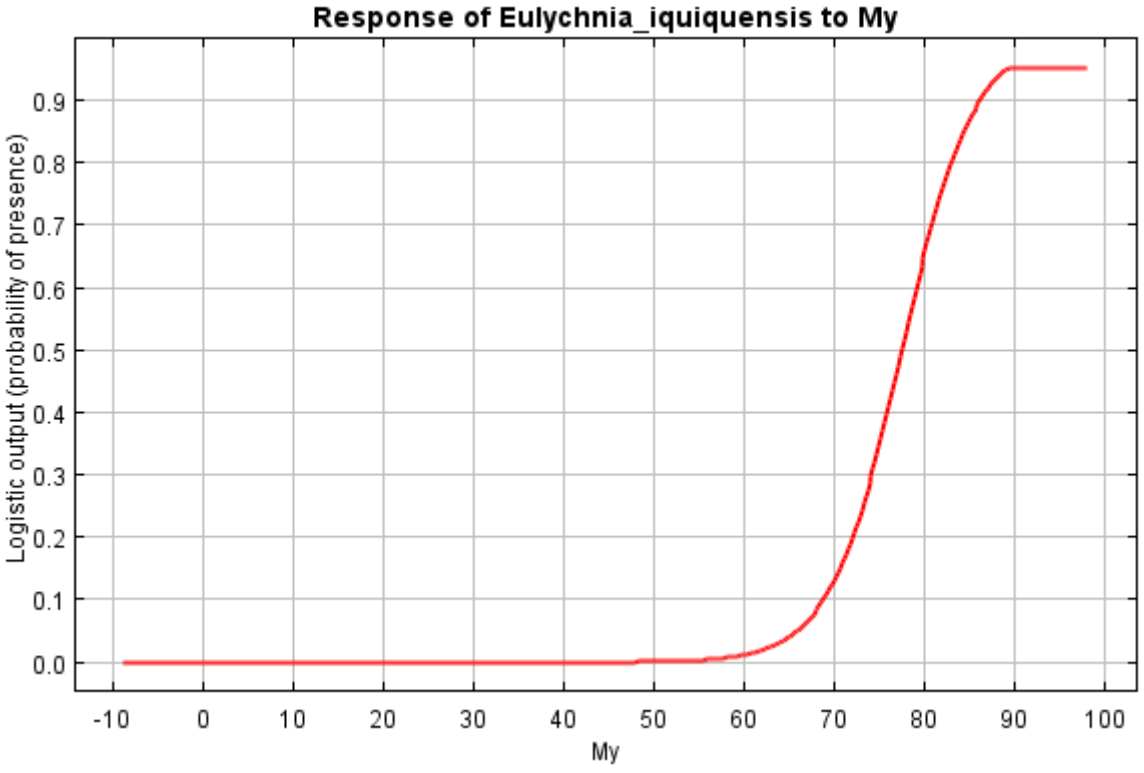


Figura 386. Respuesta de *E. iquiquensis* a la variable My, correspondiente a la humedad relativa durante el mes de mayo.

Folio005144

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de un individuo por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.
Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.066 (p = 1.005E-6). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 6.195.979.165 m^2.
Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 3.615.775 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 387.

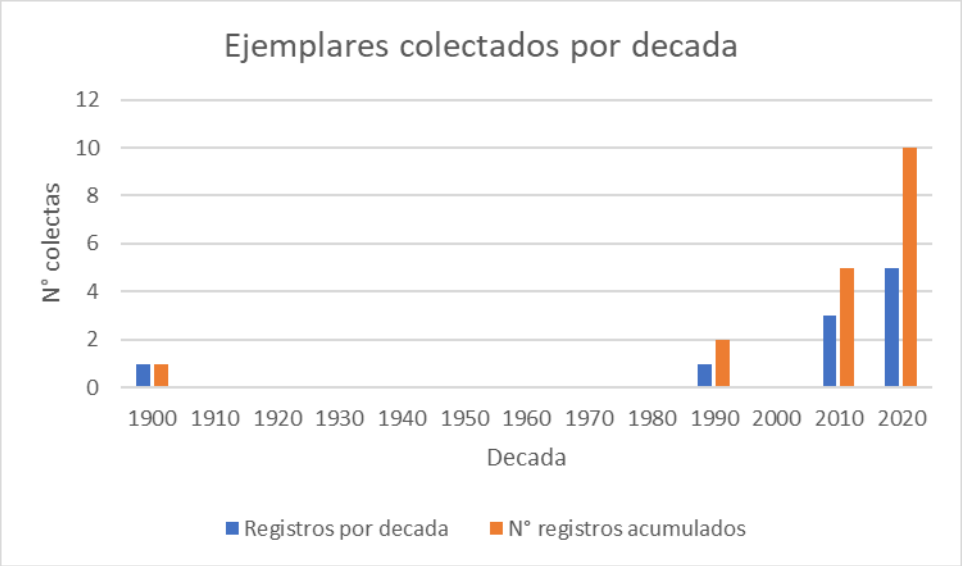


Figura 387. Registros de *Eulychnia iquiquensis* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 388

Folio005145

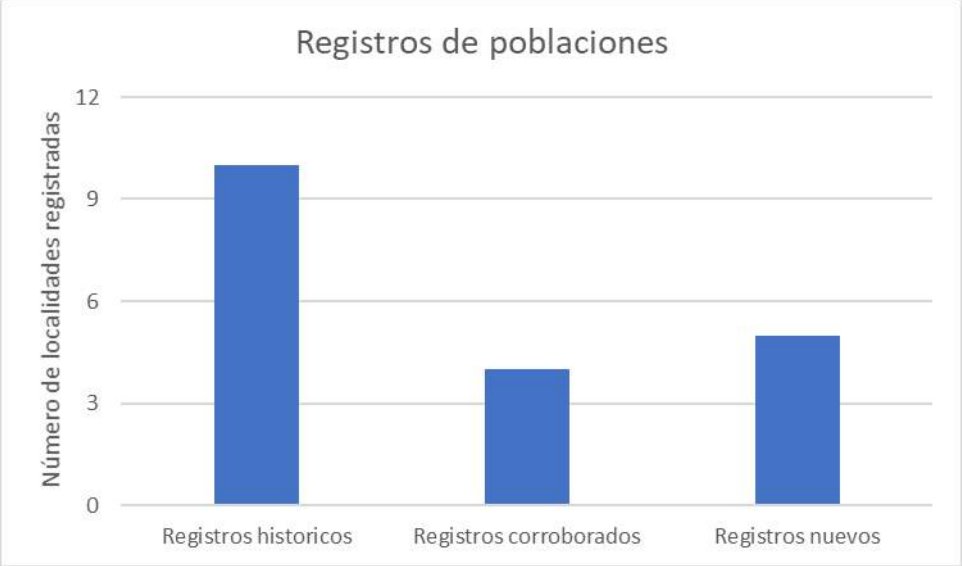


Figura 388. Corroboración de registros en el área de estudio de *Eulychnia iquiquensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

En la Figura 389 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que las mayores amenazas fueron las actividades productivas a pequeña escala.

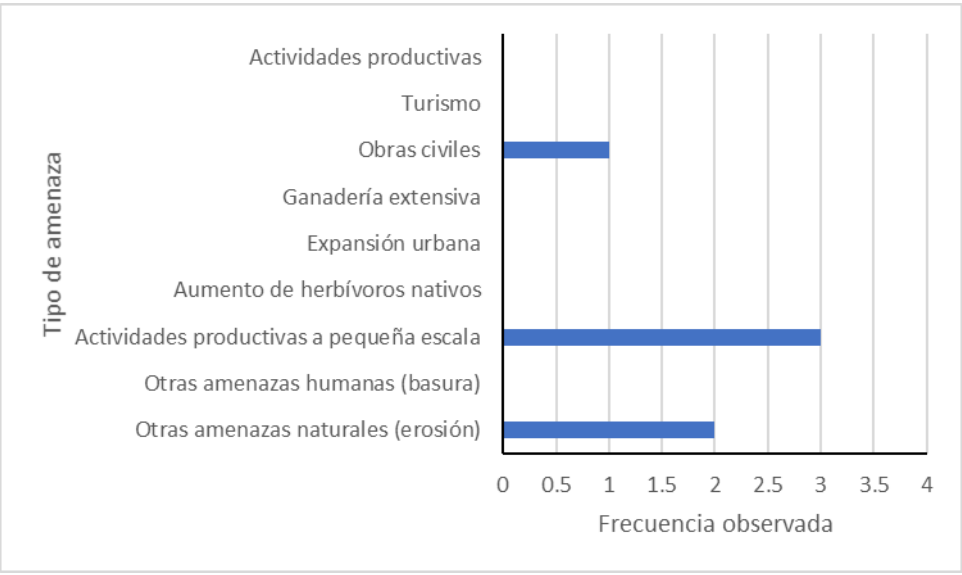


Figura 389. Amenazas registradas para *Eulychnia iquiquensis*.

Folio005146

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 48.69, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 15.1, por lo que se considera una influencia alta.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS.

Folio005147

95.- *Prosopis tamarugo* Phil.

Ranking IPM			**137**
Especie	***Prosopis tamarugo*** Phil.		Distribución
Familia	**Fabaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados*	**6.239.694**	Superficie estimada (m^2)*	**1.626.020.234**
Número de localidades	**65**	Variable climática más relevante	**Precipitación anual**
Perturbación por minería	**Muy baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy baja**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Estable**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**10**

*Este valor corresponde a las poblaciones entre Iquique a Copiapó

Folio005148

Esta especie, endémica de Chile, se encuentra en categoría “En Peligro” de acuerdo al DS 13/2013 MMA.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre la Región de Tarapacá y la Región de Antofagasta. Es dominante en la primera, donde se encuentra como dominante en la Pampa del Tamarugal. En la Región de Antofagasta se encuentra sólo en la precordillera. Sin embargo, sólo una presencia se ha registrado en la costa de la Región de Antofagasta, específicamente en la desembocadura del Río Loa (Cuadro 126). Esta presencia corresponde a un registro realizado por INIA, donde se registró sólo un individuo achaparrado de *P. tamarugo* creciendo entre individuos de *P. flexuosa*.

Cuadro 126. Localidades de presencia de *Prosopis tamarugo*.

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cuya	378076.9277	7883127.291	BIOTA LTDA.	
Punta De Chiza	376727.3584	7882345.92	BIOTA LTDA.	
Aduana De Cuya	375678.7244	7881501.661	BIOTA LTDA.	
Huara	397079.3461	7838219.972	BIOTA LTDA.	
Aroma	464534.7804	7836029.508	BIOTA LTDA.	
Quebrada De Sotoca	452731.6824	7831264.769	BIOTA LTDA.	
Zapiga	400415.1257	7827984.924	BIOTA LTDA.	
Oficina Enriqueta	400031.6581	7827536.122	BIOTA LTDA.	
Oficina San Patricio	401333.7513	7826496.306	BIOTA LTDA.	
Oficina Sacramento	400275.4397	7826257.918	BIOTA LTDA.	
Iquique: Pampa Del Tamarugal	403908.4591	7825145.959	AEDO 6985	
Oficina Dolores	402631.0049	7824449.79	BIOTA LTDA.	
Cerro San Miguel	403118.2467	7823714.141	BIOTA LTDA.	
San Francisco	402172.0954	7822576.371	BIOTA LTDA.	
Oficina Camina	403368.1595	7821750.707	BIOTA LTDA.	
Santa Catalina	407391.3599	7820513.056	BIOTA LTDA.	
Aguada Donque	408185.0238	7818712.933	BIOTA LTDA.	
Oficina Angela Vieja	407556.1277	7818508.062	BIOTA LTDA.	
Aguada Ii	412359.3805	7816769.482	BIOTA LTDA.	
Cerro Aguada	413871.585	7816625.409	BIOTA LTDA.	
Guasquina	458253.6174	7816594.316	BIOTA LTDA.	
Quebrada De Itapillan	415813.5434	7816084.028	BIOTA LTDA.	
Donque Asturias	409545.1071	7814549.896	BIOTA LTDA.	
Oficina Asturias	408829.9754	7811390.627	BIOTA LTDA.	

Folio005149

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Quebrada De Linga	455247.7219	7803512.482	BIOTA LTDA.	
Iquique: Cerca De Huara	421585.7248	7779120.742	RICARDI ET AL 347	
Macaya	483763.0109	7774141.789	BIOTA LTDA.	
Tamarugal	431647.1313	7769311.213	BIOTA LTDA.	
Keryma	420379.9661	7767002.436	BIOTA LTDA.	
Iquique: Pozo Almonte	418187.4259	7760659.722	MONTERO 12041	
Santa Luisa	420624.1018	7759853.546	BIOTA LTDA.	
Pozo Almonte	426530.5752	7759498.456	BIOTA LTDA.	
Iquique: Camino A La Tirana	425182.4828	7753313.258	RICARDI & PARRA 54	
Iquique: Entre Tamarugos Y Pozo Almonte	425190.497	7751468.747	ZOLLNER 2988	
Quebrada De Tambillo	434916.6816	7749116.754	BIOTA LTDA.	
Pampa Yuri	439582.681	7748948.265	BIOTA LTDA.	
Diana	424462.3476	7743039.032	BIOTA LTDA.	
Calamina	438388.0202	7743093.807	BIOTA LTDA.	
Iquique: Pampa Del Tamarugal	430447.314	7742268.106	NIEMEYER	
Canchones	444877.2875	7739872.738	BIOTA LTDA.	
Oficina Virginia	423150.5115	7738884.245	BIOTA LTDA.	
Salar De Pintados	430581.4514	7738607.42	BIOTA LTDA.	
Iquique: Pampa De Tamarugal, Fundo Refresco	430462.3002	7738579.067	MATTHEI & RODRIGUEZ 433	
Los Canchones	435325.2238	7736917.539	BIOTA LTDA.	
Las Tizas	426858.2734	7736797.094	BIOTA LTDA.	
Cuminalla	442965.7582	7736818.038	BIOTA LTDA.	
Iquique: Los Canchones	437429.7828	7734916.908	FERNANDEZ	
Mosquitos	430903.6382	7731666.529	BIOTA LTDA.	
Pintados	435153.6808	7726760.807	BIOTA LTDA.	
Quebrada De Chacarilla	436732.9793	7721509.262	BIOTA LTDA.	
Iquique: Panamericana, Frente A Pintados	434010.8135	7720147.538	RODRIGUEZ & RIVERA 17	
Iquique: 26 Km Al S De Pozo Almonte	413199.5193	7714519.765	CLARKE 12-01	
Estacion Pan De Azucar	433741.4464	7708958.426	BIOTA LTDA.	
Salar De Bellavista	433834.808	7708004.645	BIOTA LTDA.	
Oficina Victoria	431627.4438	7702968.624	BIOTA LTDA.	
Pozo Alianza	433358.4505	7702101.507	BIOTA LTDA.	
Campamento Alianza	428277.3101	7701922.643	BIOTA LTDA.	
Pozo Numero 12	438830.1197	7701906.381	BIOTA LTDA.	
Pozo Bellavista	434395.7712	7700561.787	BIOTA LTDA.	
Lomilla	438275.3806	7697368.149	BIOTA LTDA.	
Cachango	438874.3577	7696263.317	BIOTA LTDA.	

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Desembocadura del Río Loa	390871.2341	7630136.777	INIA	2020
El Loa: Entrada A Calama, Lado Del Camino	506857.8284	7513671.708	BAEZA ET AL 346	
El Loa: 3,5 Km S San Pedro De Atacama A Toconao	588841.4897	7459908.027	ARONSON 7742	
El Loa: Salar De Atacama, Ojo De Agua	593641.6013	7408211.131	VILLAGRAN ET AL 9442	

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Prosopis tamarugo* (Figura 390), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.996. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la precipitación anual (Figura 391). Se observa que la probabilidad de presencia de *Prosopis tamarugo* es igual a 60% en lugares en que la precipitación anual es menor a 0 mm.

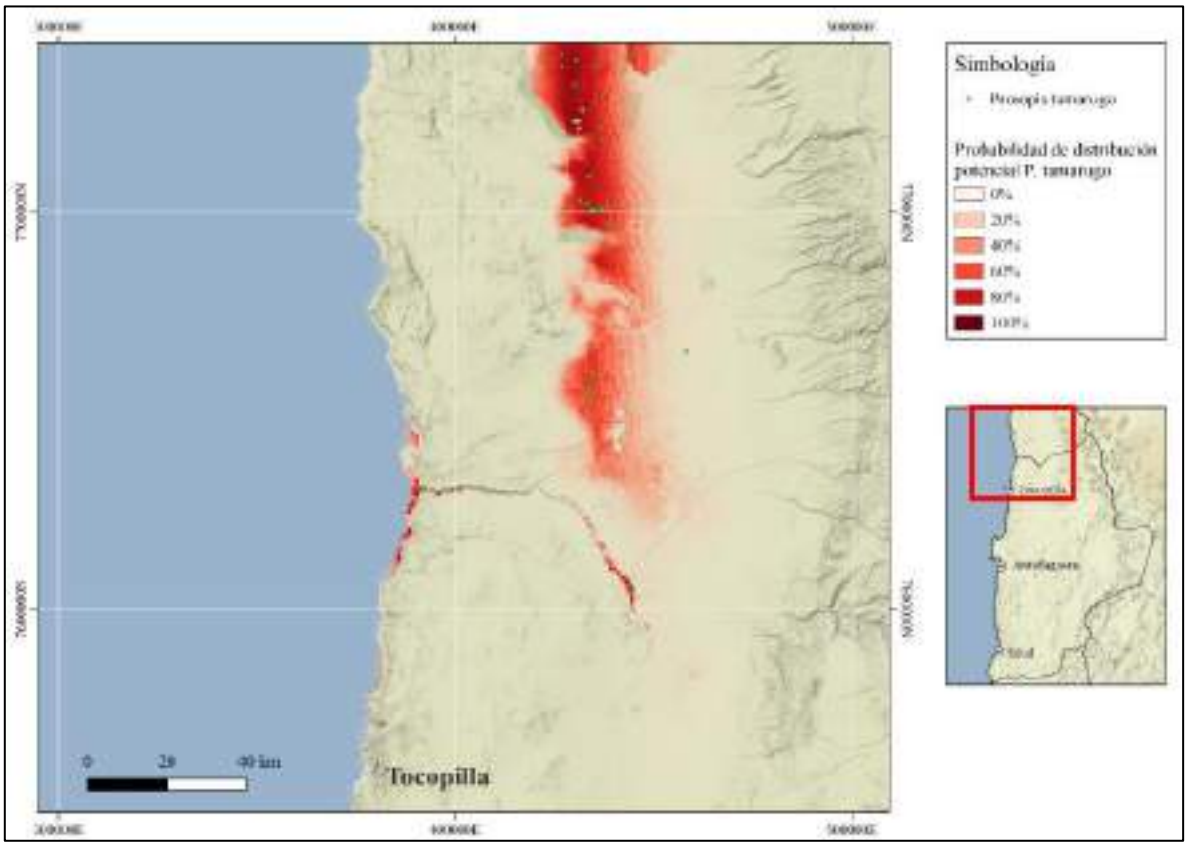


Figura 390. Modelación de nicho obtenida para *Prosopis tamarugo*.

Folio005151

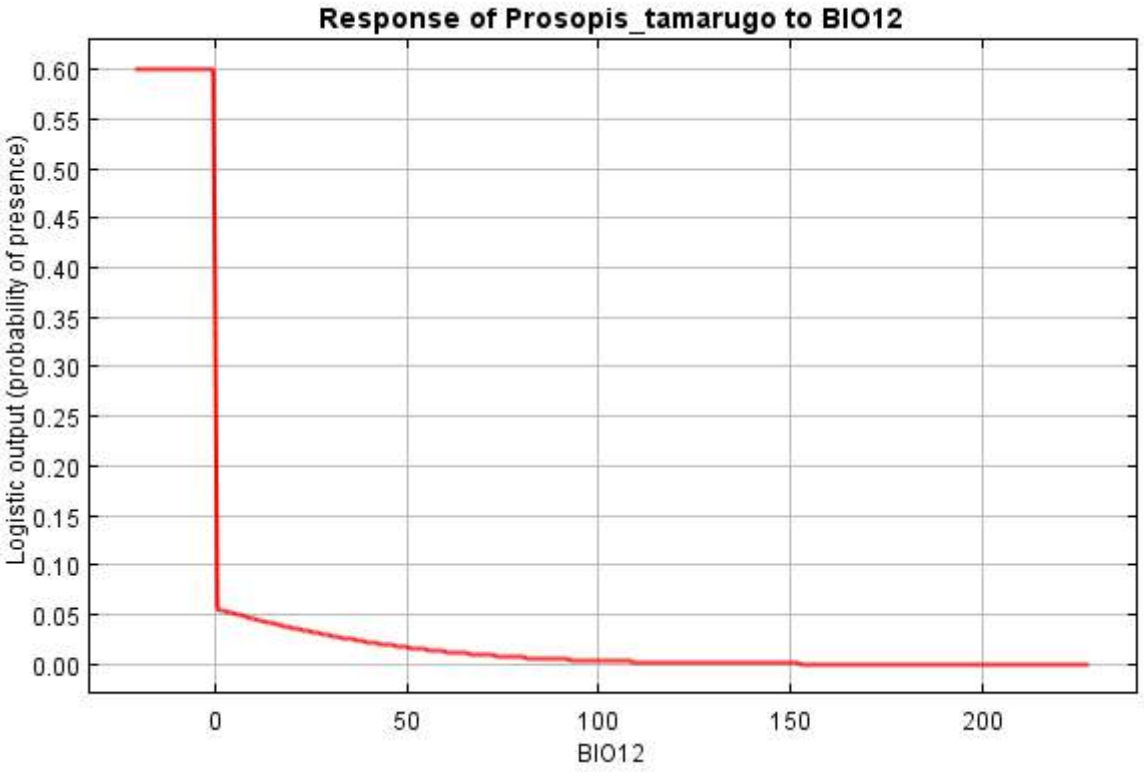


Figura 391. Respuesta de *P. tamarugo* a la variable BIO12, correspondiente a la precipitación anual.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 1 individuo por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.434 (p = 1.151E-16). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 1.626.020.234 m^2 (aunque considerando sólo el área con datos climáticos, es decir, entre Iquique a Copiapó).

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 6.239.694 individuos vivos de esta especie en el área abarcada en el análisis.

Sin embargo, en la zona costera de la Región de Antofagasta sólo se encontró un individuo en toda la zona de estudio.

- Análisis histórico

Folio005152

Biota (2018) no indica fechas de colecta de ejemplares. Sin embargo, la mayoría corresponden a poblaciones provenientes de la Región de Tarapacá, debido a la escasez de la especie en la zona de estudio. A pesar de que no fue posible realizar el análisis, es posible inferir a partir de los datos indicados por Biota (2018) que la especie se ha mantenido recurrentemente colectada.

Dado que el único sitio donde se había reportado esta especie fue corroborado, ya que aún existe un individuo presente en la desembocadura del Río Loa, se considera que esta especie se encuentra estable en la Región de Antofagasta.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 4,04, por lo que se considera una influencia muy baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 0,2, por lo que se considera una influencia muy baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas 94 accesiones de esta especie, provenientes de las localidades de La Tirana, Zapiga, Llamara, Pintados, Bellavista, La Huayca, Finao, Junoy Tamarugo, Felipe y Lo Gatica, todas estas de la Región de Tarapacá. No hay accesiones conservadas de la zona de estudio.

Folio005153

96.- *Cistanthe cachinalensis* (Phil.) Peralta & D. I. Ford

Ranking IPM			**138**
Especie	***Cistanthe cachinalensis*** (Phil.) Peralta & D. I. Ford		
Familia	**Montiaceae**	Categoría de conservación	-
Número de individuos estimados*	**25.184.492**	Superficie estimada (m^2)*	**981.072.607**
Número de localidades	**37**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa en otoño**
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Ganadería extensiva y erosión**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**2**	Poblaciones conservadas en el BBS	**2**

Distribución

*Este valor corresponde a las poblaciones entre Iquique a Copiapó

Corresponde a una especie bastante común, presente a lo largo de la franja costera. A pesar de su abundancia, se encuentra en categoría "En Peligro" según el DS 42/2011 MMA. Según el MMA (2010), sería endémica de la Región de Antofagasta, pero pareciera que su distribución va de la Región de Tarapacá a la Región de Coquimbo. Esta ambigüedad se debe a lo poco estudiado del género, lo que podría llevar a posibles confusiones con otras especies del grupo de *C. grandiflora*.

- Presencia

Esta especie se encuentra entre Tocopilla al Valle del Elqui. Por lo menos en la zona de distribución que ocupa la Región de Antofagasta, esta especie se ha colectado abundantemente en la franja costera. Fuera del norte grande, esta especie podría ser confundida por *C. grandiflora*, pero en este diagnóstico se usarán los datos de presencia de Biota (2018) debido a lo poco que se sabe de los limites taxonómicos en las especies del género *Cistanthe*.

Cuadro 127. Localidades de presencia de *Cistanthe cachinalensis*.

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Tocopilla: Qda Mina Indiana	379527	7572248	SCHLEGEL 7714	
Quebrada Quillagua	378551	7560667	INIA	2020
Tercera quebrada al N de Tocopilla	378569	7560535	INIA	2019
Tocopilla: Tocopilla	376215	7555616	JAFFUEL 2520	
Tocopilla: Cam A Mina Mantos De La Luna	374748	7524235	QUEZADA & RUIZ 33	
Tames	372101	7497236	INIA	2020
Morro Moreno, Crea (2003)	340508	7404363	CREA	2003
Antofagasta: Cerro Moreno	339989	7403947	ZOELLNER 3529	
Inv 9 - Quebrada Cerro Moreno	337967	7403597	Faúndez, L.	1997
Morro Moreno	340257	7403038	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Laderas Cordón Oeste, Morro Moreno (Terreno Nov 2004)	340257	7403038	Faúndez, L. & Torres-Mura, J.C.	2004
Morro Moreno	340257	7402476	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Morro Moreno	338282	7401704	Faúndez, L. & Larraín, B.	2004
Quebrada La Chimba	361081	7395931	INIA	2019
Antofagasta	358106	7390452	Pennell, F. W. 13025	
Antofagasta: Antofagasta	358912	7383839	ARAYA	
Miguel Díaz	342960	7285010	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	342833	7284992	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Miguel Díaz	342394	7284791	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005

Folio005155

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Fondo De Quebrada, Qda Lateral Hacia El Norte De Qda Miguel Diaz	342980	7284444	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Ladera Exp. Sur-Este	342981	7284425	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Fondo De Quebrada, Qda Lateral Hacia El Norte De Qda Miguel Diaz	342258	7284037	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Quebrada Plata 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	344998	7266766	Gutierrez, G.	
Quebrada Plata 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	345356	7266698	Gutierrez, G.	
Quebrada La Plata	343174	7265876	INIA	2020
Cardón, Quebrada	344394	7262535	Johnston, I. M. 5284	1925
Paposo, El Rincon	345245	7258855	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Paposo, El Rincon	346060	7258121	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Paposo, El Rincon	345466	7257901	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Alto Panul	347200	7254146	INIA	2020
Aguada El Panul	345869	7252382	INIA	2021
Paposo, El Rincon	349091	7243553	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Paposo, El Rincon	346832	7243388	Ricardi, M. 2682	1953
Qda. El Rincón (B) (Inventario 3B)	349824	7242959	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Taltal. Paposo. Sector "El Gaucho"	347011	7242893	Teillier, S. 2910	
Quebrada El Rincón (Inv_4)	350287	7242752	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Quebrada El Rincón (Inv_4)	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Quebrada El Rincón (Inv_3)	350211	7242606	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Paposo, El Rincon	349354	7241052	Ricardi, M. 2682	
Antofagasta: Mina Abundancia	358698	7236168	RICARDI 2630	
Yumbes, Quebrada	355131	7234990	Girón et al	2016
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Cerro Mirador 700-800 M, Exposición Oeste, Posición De Ladera	353586	7233340	Gutierrez, G.	
Quebrada Peralito	357125	7232931	Faúndez, L. & Larraín, B.	2005
Quebrada Peralito	354053	7231968	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M.	2010
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	357083	7231375	Gutierrez, G.	

Folio005156

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Qda. Peralito 300-800 M, Exposición Nor - Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354907	7231108	Gutierrez, G.	
Peralito	353695	7230556	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352928	7223821	Gutierrez, G.	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352219	7223683	Gutierrez, G.	
Quebrada El Cura Desde Portezuelo Hasta Norte De Qda Matancillas, Cabecera Quebrada Exp. Oeste	353643	7223542	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada El Cura Desde Portezuelo Hasta Norte De Qda Matancillas	353130	7223257	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
El Cura	352631	7223040	Faúndez, L. & Larraín, B.	
El Cura	353052	7223015	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Matancilla, Quebrada	353181	7222691	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Matancilla, Quebrada	352856	7222421	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Matancilla, Quebrada	352699	7222275	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Matancilla, Quebrada	352448	7221457	BIOTA LTDA.	2017
La Oveja 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354528	7220526	Gutierrez, G.	
La Oveja	354258	7220058	Gutierrez, G.	
Potrerillos 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355897	7219542	Gutierrez, G.	
Potrerillos 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355858	7219524	Gutierrez, G.	
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355997	7217034	Gutierrez, G.	
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	354976	7216844	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Paposo, Qda Bandurrias	357267	7212154	SCHLEGEL 7863	
Paposo, Qda Bandurrias	357261	7212117	Schlegel, F. 7863	1985
Ca. 20 Km N Of Taltal Along Road To Paposo	355959	7208818	Dillon, M. O. 5250	
Antofagasta: Qda Taltal	355726	7199215	MONTERO 2872	
Qda De La Higuera	355780	7193639	NUÑEZ 24	1957
Aguada de Leoncito	355095	7187393	INIA	2019

Folio005157

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Cerro Perales	356759	7186966	INIA	2020
Taltal. Quebrada De Taltal	353906	7185652	Teillier, S. 2859	
Las Lozas	334233	7135037	INIA	2021
Grande, Aguada	345800	7117238	Johnston, I. M. 5784	1925
Grande, Aguada	345800	7117238	Philippi, R. A.	
Parque Nacional Pan De Azúcar, Fuera Oasis De Neblina	334797	7107841	Rundel	
Chañaral: Carretera Chañaral-Caldera, Km 18	332192	7071535	RICARDI ET AL 1446	
Copiapo: La Puerta	425686	6996728	RICARDI & MARTICORENA 3668	
Copiapo: Cerro Bandurrias	325145	6980946	GEISSE	
Copiapo: Viña Del Cerro, Valle Del Copiapo	368078	6977785	NIEMEYER	
Copiapo: 6.5 Km S De Copiapo, Rt.5	364861	6970364	FORD & ARANCIO 502	
Copiapo: Tierra Amarilla	374844	6961237	WERDERMANN 405	
Huasco: Estancia Manflas	403417	6889483	RICARDI & MARTICORENA 3727	
Huasco: Huasco	282968	6849099	MONTERO 7581	
Huasco: Maitencillo, 18 Km W De Vallenar	312465	6842216	FORD & ARANCIO 513	
Huasco: 5 Km S De Vallenar	327226	6836901	RICARDI & MARTICORENA 4880	
Huasco: S De Vallenar	328991	6827690	JILES 2208	
Huasco: Rio Laguna Grande	399141	6815580	MARTICORENA ET AL 83385	
Huasco: 3 Km Before Mine At Algarrobo, Km 31	306462	6810710	FORD & ARANCIO 511	
Elqui: 10.5 Km W De Juntas En Rt.41	387379	6689876	FORD 296	
Elqui: 2 Km S De Juntas En Camino A La Laguna	393886	6682552	FORD & ARANCIO 551	
Elqui: Rio La Laguna	398845	6667821	VILLAGRAN ET AL 1931	

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Folio005158

Para la modelación de nicho de *Cistanthe cachinalensis*, se consideraron sólo las poblaciones de la costa de la Región de Antofagasta. Los datos de localidades al sur de Chañaral no se incluyeron en el análisis al tratarse de poblaciones de precordillera. Estas poblaciones podrían tratarse del taxón determinado por Hershkovitz (2019) como *Cistanthe* sp subsp. *subspeciosa*. Además, estas poblaciones se encuentran en lugares donde los datos de humedad son muy dudosos, debido a que no se consideraron estaciones meteorológicas cercanas a la cordillera de Copiapó para la interpolación de este dato.

La modelación de nicho de *Cistanthe cachinalensis* (Figura 392) tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.993. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la humedad relativa en el otoño (Figura 393). Se observa que la probabilidad de presencia de *Cistanthe cachinalensis* es igual a 90% en lugares en que la humedad relativa en otoño es superior al 90%.

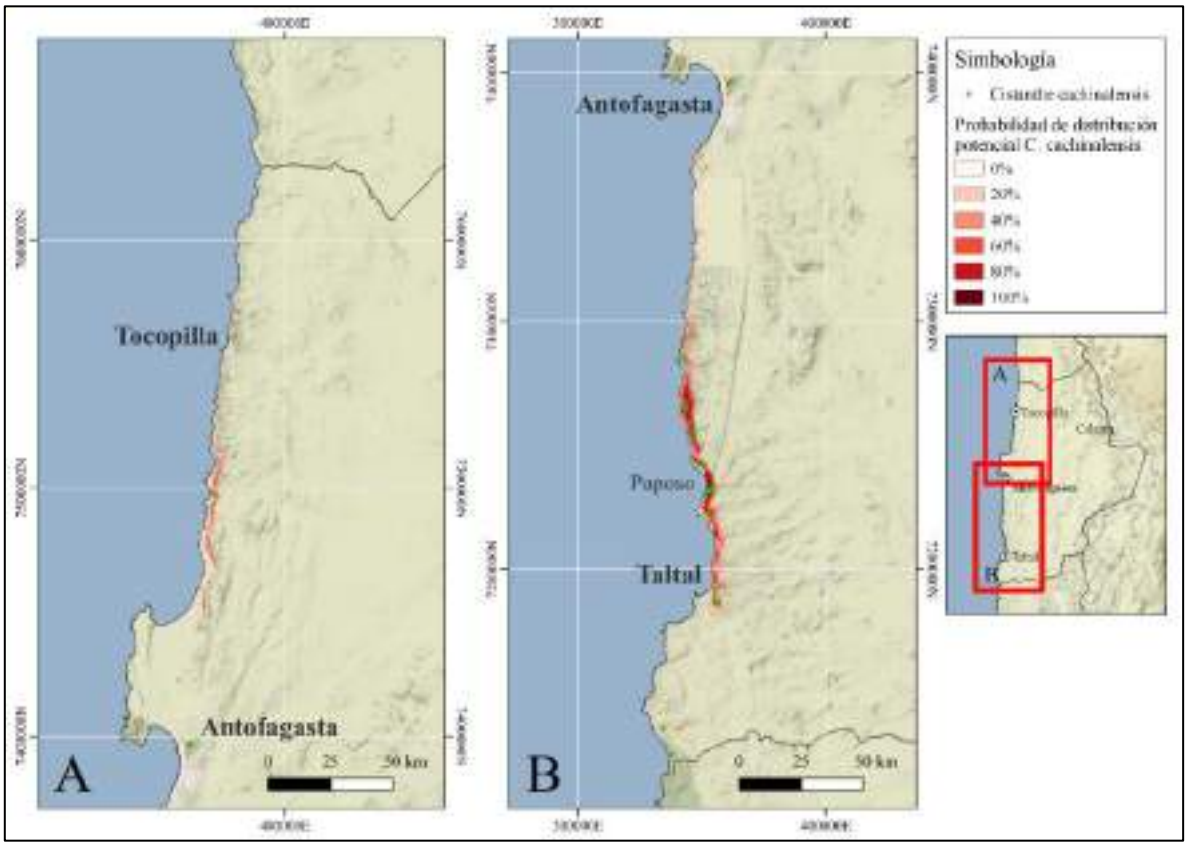


Figura 392. Modelación de nicho obtenida para *Cistanthe cachinalensis*.

Folio005159

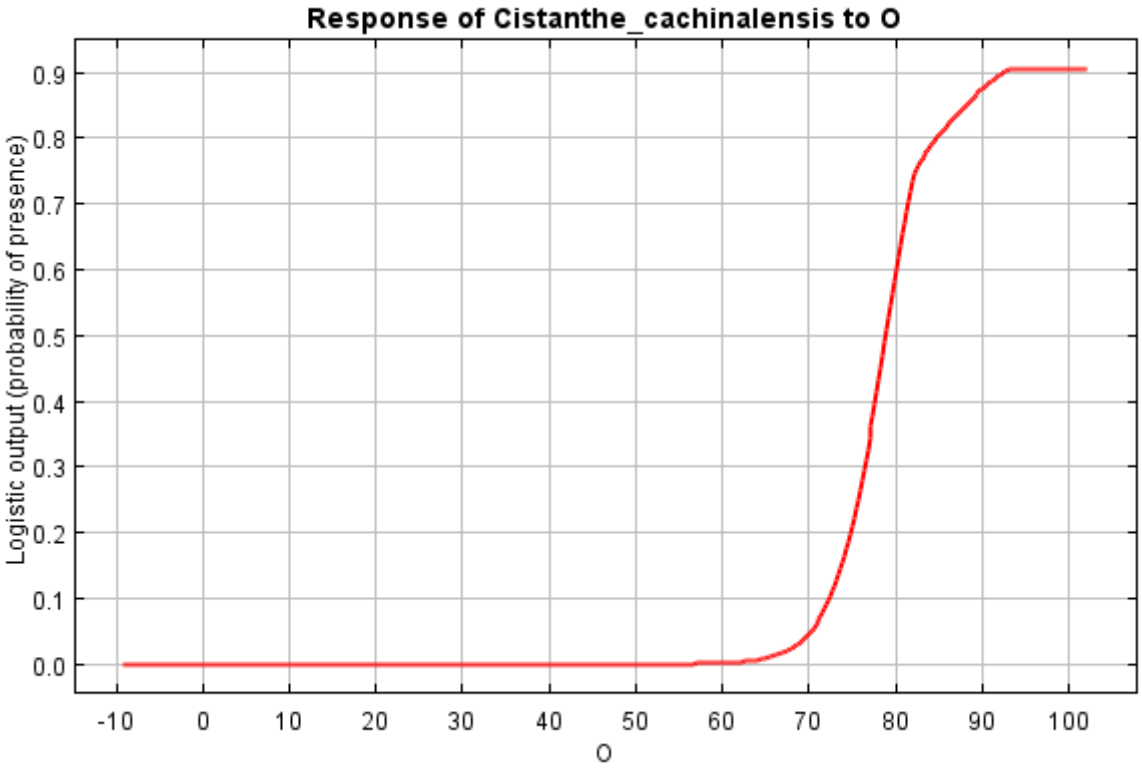


Figura 393. Respuesta de *C. cachinalensis* a la variable O, correspondiente a la humedad relativa durante el otoño (desde el 20 de marzo al 20 de junio).

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 14,81 ± 44,85 por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.196 (p = 1.039E-12). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 981.072.607 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 25.184.492 individuos vivos de esta especie.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 394.

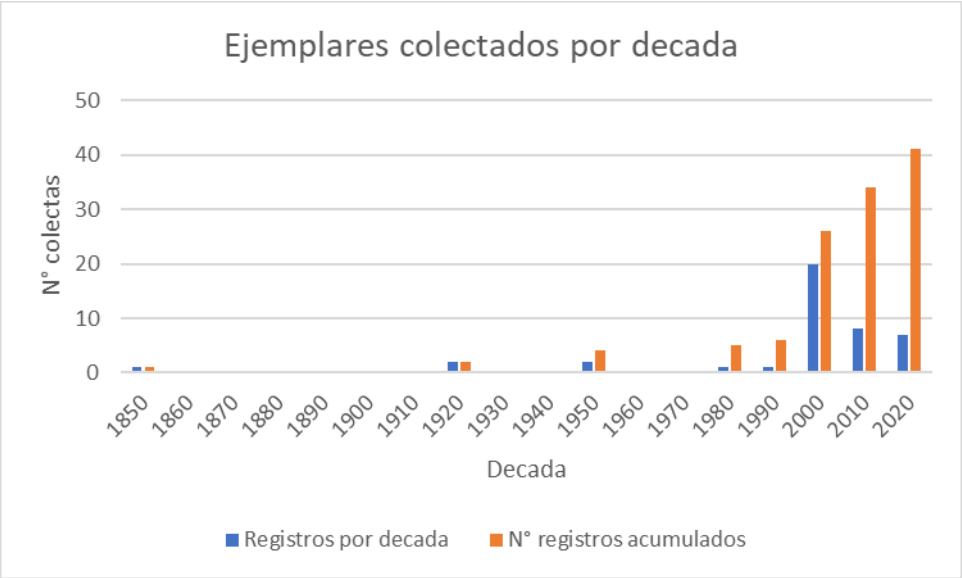


Figura 394. Registros de *Cistanthe cachinalensis* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 395

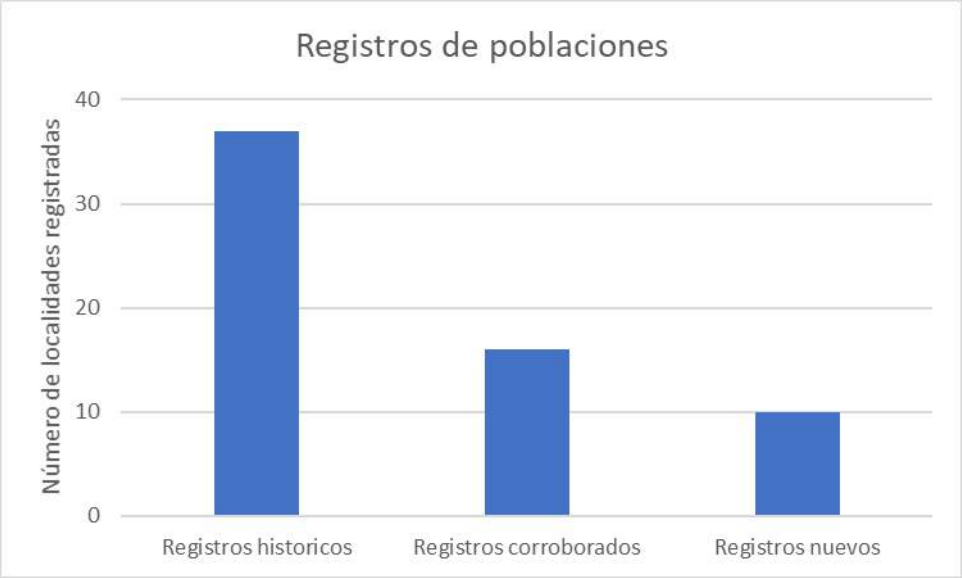


Figura 395. Corroboración de registros en el área de estudio de *Cistanthe cachinalensis*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio005161

- Amenazas

En la Figura 396 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que las mayores amenazas fueron la ganadería extensiva y la erosión.

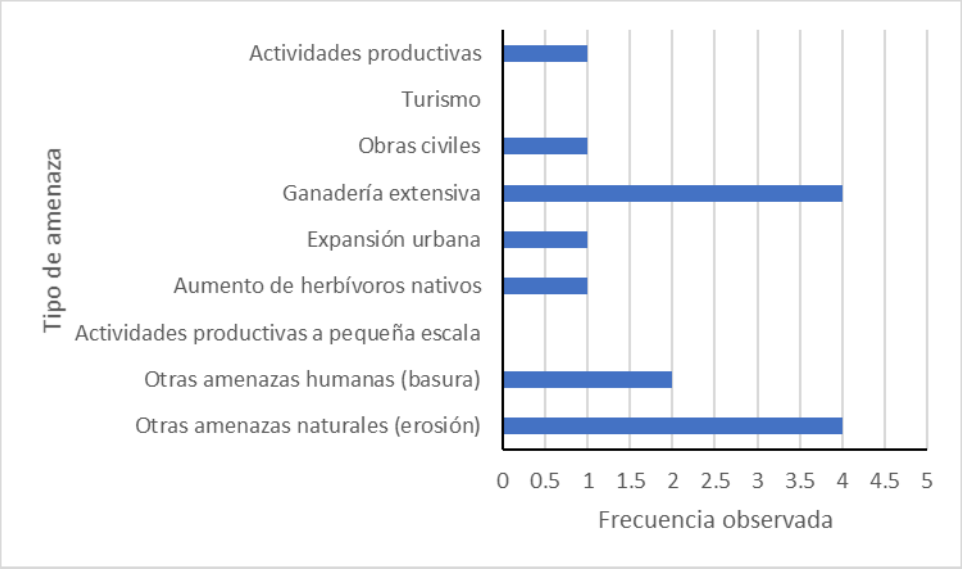


Figura 396. Amenazas registradas para *Cistanthe cachinalensis*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 72.58, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 7.13, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas dos accesiones de esta especie (BB78 y BB1510), provenientes de la Quebrada El Oro y La Chimba respectivamente.

Folio005162

97.- *Polypodium pycnocarpum* C. Chr.

Ranking IPM				**142**
Especie	***Polypodium pycnocarpum*** C. Chr.			Distribución
Familia	**Polypodiaceae**	Categoría de conservación	-	
Número de individuos estimados	-	Superficie estimada (m^2)	-	
Número de localidades	**4**	Variable climática más relevante	-	
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**	
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**	
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**	

En el listado de las especies del plan RECOGE, este taxon se incluye bajo el nombre *Polypodium masafuerae* (=*Pleopeltis masafuerae*), lo cual sería incorrecto según Rodríguez-Ríos, (2015) ya que corresponden a especies distintas. En el caso de *P. masafuerae*, es un helecho endémico de la Isla Alejandro Selkirk en el Archipiélago Juan Fernández, no presente en el continente. En cambio, *P. pycnocarpum* sería un helecho extremadamente raro en Chile, encontrándose sólo en el litoral de la Región de Antofagasta. Sin embargo, la misma especie se encuentra extensamente distribuido en la cordillera de Los Andes fuera de Chile, desde el sur de Bolivia al norte de Perú. Algunas fuentes incluyen su presencia en Colombia, aunque esto debiese corroborarse.

- Presencia

Esta especie se ha colectado en Chile sólo en 4 localidades correspondientes al Morro Moreno, Miguel Díaz, Aguada El Panul y El Rincón. La colecta de Philippi en que se indica “Paposo”, probablemente corresponde a la localidad de El Rincón. Por otro lado, esta especie ha sido extensamente colectada en los países andinos del neotrópico.

Cuadro 128. Localidades de presencia de *Polypodium pycnocarpum.*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Moreno, Morro	340693	7401037	Barros E. 1269	

Folio005163

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Miguel Díaz, Aguada	342258	7284037	Johnston, I. M. 5309	1925
Panul, Aguada	345245	7258855	Johnston, I. M. 5423	1925
Rincón, El	348980	7245011	Johnston, I. M. 5491	1925
Qda Rinconada, 5 Km N Caleta Paposo	348516	7243407	Dillon, M.O. ET AL 5993	1988
Rinconada De Paposo	346832	7243388	HOFFMANN 300	1988
Quebrada Rinconada, Ca. 5 Km N Of Caleta Paposo	349354	7241052	Dillon, M. O. et al. 5993	
Rinconada De Paposo	349354	7241052	HOFFMANN 300	
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
Paposo	353695	7230556	Philippi, R. A.	1853

Fuente: Biota (2018).

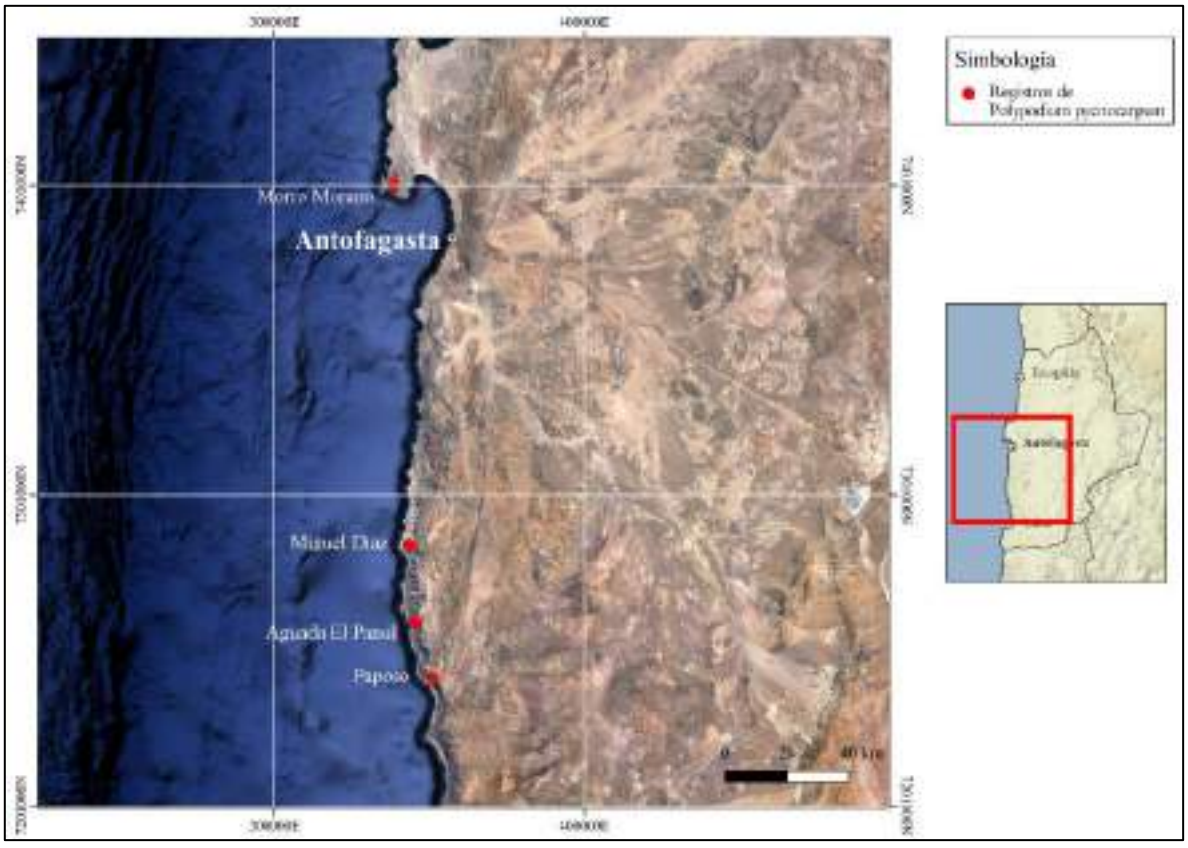


Figura 397. Distribución de presencias de *Polypodium pycnocarpum*.

- Distribución potencial

Debido a que la especie cuenta con menos de 10 localidades de presencia en la Región de Antofagasta, no se realizó una modelación de nicho.

Folio005164

- Abundancia

Debido a que esta especie no fue encontrada en terreno, no fue posible calcular su abundancia.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 398.

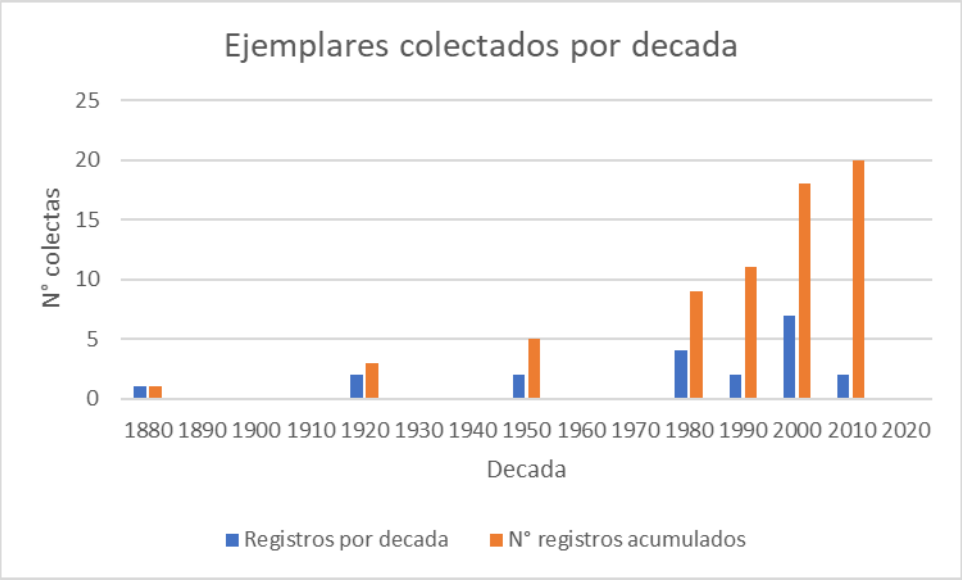


Figura 398. Registros de *Polypodium pycnocarpum* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 399.

Folio005165

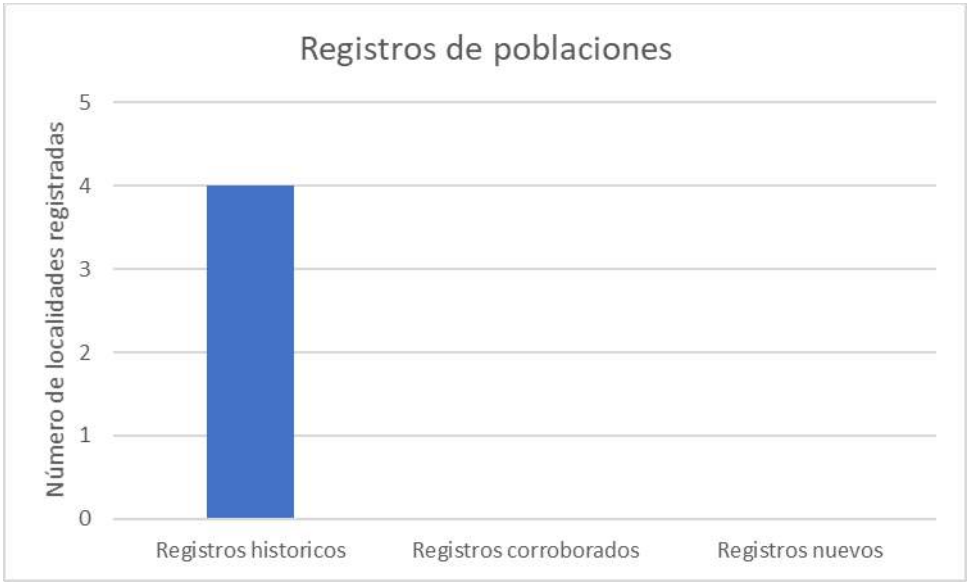


Figura 399. Corroboración de registros en el área de estudio de *Polypodium pycnocarpum*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 44.08, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 8.24, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS, debido a que no se reproduce mediante semillas.

Folio005166

98.- *Salvia tubiflora* Sm.

Ranking IPM			**143**
Especie	***Salvia tubiflora*** Sm.		Distribución
Familia	**Lamiaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados*	**707.370**	Superficie estimada (m^2)	**190.480.269**
Número de localidades	**12**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa del mes de septiembre**
Perturbación por minería	**Alta**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Baja**
Amenaza más frecuente	**Erosión**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**3**	Poblaciones conservadas en el BBS	**3**

*Este valor corresponde a las poblaciones chilenas exclusivamente.

Folio005167

Esta corresponde a una especie que en Chile se encuentra sólo en el norte grande, restringida al litoral de Paposo y el PN Pan de Azúcar. Sin embargo, la misma especie también se encuentra ampliamente distribuida en Perú, tanto en el litoral como en el pie andino, desde Moquegua en el sur hasta Chiclayo en el extremo norte. A pesar de ser tan abundante en Perú, su relativa distribución acotada en Chile la ha llevado a ser considerada como "Vulnerable" en Chile de acuerdo al DS 13/2013 MMA.

- Presencia

En Chile, esta especie se distribuye entre Miguel Díaz y el PN Pan de Azúcar. Se ha registrado en Miguel Díaz, El Cardón, El Médano, El Rincón, Quebrada Paposo, Quebrada La Higuera, Quebrada Peralillo, Quebrada Yerbas Buenas, Quebrada El Cura, Estancia Vieja, Cachinales y en Las Lomitas en el PN Pan de Azúcar.

Cuadro 129. Localidades de presencia de *Salvia tubiflora.*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Miguel Díaz, Aguada	342258	7284037	Johnston, I. M. 5336	1925
Miguel Díaz, Aguada	342258	7284037	Gutierrez, G.	
Cardón, Quebrada	344394	7262535	Johnston, I. M. 5261	1925
Medano 800-800 M, Exposición Sur Oeste, Posición De Lecho Quebrada	346973	7253499	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Qda El Medano, 22 Km N De Paposo	345051.6531	7252635.907	HOFFMANN & RODRIGUEZ X 148	
20 Km N De Paposo, Qda De El Medano	345046	7252599	NIEMEYER Sin información	1985
Qda El Medano, 22 Km N De Paposo	345046	7252599	HOFFMANN & RODRIGUEZ 148	1987
Aguada, Quebrada Principal El Rincón (Inv_7)	350291	7243579	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
El Rincón	349059	7243476	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Antofagasta: Rinconada De Paposo	346838.9221	7243425.411	HOFFMANN 286	
Cerro Rincón 800-1000 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	349501	7243424	Gutierrez, G.	
Cerro El Rincon	348516	7243407	Quezada, M. & E. Ruiz 150	1991
El Rincon, Quebrada Del Rincon	348516	7243407	Galvez et al. 39	1989
Rinconada De Paposo	346832	7243388	HOFFMANN 286	1988

Folio005168

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Qda. El Rincón (B) (Ladera Exp. Sur-Este)	349951	7242880	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Sector Rinconada 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	350098	7242874	Gutierrez, G.	
Fdo. Quebrada	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	
Cerro Rincón 300-800 M, Exposición Sur - Oeste, Posición De Ladera	349561	7242610	Gutierrez, G.	
Fdo. Quebrada	349001	7242571	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Qda. El Rincón (Fdo. Quebrada) (B)	349862	7242368	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada El Rincón (Inv_2)	350243	7242245	Faúndez, L, Ferrada E & Alfaro V.	2010
Qda. Al Norte De Majada Rincón, Fondo Quebrada	348819	7242176	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Quebrada Rinconada, Ca. 5 Km N Of Caleta Paposo	348539	7241967	Dillon, M. O. 5959	
Antofagasta: Paposo, Queb El Rincon	350225.7374	7241616.693	FINGER ET AL 85	
Rincón El, Localidad Rural	349354	7241052	Johnston	
El Rincón. Localidad	349354	7241052	Dillon, M. O.	1991
Paposo, Localidad Rural	352432	7233398	Philippi, R. A.	
Paposo	355367	7232404	San Roman	1883
Qda Paposo, Agua Perales	357083	7231375	Ricardi, M. 2596	
Quebrada La Higuera	355386	7230559	Ricardi, M. 2655	1953
Agua Perales	353704	7230541	Ricardi, M. 2596	1953
Antofagasta: Paposo, Qda La Higuera	355392.0453	7230595.806	RICARDI 2655	
Paposo	353695	7230556	San Roman	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352928	7223821	Gutierrez, G.	
Quebrada Yerbas Buenas 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	352219	7223683	Gutierrez, G.	
Antofagasta: Paposo, Quebrada El Cura	353789.5097	7223194.399	ROSAS 3390	
Estancia Vieja, Localidad Rural	360444	7218388	Johnston	
Ladera Exp. Suroeste Rocosa (Inv_15)	355461	7217285	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006

Folio005169

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Ladera Terrosa, Exp Oeste (Inv_16)	355536	7217261	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
Cachinales 300-800 M, Exposición Oeste, Posición De Lecho Quebrada	355997	7217034	Gutierrez, G.	
Cachinalcito, Localidad Rural	354976	7216844	Johnston	
Grande, Aguada	345800	7117238	Philippi, R. A.	
Parque Nacional Pan De Azúcar, Oasis De Neblina	334797	7107841	Rundel	

Fuente: Biota (2018)

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Salvia tubiflora* (Figura 400), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.999. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la humedad relativa en el mes de septiembre (Figura 401). Se observa que la probabilidad de presencia de *Salvia tubiflora* es superior al 75% en lugares en que la humedad relativa en septiembre alcanza el 100%.

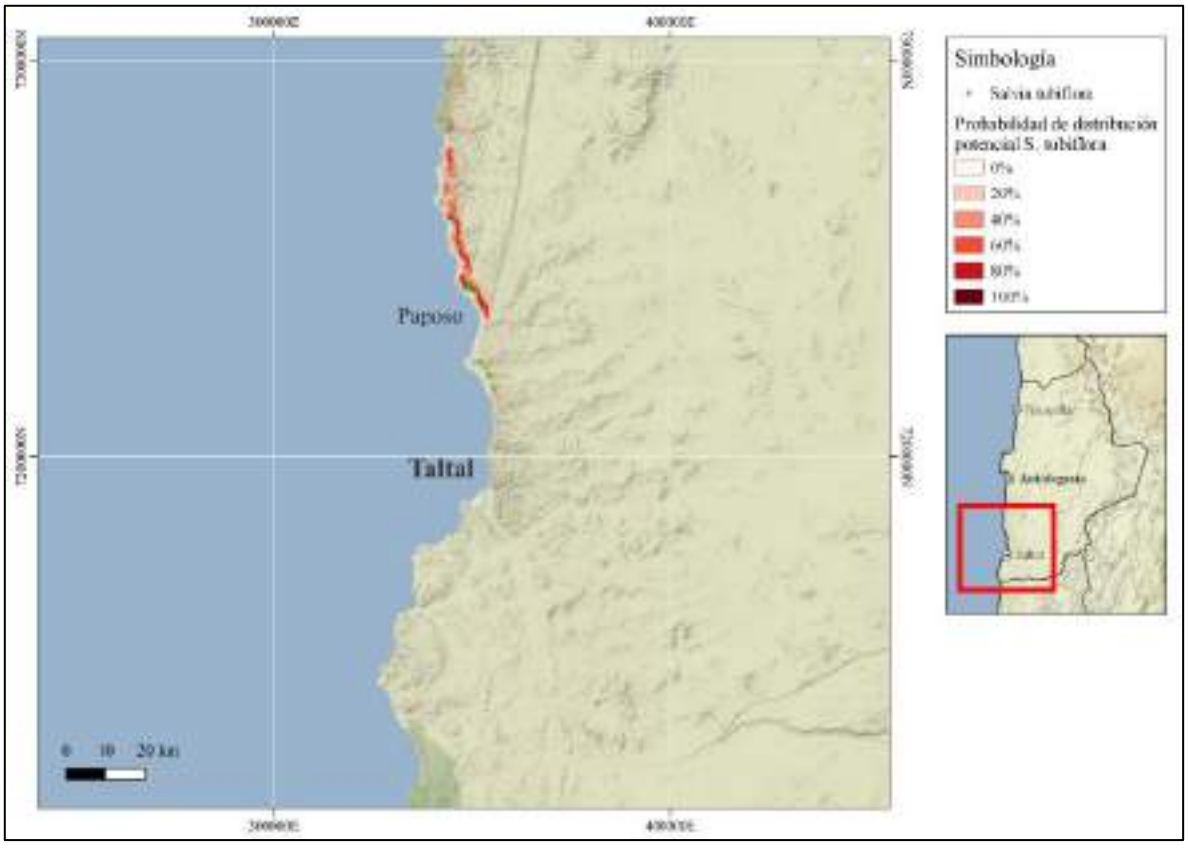


Figura 400. Modelación de nicho obtenida para *Salvia tubiflora*.

Folio005170

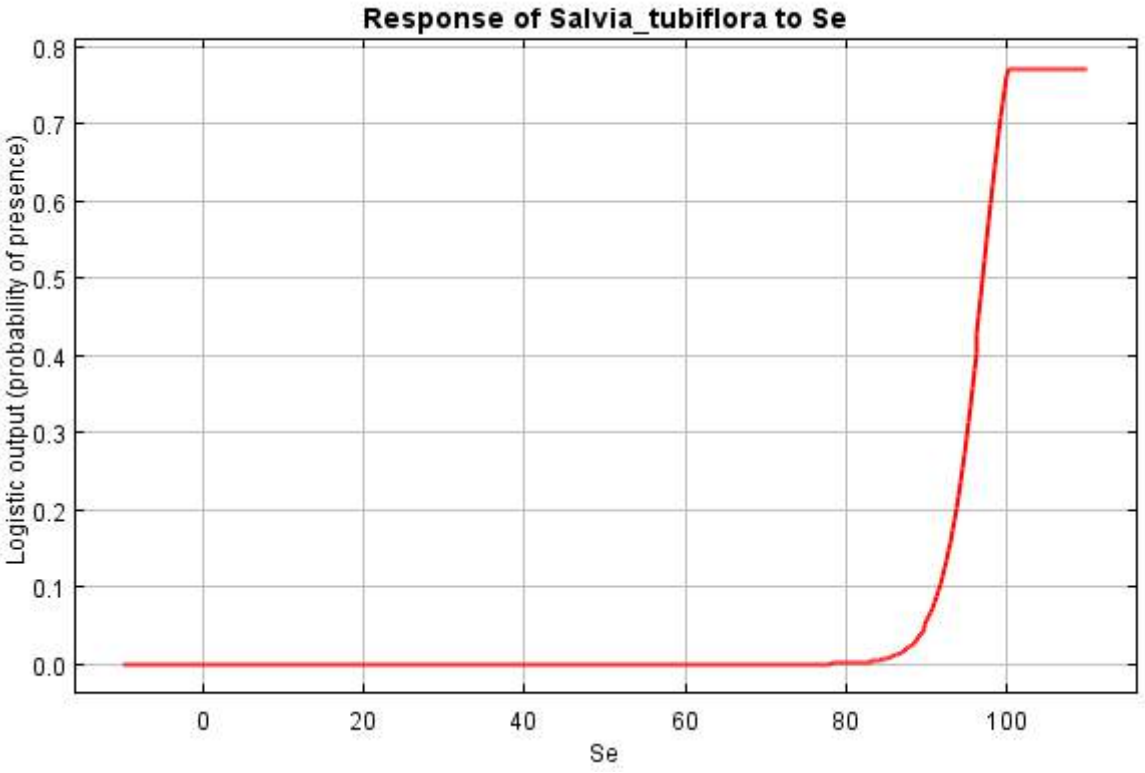


Figura 401. Respuesta de *S. tubiflora* a la variable Se, correspondiente a la humedad relativa durante el mes de septiembre.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de 2 individuos por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.21 (p = 3.235E-6). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 190.480.269 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 707.370 individuos vivos de esta especie en Chile.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 402.

Folio005171

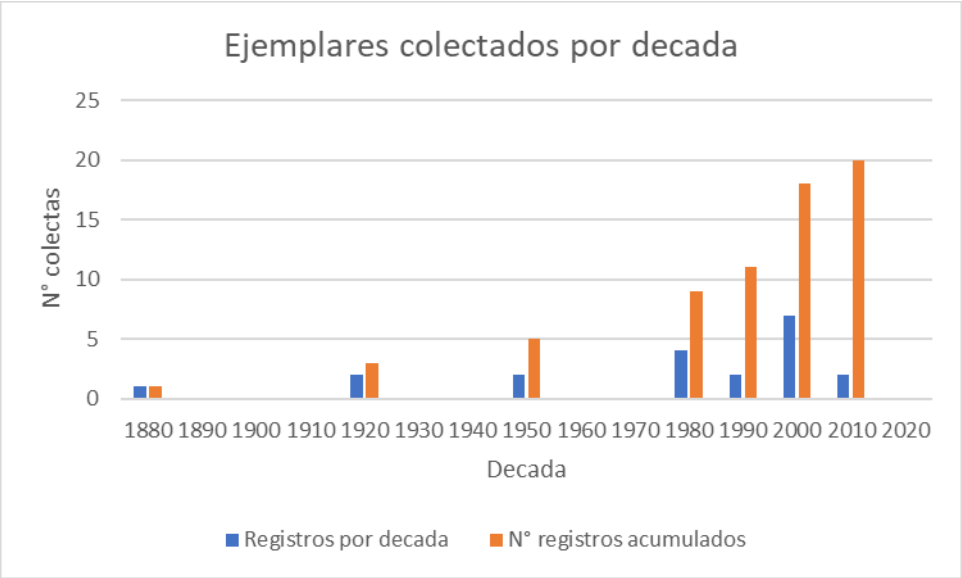


Figura 402. Registros de *Salvia tubiflora* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 403.

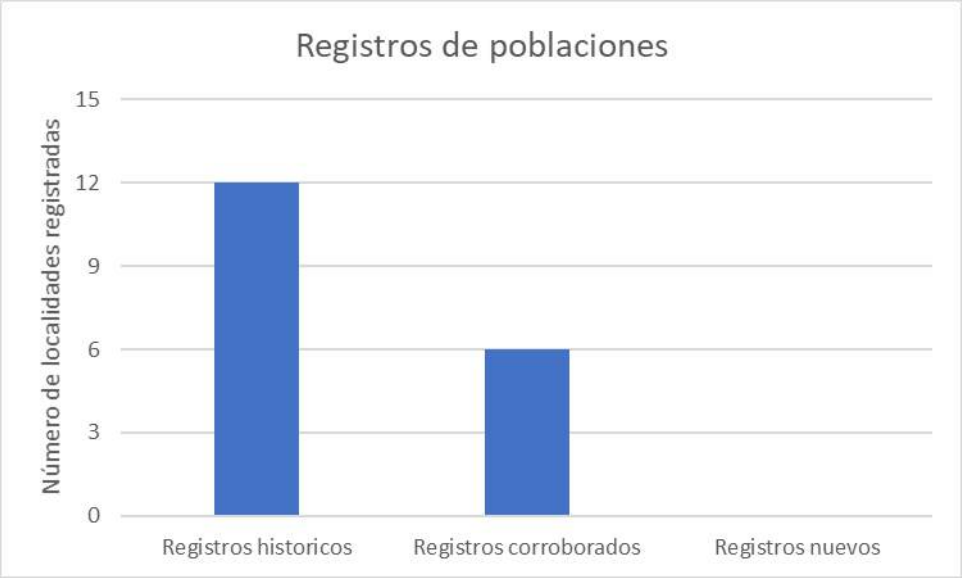


Figura 403. Corroboración de registros en el área de estudio de *Salvia tubiflora*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio005172

- Amenazas

En la Figura 404 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza fue la erosión.

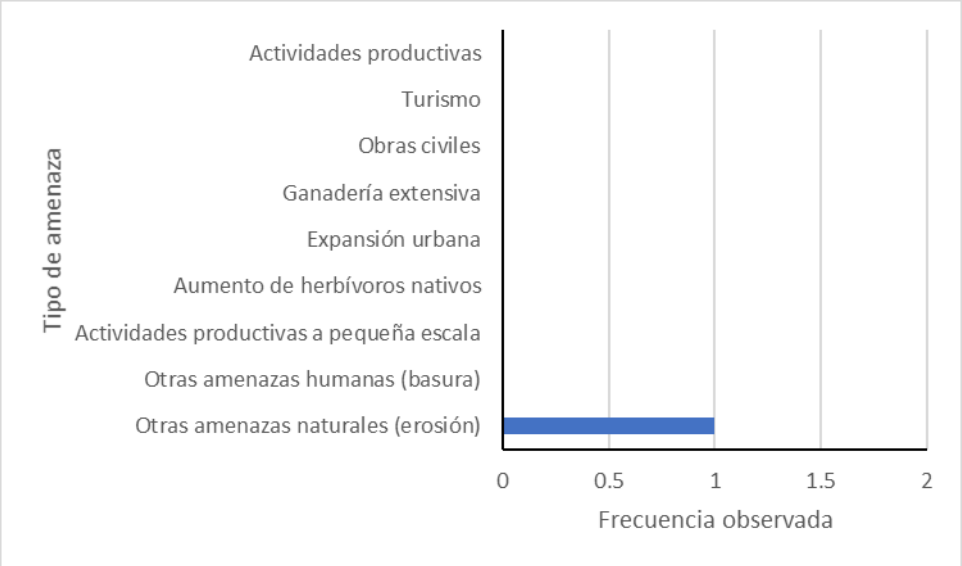


Figura 404. Amenazas registradas para *Salvia tubiflora*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 81.77, por lo que se considera una influencia alta. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 5.24, por lo que se considera una influencia baja.

- Conservación en el BBS

Se encuentran conservadas dos accesiones de esta especie (BB485, BB1534 y BB1539), provenientes de la Quebrada El Cura, El Rincón y las Tórtolas del Rincón respectivamente.

Folio005173

99.- *Asplenium peruvianum* Desv.

Ranking IPM			**144**
Especie	***Asplenium peruvianum*** Desv.		Distribución
Familia	**Aspleniaceae**	Categoría de conservación	**CR**
Número de individuos estimados*	**18**	Superficie estimada (m^2)	**2.700**
Número de localidades	**3**	Variable climática más relevante	-
Perturbación por minería	**Baja**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Media**
Amenaza más frecuente	-	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**0**	Poblaciones conservadas en el BBS	**0**

*Este valor corresponde a las poblaciones chilenas exclusivamente.

Folio005174

Asplenium peruvianum es una especie muy rara en el país, lo que ha llevado a que sea considerada en categoría de "Peligro Crítico" según el DS 13/2013 MMA. Sin embargo, esta especie se encuentra muy ampliamente distribuida en Latinoamérica (desde México hasta Argentina), incluyendo la polinesia, por lo que fuera del país pareciera ser bastante común.

- Presencia

Al igual que *P. pycnocarpum*, esta especie se encuentra restringida a solo algunas localidades en Chile, correspondientes al Morro Moreno, Aguada El Panul y El Rincón (Cuadro 130). Sin embargo, esta bastante extendida por otros países de Sudamérica.

Cuadro 130. Localidades de presencia de *Asplenium peruvianum.*

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Morro Moreno, Sitio Prioritario	340257	7403038	Ortiz et al.	
Panul, Aguada	345245	7258855	Johnston, I. M. 5421	1925
El Rincón	349059	7243476	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
El Rincón	349036	7243115	Faúndez, L. & Larraín, B.	2006
El Rincón	349017	7242633	Faúndez, L. & Larraín, B.	

Fuente: Biota (2018).

- Distribución potencial

Debido a que la especie cuenta con menos de 10 localidades de presencia, no se realizó una modelación de nicho.

- Abundancia

Esta especie se encontró en El Rincón, donde se pudieron contabilizar sólo 6 individuos en una pequeña superficie de 30 x 30 m. Debido a que sólo se ha registrado *A. peruvianum* en 3 localidades, se estima que existen 18 individuos en una superficie de 2.700 m^2.

Folio005175

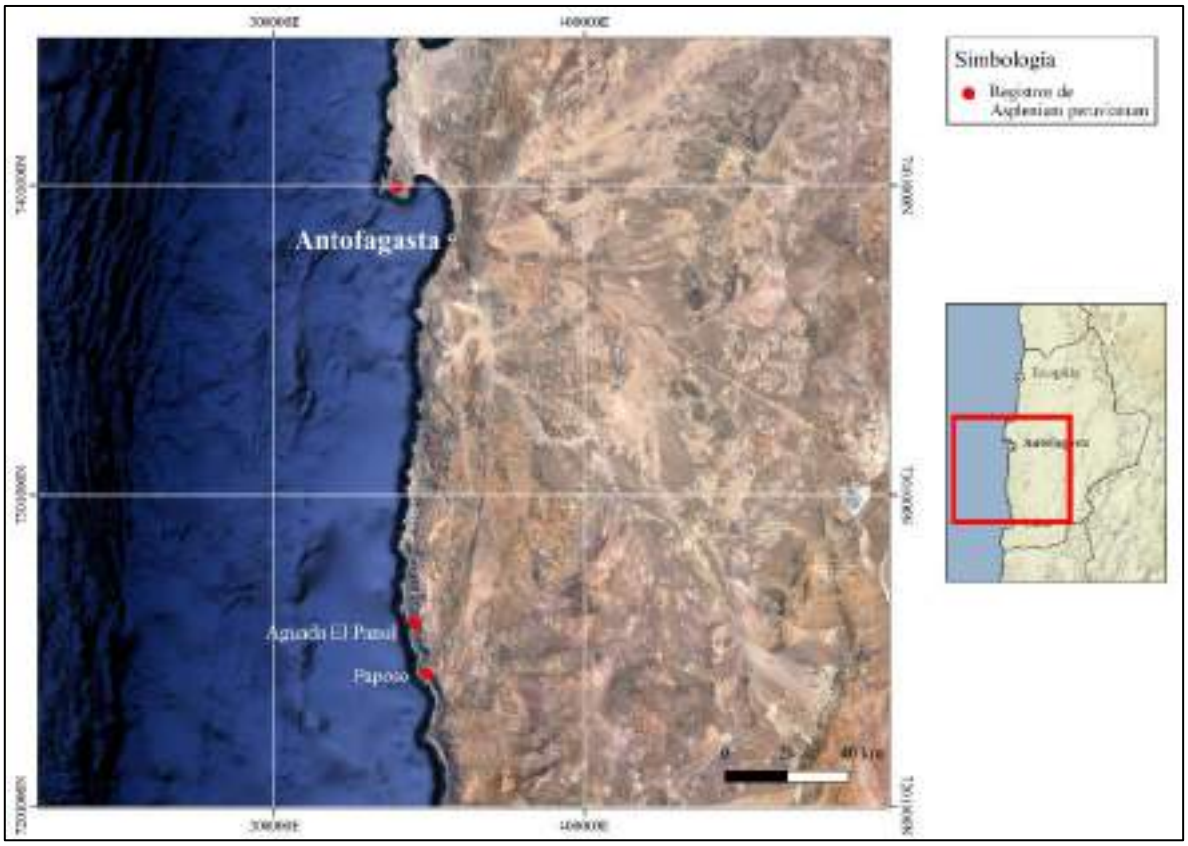
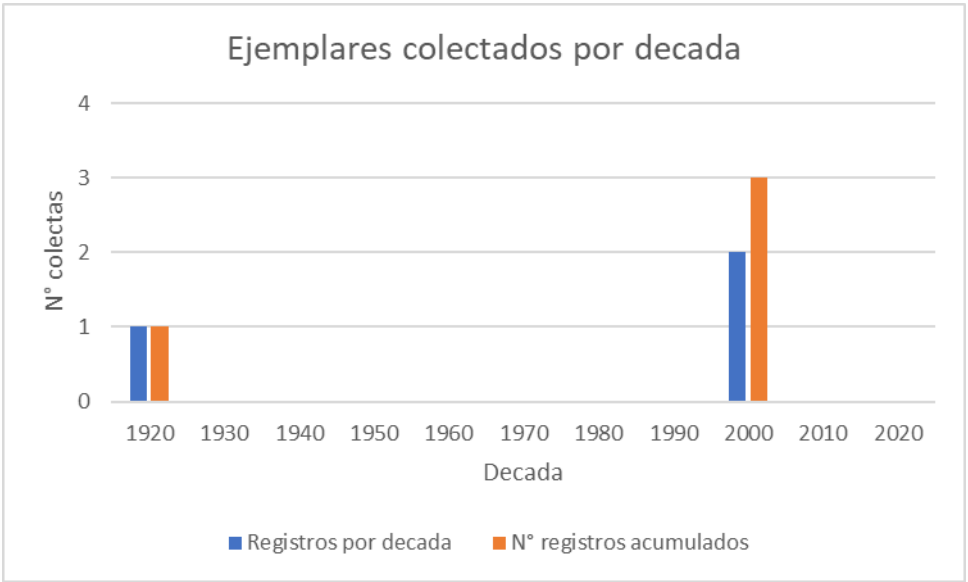


Figura 405. Distribución de presencias de *Asplenium peruvianum*.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 406.



Folio005176

Figura 406. Registros de *Asplenium peruvianum* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 407.

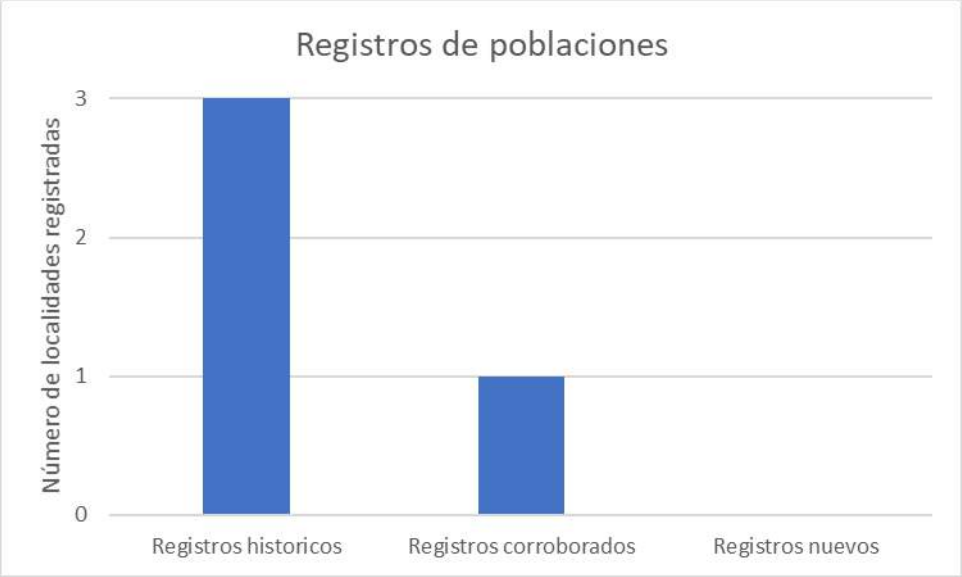


Figura 407. Corroboración de registros en el área de estudio de *Asplenium peruvianum*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

- Amenazas

Para esta especie no se observaron amenazas en terreno. En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 52.55, por lo que se considera una influencia baja. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 10.35, por lo que se considera una influencia media.

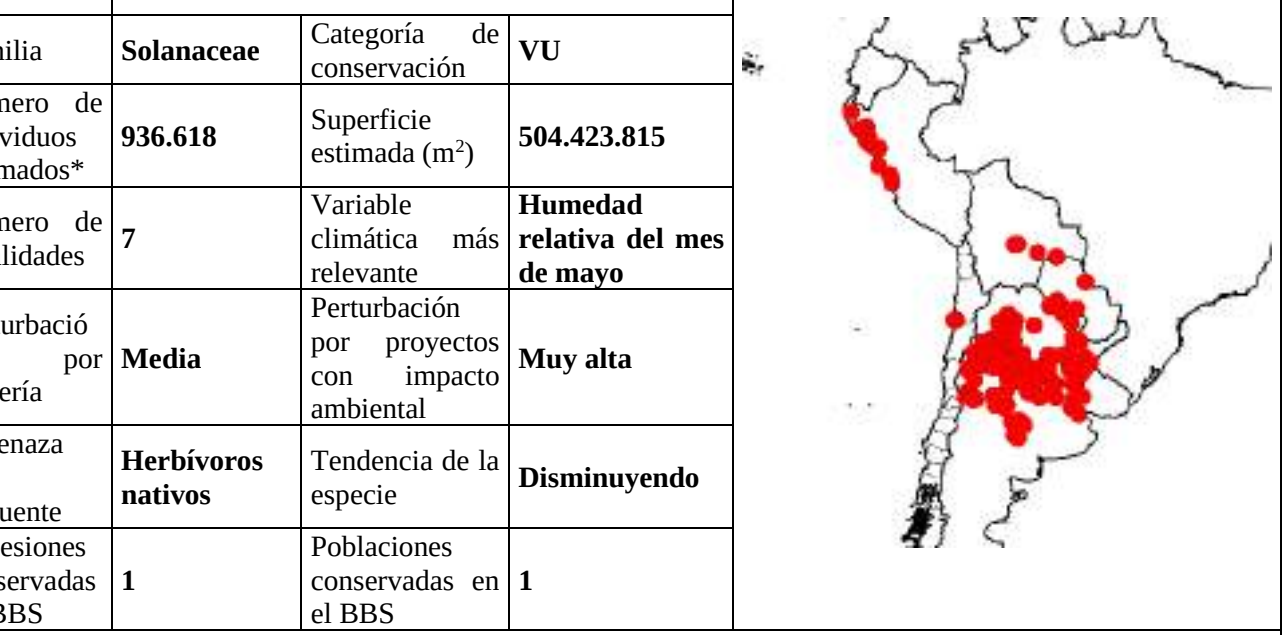
- Conservación en el BBS

Esta especie no se encuentra conservada en el BBS, debido a que no se reproduce mediante semillas.

Folio005177

100.- *Lycium boerhaviaefolium* L.f.

Ranking IPM			**145**
Especie	***Lycium boerhaviaefolium*** L.f.		Distribución
Familia	**Solanaceae**	Categoría de conservación	**VU**
Número de individuos estimados*	**936.618**	Superficie estimada (m^2)	**504.423.815**
Número de localidades	**7**	Variable climática más relevante	**Humedad relativa del mes de mayo**
Perturbación por minería	**Media**	Perturbación por proyectos con impacto ambiental	**Muy alta**
Amenaza más frecuente	**Herbívoros nativos**	Tendencia de la especie	**Disminuyendo**
Accesiones conservadas en BBS	**1**	Poblaciones conservadas en el BBS	**1**



*Este valor corresponde a las poblaciones chilenas exclusivamente.

Folio005178

Esta especie, considerada durante mucho tiempo como *Grabowskia glauca* (Phil.) I.M. Johnst., actualmente se considera el mismo taxon que una planta ampliamente distribuida por todo el norte de Perú, desde Lima hasta Piura, y en Bolivia, Paraguay y todo el norte de Argentina. Debido a su restringida distribución en Chile, esta especie actualmente se considera como "Vulnerable" según el DS 13/2013 MMA.

- Presencia

En Chile, esta especie se encuentra distribuida desde Paposo a la Quebrada El Nueve. Se ha registrado en Paposo, Quebrada Taltal, Hueso Parado, Quebrada San Ramón, Quebrada El Loro, Cerro Perales y Quebrada El Nueve.

Cuadro 131. Localidades de presencia de *Lycium boerhaviaefolium*

Localidad	**m E**	**m S**	**Colector**	**Fecha**
Antofagasta: Paposo	355372.5078	7232441.662	LOYOLA 11	
Paposo	355367	7232404	LOYOLA 11	1983
Paposo	353695	7230556	LOYOLA 11	
Antofagasta: Qda De Taltal	355726.0499	7199215.66	MONTERO 2911	
Hueso Parado, N Of Taltal	354571	7194066	Dillon, M. O. 8023	
Hueso Parado, Ca. 5 Km N Of Taltal	354910	7194045	Dillon, M. O. 5649	
Hueso Parado, Ca. 5 Km N Of Taltal	354791	7193692	Dillon, M. O. 5194	
Antofagasta: Taltal, Punta Morada	354485.2484	7193592.318	TEILLIER 5973	
Formacion De Eulychnia	354875	7192067	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 19	2010
San Ramón, Quebrada	354134	7191764	Johnston, I. M. 5127	1925
San Ramón, Quebrada	354134	7191764	Faúndez, L., Alfaro, V., Escobar, M. 19	
Hueso Parado, Caleta	352123	7191105	Johnston, I. M. 5608	1925
Antofagasta: Hueso Parado	352471.5884	7189949.581	RICARDI 2686	
Antofagasta: Taltal	351461.6435	7189761.729	LOPEZ	
Taltal. Quebrada De Taltal	352160	7188415	Teillier, S. 2861	
Antofagasta: Qda El Loro	355844.7752	7188140.045	QUEZADA & RUIZ 425	
Region De Antofagasta (Ii) Cerro Perales, Ne De Taltal.	356415	7187922	Teillier, S. 638	1987
Antofagasta: Qda San Ramon	355864.6054	7186294.095	HOFFMANN & RODRIGUEZ X 166	
Quebrada Los Changos	350393	7184464	INIA	2020

Localidad	m E	m S	Colector	Fecha
Antofagasta: Qda El Nueve	354228.5452	7182584.05	RICARDI 2722	

Fuente: Biota (2018), datos propios.

- Distribución potencial

Se realizó una modelación de nicho de *Lycium boerhaviaefolium* (Figura 408), el cual tuvo un valor de precisión (AUC) de 0.991. La variable de mayor importancia seleccionada en el modelo correspondió a la humedad relativa el mes de mayo (Figura 409). Se observa que *L. boerhaviaefolium* alcanza el 95% de probabilidad de presencia en lugares que la humedad relativa es igual al 90% en el mes de mayo.

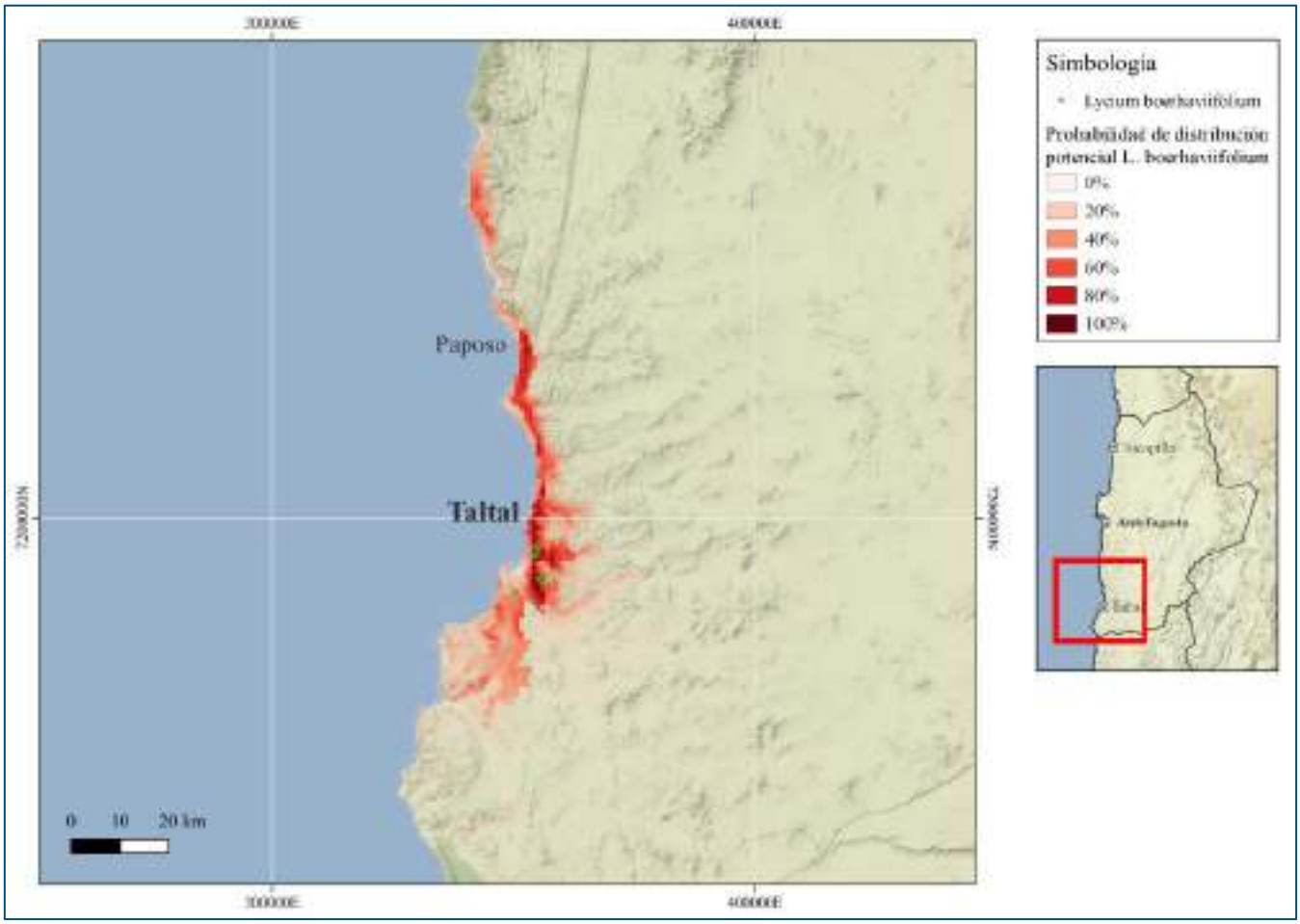


Figura 408. Modelación de nicho obtenida para *Lycium boerhaviaefolium*.

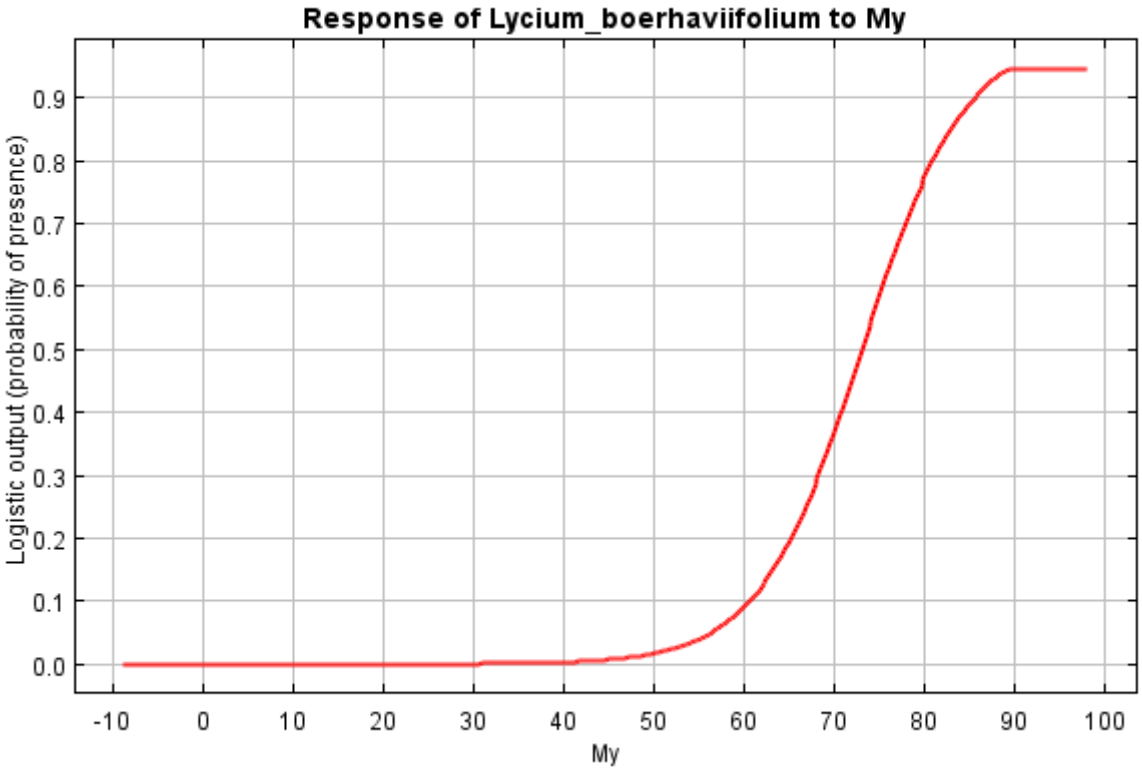


Figura 409. Respuesta de *L. boerhaviifolium* a la variable My, correspondiente a la humedad relativa durante el mes de mayo.

- Abundancia

A partir de las mediciones en terreno, esta especie tiene una densidad promedio de un individuo por parcela de muestreo de 12 m de diámetro.

Según lo calculado por Maxent, el valor del umbral logístico correspondería a 0.21 (p = 9.595E-6). A partir de este valor, la superficie de presencia estimada sería de 504.423.815 m^2.

Con los datos expuestos anteriormente y considerando la probabilidad determinada para el umbral logístico, se estima un número de 936.618 individuos vivos de esta especie en Chile.

- Análisis histórico

Los registros históricos de la especie se indican en la Figura 410.

Folio005181

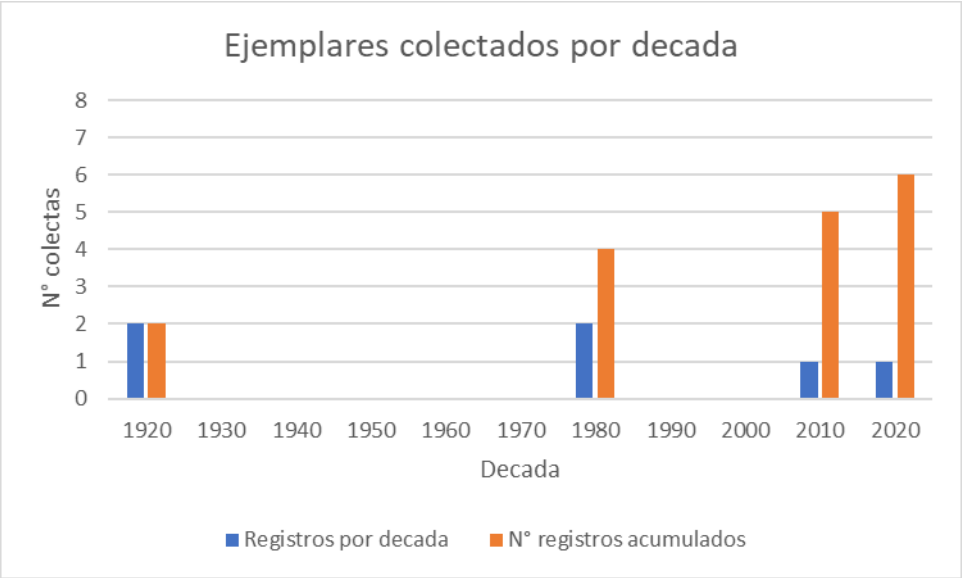


Figura 410. Registros de *Lycium boerhaviaefolium* realizados a través del tiempo.

La corroboración de las poblaciones se muestra en la Figura 411.

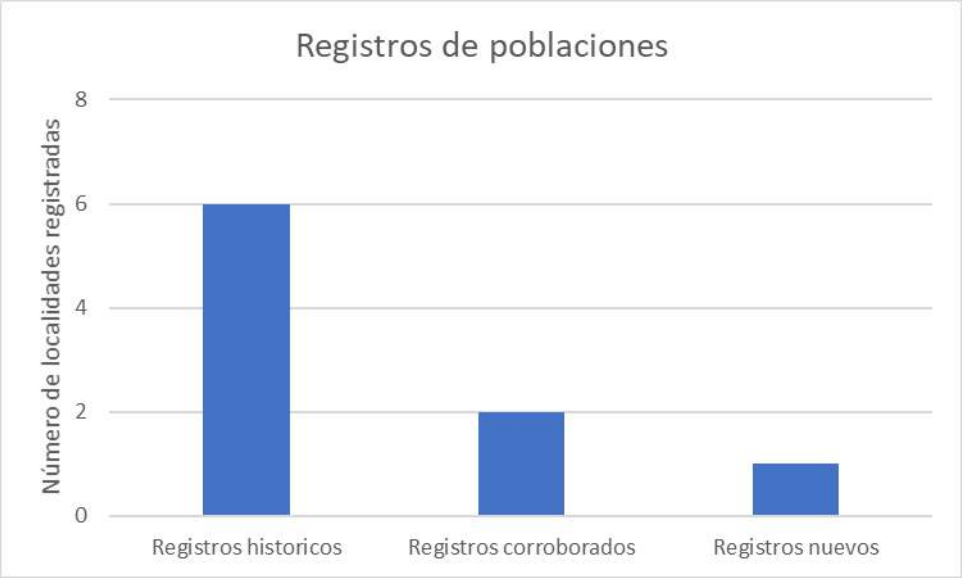


Figura 411. Corroboración de registros en el área de estudio de *Lycium boerhaviaefolium*.

A partir de este análisis, se infiere que las poblaciones de esta especie están disminuyendo.

Folio005182

- Amenazas

En la Figura 412 se muestran las amenazas registradas para esta especie. Se observa que la mayor amenaza observada fue el aumento de los herbívoros nativos.

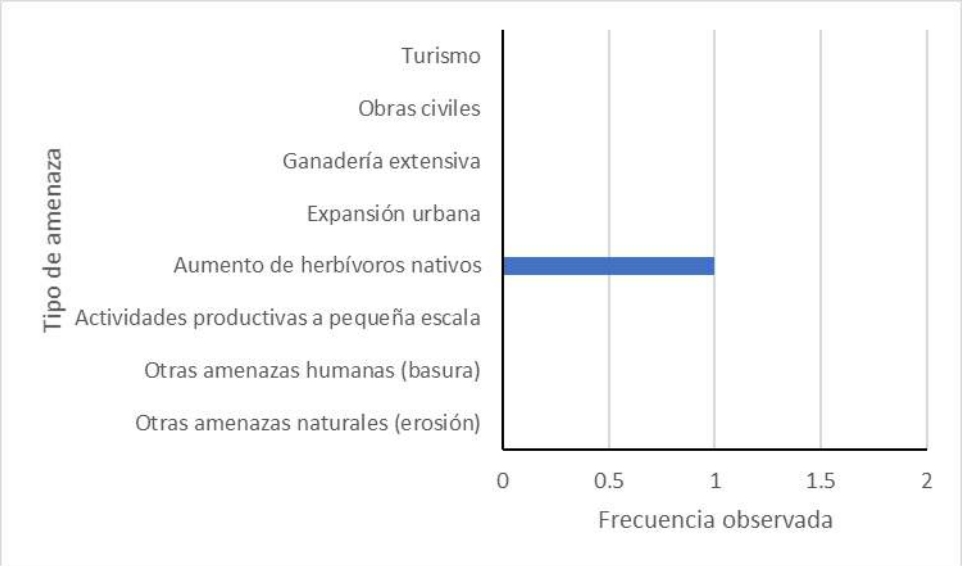


Figura 412. Amenazas registradas para *Lycium boerhaviaefolium*.

En cuanto a la influencia de la minería, se obtuvo un valor promedio de 70.45, por lo que se considera una influencia media. Para los proyectos SEIA en general, se obtuvo un valor promedio de 21.06, por lo que se considera una influencia muy alta.

- Conservación en el BBS

Se encuentra conservada una accesión de esta especie (BB81), proveniente de la Quebrada El Oro.

IV.3 Conclusiones

A partir de un muestreo sistematizado de la flora costera de la Región de Antofagasta mediante el uso de parcelas de muestreo, se determinaron cuatro tipos vegetacionales basado en un criterio florístico, que a su vez se dividen en ocho formaciones vegetacionales y 19 comunidades vegetacionales. Los tipos vegetacionales corresponden a 1) los ecosistemas de lomas u oasis de niebla, 2) el desierto costero de Taltal, 3) las formaciones de Copiapoa y 4) el

Folio005183

desierto costero de Tocopilla. De manera adicional, se generaron 23 capas raster a partir de una interpolación realizada con los datos obtenidos por sensores de humedad.

Para el diagnóstico de la flora, se evaluó cada una de las 100 especies priorizadas en el objetivo 3. En el diagnostico se indican las localidades de presencia en que se conoce a la especie, se calcula su distribución potencial indicando la superficie potencial de presencia, se evalúa la abundancia, se realiza un análisis histórico, se revisan las amenazas a partir de proyectos ambientales y mineros, y se reporta si es que la especie se encuentra conservada in situ. Para cada especie estudiada, se tradujeron los valores cuantitativos en categorías ordinales.

Folio005184

V OBJETIVO 5: "Diseñar y ejecutar un plan piloto de conservación ex-situ, propagación y reintroducción de flora costera regional bajo amenaza."

Se presentan resultados del plan piloto, en el cual se incluye el estado de la conservación *ex situ* de la flora, la propagación de especies y la metodología de reintroducción.

V.1 Conservación ex situ

El total de la colección proveniente de la costa de la Región de Antofagasta incluye 220 accesiones correspondientes a 137 especies de plantas vasculares, las cuales se incluyen en el Cuadro 1 y en el archivo "Conservación ex situ.xlsx" del Anexo digital. El análisis de la conservación en el Banco de Semillas respecto a su origen biogeográfico se encuentra en la Figura 413. Se puede observar en la Figura 1 que en la zona de estudio existen 474 especies nativas del país, de las cuales 293 son endémicas de Chile y 95 endémicas de la zona de estudio. De las nativas, se encuentran 181 especies conservadas en el Banco Base de Semillas (BBS), de las cuales 137 fueron colectadas en la zona de estudio. Por otro lado, de las especies endémicas de Chile, se encuentran conservadas 168 especies, de las cuales 112 de ellas fueron colectadas en la zona de estudio. Por último, de las especies endémicas de la zona de estudio, 46 se encuentran conservadas en el BBS.

Cuadro 132. Listado de especies conservadas *ex situ* en el Banco Base de Semillas, indicando para cada una el número de accesiones.

Taxón	N° accesiones
Monocotyledoneae	**19**
Asparagales	**9**
Amaryllidaceae	5
Leucocoryne appendiculata	2
Leucocoryne coronata	1
Paposoa laeta	1
Zephyranthes ananuca	1
Asparagaceae	1
Oziroë biflora	1
Iridaceae	2
Tigridia philippiana	2
Tecophilaeaceae	1
Conanthera sabulosa	1
Liliales	**3**
Alstroemeriaceae	3
Alstroemeria graminea	2
Alstroemeria violacea	1

Folio005185

Poales	**7**
Bromeliaceae	7
Deuterocohnia chrysantha	2
Puya boliviensis	3
Tillandsia geissei	1
Tillandsia tragophoba	1
Eudicots	**1**
Ranunculales	**1**
Berberidaceae	1
Berberis actinacantha	1
Gunneridae	**56**
Caryophyllales	**56**
Aizoaceae	2
Tetragonia maritima	2
Amaranthaceae	2
Atriplex taltalensis	2
Cactaceae	32
Copiapoa boliviensis	1
Copiapoa cinerea var. columna-alba	1
Copiapoa conglomerata	1
Copiapoa gigantea	4
Copiapoa grandiflora	3
Copiapoa humilis subsp. humilis	1
Copiapoa humilis subsp. varispinata	1
Copiapoa krainziana	1
Copiapoa longistaminea	2
Copiapoa montana	1
Copiapoa solaris	1
Copiapoa taltalensis	2
Eriosyce iquiquensis	1
Eriosyce malleolata	3
Eriosyce paucicostata	2
Eriosyce paucicostata subsp. echinus	1
Eriosyce paucicostata subsp. paucicostata	1
Eriosyce sp.	1
Eriosyce taltalensis	1
Eulychnia saint-pieana	1
Eulychnia taltalensis	1
Leucostele deserticola	1
Caryophyllaceae	2
Spergularia arbuscula	2
Montiaceae	17
Calandrinia taltalensis	1
Cistanthe amarantoides	3
Cistanthe cachinalensis	2
Cistanthe celosioides	2
Cistanthe cephalophora	3
Cistanthe cymosa	2

Folio005186

Cistanthe lamprosperma	1
Cistanthe sp.	1
Philippiamra amaranthoides	1
Portulaca philippii	1
Polygonaceae	1
Chorizanthe deserticola	1
Asteridae	**4**
Cornales	**4**
Loasaceae	4
Huidobria chilensis	1
Huidobria fruticosa	1
Loasa elongata	1
Mentzelia scabra	1
Lamiidae	**71**
Boraginales	**13**
Boraginaceae	3
Cryptantha filaginea	1
Cryptantha sp.	1
Tiquilia litoralis	1
Heliotropiaceae	10
Heliotropium jaffuelii	2
Heliotropium linariifolium	2
Heliotropium philippianum	2
Heliotropium pycnophyllum	2
Heliotropium taltalense	2
Lamiales	**16**
Acanthaceae	3
Dicliptera paposana	3
Calceolariaceae	3
Calceolaria paposana	2
Calceolaria rinconada	1
Lamiaceae	5
Salvia gilliesii	1
Salvia rhombifolia	1
Salvia tubiflora	3
Plantaginaceae	5
Plantago hispidula	1
Plantago johnstonii	1
Plantago nebularis	2
Plantago rancaguae	1
Solanales	**42**
Solanaceae	42
Lycium boerhaviaefolium	1
Lycium deserti	1
Nicotiana solanifolia	2
Nolana aplocaryoides	4
Nolana balsamiflua	1
Nolana clivicola	2

Folio005187

Nolana dianae	1
Nolana diffusa	1
Nolana divaricata	1
Nolana elegans	1
Nolana incana	1
Nolana jaffuelii	1
Nolana lachimbensis	2
Nolana leptophylla	1
Nolana linearifolia	1
Nolana mollis	3
Nolana parviflora	1
Nolana peruviana	2
Nolana ramosissima	1
Nolana sedifolia	2
Nolana stenophylla	1
Nolana villosa	2
Reyesia chilensis	1
Schizanthus lacteus	4
Solanum brachyantherum	1
Solanum chilense	1
Solanum remyanum	2
Campanulidae	**32**
Apiales	**4**
Apiaceae	4
Asteriscium closii	1
Eremocharis fruticosa	2
Gymnophyton foliosum	1
Asterales	**28**
Asteraceae	28
Chaetanthera taltalensis	1
Erigeron paposanum	2
Gutierrezia taltalensis	1
Haplopappus rosulatus	2
Helenium atacamense	2
Homalocarpus integerrimus	1
Leucheria cumingii	1
Ophryosporus anomalus	1
Ophryosporus triangularis	2
Oxyphyllum ulicinum	3
Plectocephalus atacamensis	1
Polyachyrus annuus	1
Polyachyrus cinereus	1
Polyachyrus gayi	1
Polyachyrus poeppigii	2
Proustia cuneifolia subsp. tipia	1
Senecio almeidae	2
Senecio antofagastanus	1
Senecio philippicus	1

Folio005188

Senecio pseudalmeidae	1
Rosidae	**36**
Oxalidales	**2**
Oxalidaceae	2
Oxalis cfr. paposana	1
Oxalis ericoides	1
Malpighiales	**12**
Euphorbiaceae	2
Croton chilensis	1
Euphorbia lactiflua	1
Malpighiaceae	1
Dinemandra ericoides	1
Passifloraceae	3
Malesherbia humilis var. parviflora	1
Malesherbia tocopillana	2
Violaceae	6
Viola huesoensis	2
Viola johnstonii	1
Viola polypoda	2
Viola taltalensis	1
Fabales	**7**
Fabaceae	7
Astragalus paposanus	1
Dalea azurea	2
Senna brongniartii	2
Senna paposana	2
Rosales	**1**
Rosaceae	1
Acaena trifida var. glabrescens	1
Malvales	**10**
Malvaceae	10
Cristaria adenophora	1
Cristaria integerrima	3
Cristaria molinae	2
Cristaria tenuissima	1
Palaua concinna	2
Palaua dissecta	1
Brassicales	**4**
Brassicaceae	3
Lepidium bonariense	1
Mathewsia incana	1
Sibara macrostachya	1
Cleomaceae	1
Cleome chilensis	1

Folio005189

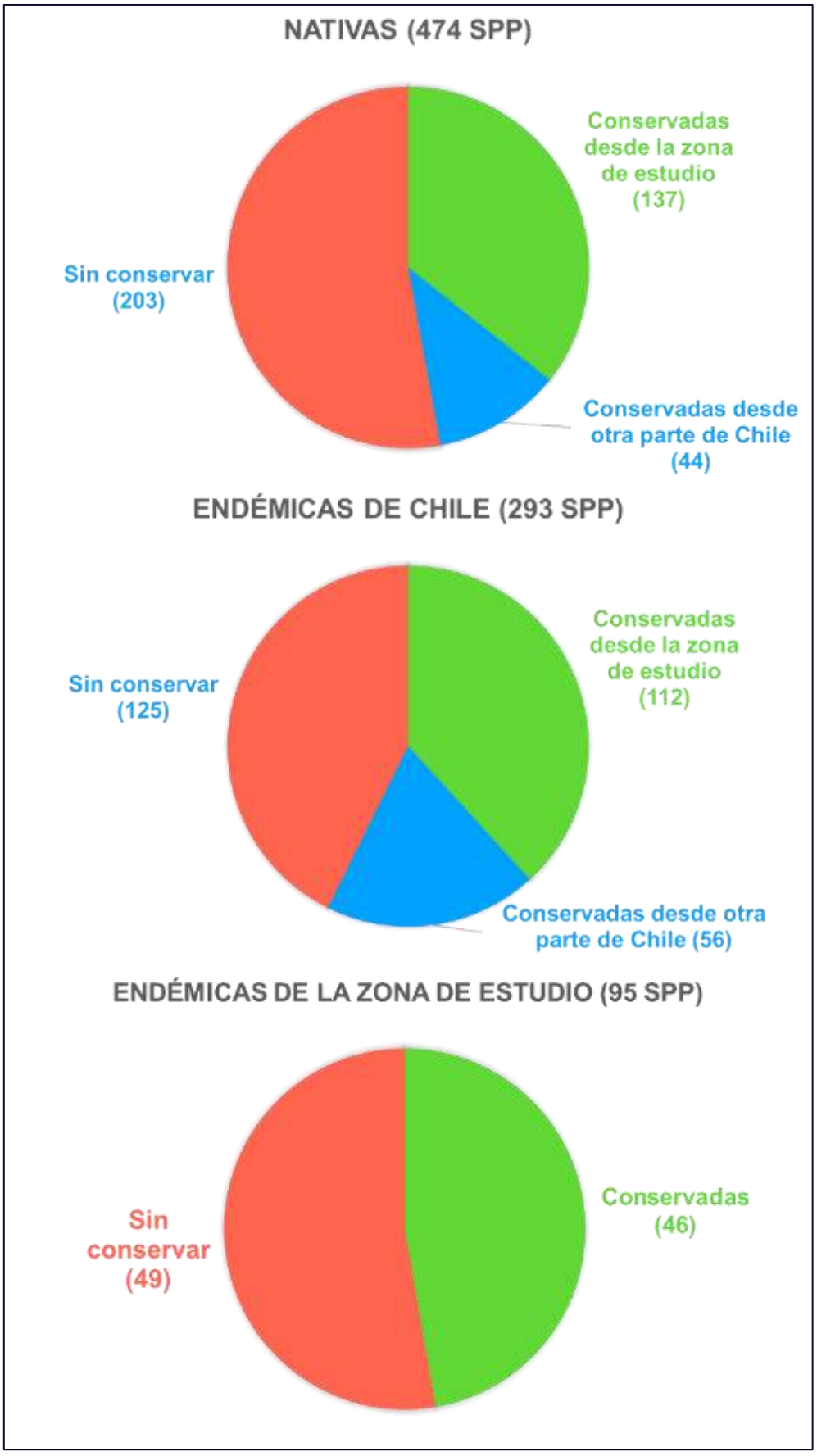


Figura 413. Conservación de especies en el Banco de Semillas respecto a su origen biogeográfico.

Folio005190

V.2 Propagación

Las colectas de semillas realizadas en el área de estudio durante la ejecución de este proyecto permitieron realizar las labores de propagación de plantas. Estas colectas incluyeron a aquellas accesiones que se recolectaron con objetivos de conservación ex situ, como también se incluyeron colectas más reducidas que fueron obtenidas únicamente con objetivos de propagación. También para algunas especies se utilizaron para propagación semillas del área de estudio que ya estaban siendo conservadas en el Banco Base de Semillas.

Para evaluar la calidad de las semillas y su respuesta germinativa, fueron instalados ensayos de germinación. La mayoría de ellos fueron establecidos en laboratorio, bajo condiciones controladas, aunque también algunos fueron instalados a temperatura ambiente y en invernadero. Los ensayos fueron monitoreados periódicamente con el fin de construir curvas de germinación. Las semillas germinadas se fueron rescatando cuidadosamente para permitir su establecimiento en vivero, donde también fueron seguidas y monitoreadas. Para 91 especies del área de estudio se evaluó la germinación, sin embargo, sólo 65 de ellas lograron resultados exitosos que permitieran llegar con plantas a propagación (Cuadro 2). En relación a su estado de conservación, 31especies de las estudiadas han sido clasificadas de acuerdo a su estado de conservación, incluyendo aquellas recientemente confirmadas por la oficialización del 18avo proceso de clasificación de especies (DS 10/2023 MMA). Encontrando que 27 de ellas se encuentran en categoría de amenaza, 4 En Peligro Crítico (CR), 14 En peligro (EN) y 9 Vulnerables (VU). En relación a su priorización, 10 de las especies estudiadas se encontraron entre los primeros 30 puestos del ranking, 33 especies dentro de las 100 primeras posiciones y 52, entre las 180 priorizadas.

Cuadro 2. Lista de especies propagadas, indicando el grado de avance según los resultados obtenidos. Se indican las categorías de estado de conservación de acuerdo a las abreviaciones oficiales, EN PELIGRO CRÍTICO (CR), EN PELIGRO (EN), VULNERABLE (VU), CASI AMENAZADAS (NT), PREOCUPACIÓN MENOR (LC) y RARA (R).

#	Especie	Ensayos de germinación	Propagación en vivero	Instalados en Jardines demostrativos	Estado de conservación (RCE)	Ranking de Priorización
1	*Adesmia gracillima*	si	si			12
2	*Alstroemeria graminea*	si			VU	42
3	*Apium panul*	si	si	si		
4	*Argylia radiata*	si	si			
5	*Atriplex taltalensis*	si		si	EN	159
6	*Berberis actinacantha*	si	si	si		
7	*Berberis litoralis*	si	si		EN-R	47
8	*Calandrinia taltalensis*	si				58
9	*Calceolaria paposana*	si	si		VU	139
10	*Calceolaria rinconada*	si	si		CR	28

Folio005191

#	Especie	Ensayos de germinación	Propagación en vivero	Instalados en Jardines demostrativos	Estado de conservación (RCE)	Ranking de Priorización
11	*Cistanthe cachinalensis*	si	si		EN	172
12	*Cistanthe cephalophora*	si				
13	*Cistanthe cymosa*	si				
14	*Cistanthe lamprosperma*	si	si	si		96
15	*Cistanthe subspeciosa*	si	si			
16	*Conanthera sabulosa*	si	si			
17	*Copiapoa gigantea*	si				
18	*Copiapoa krainziana*	si			CR	
19	*Cristaria aspera*	si				
20	*Cristaria molinae*	si	si			
21	*Cristaria tenuissima*	si	si	si		
22	*Croton chilensis*	si	si	si	EN-R	68
23	*Cryptantha filaginea*	si				
24	*Dalea azurea*	si	si	si	EN-R	38
25	*Deuterocohnia chrysantha*	si	si		VU-R	157
26	*Dicliptera paposana*	si	si	si	EN-R	57
27	*Diplosthephium paposanum*	si	si	si		
28	*Erigeron paposanum*	si	si			
29	*Eriosyce sp.*	si	si			
30	*Eulychnia saint-pieana*	si			LC	53
31	*Eulychnia taltalensis*	si				88
32	*Eulychnia iquiquensis*	si			VU	168
33	*Euphorbia lactiflua*	si	si			133
34	*Gypothamnium pinifolium*	si			NT	166
35	*Haplopappus rosulatus*	si	si	si		
36	*Heliotropium jaffuelii*	si	si		EN	1
37	*Heliotropium philippianum*	si				59

Folio005192

#	Especie	Ensayos de germinación	Propagación en vivero	Instalados en Jardines demostrativos	Estado de conservación (RCE)	Ranking de Priorización
38	*Heliotropium taltalense*	si	si		LC	73
39	*Lathyrus lomanus*	si	si	si	EN	17
40	*Leucocoryne appendiculata*	si				
41	*Leucocoryne coronata*	si				
42	*Loasa elongata*	si				
43	*Malesherbia tocopillana*	si	si	si	EN-R	3
44	*Mathewsia incana*	si				
45	*Monttea chilensis*	si	si		EN	46
46	*Moscharia sp.*	si	si			
47	*Mycrophyes litoralis*	si				
48	*Nicotiana solanifolia*	si	si	si		
49	*Nolana aplocaryoides*	si	si			
50	*Nolana balsamiflua*	si	si	si	VU	87
51	*Nolana clivicola*	si	si	si		109
52	*Nolana dianae*	si	si			48
53	*Nolana elegans*	si	si			70
54	*Nolana lachimbensis*	si	si	si	CR	31
55	*Nolana linearifolia*	si	si			
56	*Nolana mollis*	si	si			
57	*Nolana peruviana*	si	si	si		
58	*Nolana salsoloides*	si				
59	*Nolana villosa*	si	si			
60	*Ophryosporus anomalus*	si	si	si		140
61	*Ophryosporus triangularis*	si	si	si		
62	*Oxalis ericoides*	si				34
63	*Oxyphyllum ulicinum*	si	si	si	EN	141
64	*Oziroë biflora*	si	si			

Folio005193

#	Especie	Ensayos de germinación	Propagación en vivero	Instalados en Jardines demostrativos	Estado de conservación (RCE)	Ranking de Priorización
65	*Palaua concinna*	si			VU	50
66	*Paposoa laeta*	si	si		NT	130
67	*Philippiamra amaranthoides*	si				
68	*Plantago johnstonii*	si	si	si		11
69	*Plantago nebularis*	si	si		CR	13
70	*Plantago rancaguae*	si	si			
71	*Polyachyrus cinereus*	si	si			75
72	*Puya boliviensis*	si	si	si	VU	142
73	*Rimacactus laui*	si			EN-R	2
74	*Salvia rhombifolia*	si	si			
75	*Salvia tubiflora*	si	si	si	VU	178
76	*Schizanthus lacteus*	si	si			148
77	*Senecio antofagastanus*	si	si	si		160
78	*Senecio botijae*	si	si			24
79	*Senecio philippicus*	si	si	si		165
80	*Senecio pseudalmeidae*	si	si	si		175
81	*Senna brongniartii*	si	si	si		
82	*Senna paposana*	si	si	si	EN	83
83	*Senna cumingii*	si	si	si		80
84	*Sibara dilloniorum*	si	si			22
85	*Sibara macrostachya*	si				125
86	*Solanum brachyantherum*	si	si			
87	*Spergularia arbuscula*	si	si			
88	*Spergularia denticulata*	si				84
89	*Tigridia philippiana*	si	si		VU	152
90	*Tropaeolum beuthii*	si	si		EN	74
91	*Tropaeolum tricolor*	si	si			

Folio005194

#	Especie	Ensayos de germinación	Propagación en vivero	Instalados en Jardines demostrativos	Estado de conservación (RCE)	Ranking de Priorización
		91	65	29	31	52

(*) *Diplosthephium paposanum* es una nueva especie para la flora chilena, encontrada y descrita gracias a este proyecto, su propagación fue exitosa, pudiendo llegar a establecer plantas en vivero. Actualmente existen individuos conservados ex situ en el Jardín Botánico Aguas Antofagasta, en los Jardines demostrativos instalados en el Museo Augusto Capdeville Rojas de Taltal y en el Banco Base de Semillas. También hay ejemplares creciendo bajo el cuidado del Vivero Municipal de Taltal y además se entregaron ejemplares a los autores de la publicación, en agradecimiento por su gran aporte.

A través de la propagación se logró obtener plantas para 65 de las especies estudiadas. Algunas resultaron ser de más fácil germinación, como es el caso de *Dicliptera paposana*, mientras que otras llegaron a ser todo un desafío, como *Malesherbia tocopillana*. Para esta última, no existían registros previos de propagación, por lo que esta primera experiencia tiene un gran valor para el conocimiento sobre el cultivo de esta especie. Para algunas especies fue monitoreado además el desarrollo de las plántulas, con el fin de identificar los distintos estadios que se observan en el tiempo y también el tiempo que toma la obtención de una planta capaz de ir a condiciones de terreno.

V.2.1 Resultados de las principales especies

a. *Heliotropium jaffuelii* (IPM:1)

Especie	*Heliotropium jaffuelii* I. M. Johnst
Prioridad de conservación	1
Distribución	Endémica Regional, Endémica de Tocopilla
Localidades conocidas	2 localidades conocidas, ambas en los alrededores de Tocopilla.
Población estimada	7 individuos localizados en la naturaleza
Estado de conservación	EN PELIGRO DE EXTINCIÓN (EN) B1ab(iii)+2ab(iii)
Propagación de plantas	si
Accesiones recolectadas	3
Plantas logradas en propagación	15 individuos
Plantas enviadas a reintroducción	12 individuos
Plantas en jardines demostrativas	-

Folio005195

En el caso de esta especie, la disponibilidad de semillas fue bastante limitada al principio, por lo que los tratamientos utilizados se fueron realizando de manera escalonada en busca de superar la germinación alcanzada. En primer lugar, las semillas fueron sembradas en agar a 20°C, para luego añadir un tratamiento que realizaba una incisión en la núcula, con el objeto de exponer las semillas, asegurando, en primer lugar, que las semillas vanas pudieran distinguir de las semillas llenas y además que la semilla quedara más expuesta al agua y al aire, facilitando su activación. Una vez que se confirmó que la germinación mejoraba con este tratamiento, se intentó mejorar el establecimiento de la plántula sembrándolas directamente sobre el sustrato (Figura 414). Los ensayos en promedio no superaron el 10 % de germinación, siendo la máxima germinación obtenida de 30 % cuando se les realizó una incisión para exponer las semillas que se remojaron en una solución de 250 ppm de GA3 por 24 horas.

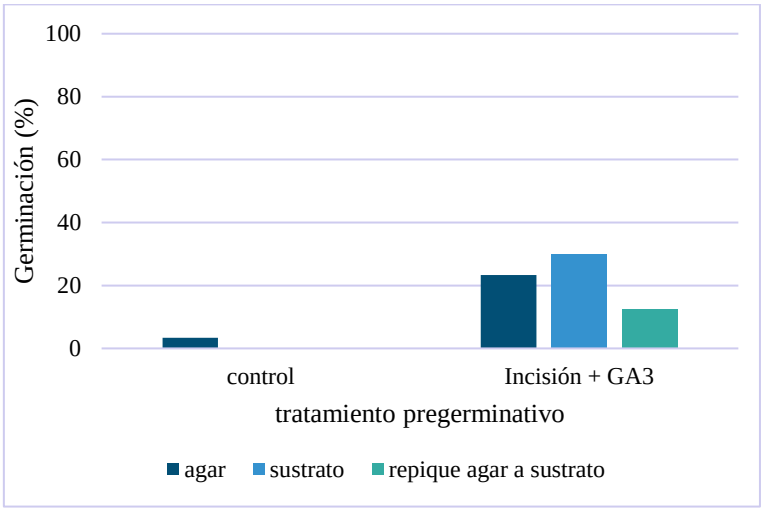


Figura 414. Germinación de semillas de *Heliotropium jaffuelii*. Los ensayos fueron instalados en agar y mantenidos en laboratorio a 20°C, con fotoperíodo de 12:12 horas de luz y oscuridad. Se comparan los resultados obtenidos con semillas control y un tratamiento de incisión a la semilla, más adición de 250 ppm de GA3 por 24 h, ensayos realizados en agar.

La siembra directa en sustrato luego del tratamiento superó levemente los resultados obtenidos en agar, sin embargo, la sobrevivencia de las plántulas fue más alta, por lo que se continuó trabajando de esta manera para producir nuevos ejemplares. La germinación es rápida, alcanzando su máximo en la primera semana. Luego de esos días se detiene sin lograr reactivar nuevas semillas. Una vez que las plántulas fueron trasplantadas a macetas y se inició su cuidado en invernadero y se realizaron registros de las distintas etapas de desarrollo (Figura 415).

Folio005196

Figura 415. Desarrollo de plantas de *Heliotropium jaffuelii*. A, Aspecto de la semilla. B, semilla germinada, C. plántula establecida en vivero. D-F, plántulas con desarrollo de hojas verdaderas. G. Planta de 5 meses de edad.

Folio005197

b. ***Malesherbia tocopillana*** **(IPM:3)**

Especie	*Malesherbia tocopillana* Ricardi
Prioridad de conservación	3
Distribución	Endémica Regional, Endémica de Tocopilla
Localidades conocidas	2 localidades conocidas, ambas en los alrededores de Tocopilla.
Población estimada	100 individuos estimados en la naturaleza
Estado de conservación	EN PELIGRO DE EXTINCIÓN Y RARA (EN) (DS 10/2023 MMA).
Propagación de plantas	si
Accesiones recolectadas	3
Plantas logradas en propagación	26 individuos
Plantas enviadas a reintroducción	15 individuos
Plantas en jardines demostrativas	-

Varios ensayos fueron instalados en busca de mejores resultados, los primeros permitieron ver mejor respuesta de semillas sembradas en sustrato que en agar (Figura 416), y luego varias temperaturas y tratamientos fueron ensayados, aunque la siembra sin tratamiento no pudo ser superada por los demás (Figura 417), obteniendo un resultado de 57,1% de semillas germinadas en 22 días. El desarrollo de las plantas fue también monitoreado, por lo que fue posible comprobar que plantas de 5 meses ya comienzan a presentar sus ramificaciones (Figura 418).

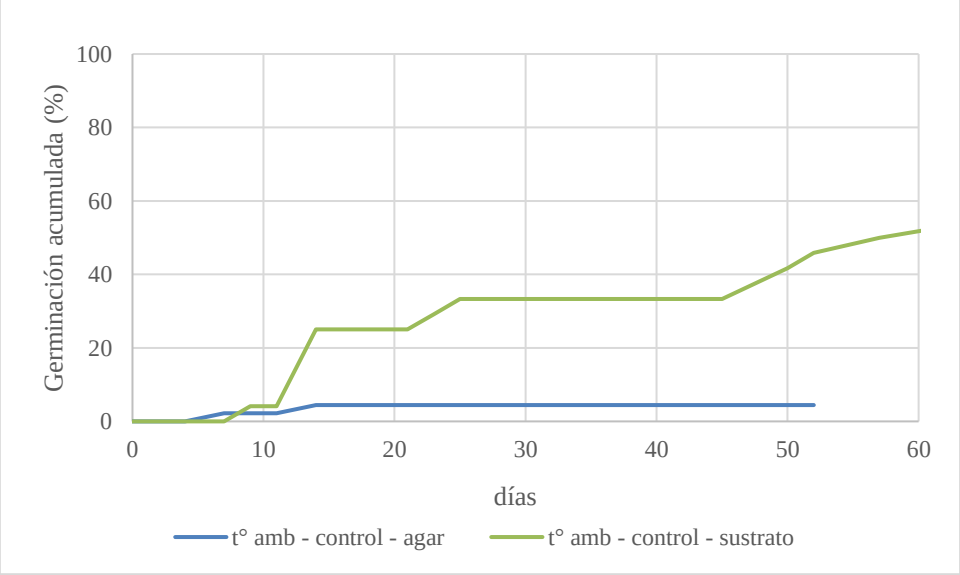


Figura 416. Curvas de germinación acumulada obtenidas para semillas de *Malesherbia tocopillana* sembradas a temperatura ambiente, sobre un medio de agar y en sustrato.

Folio005198

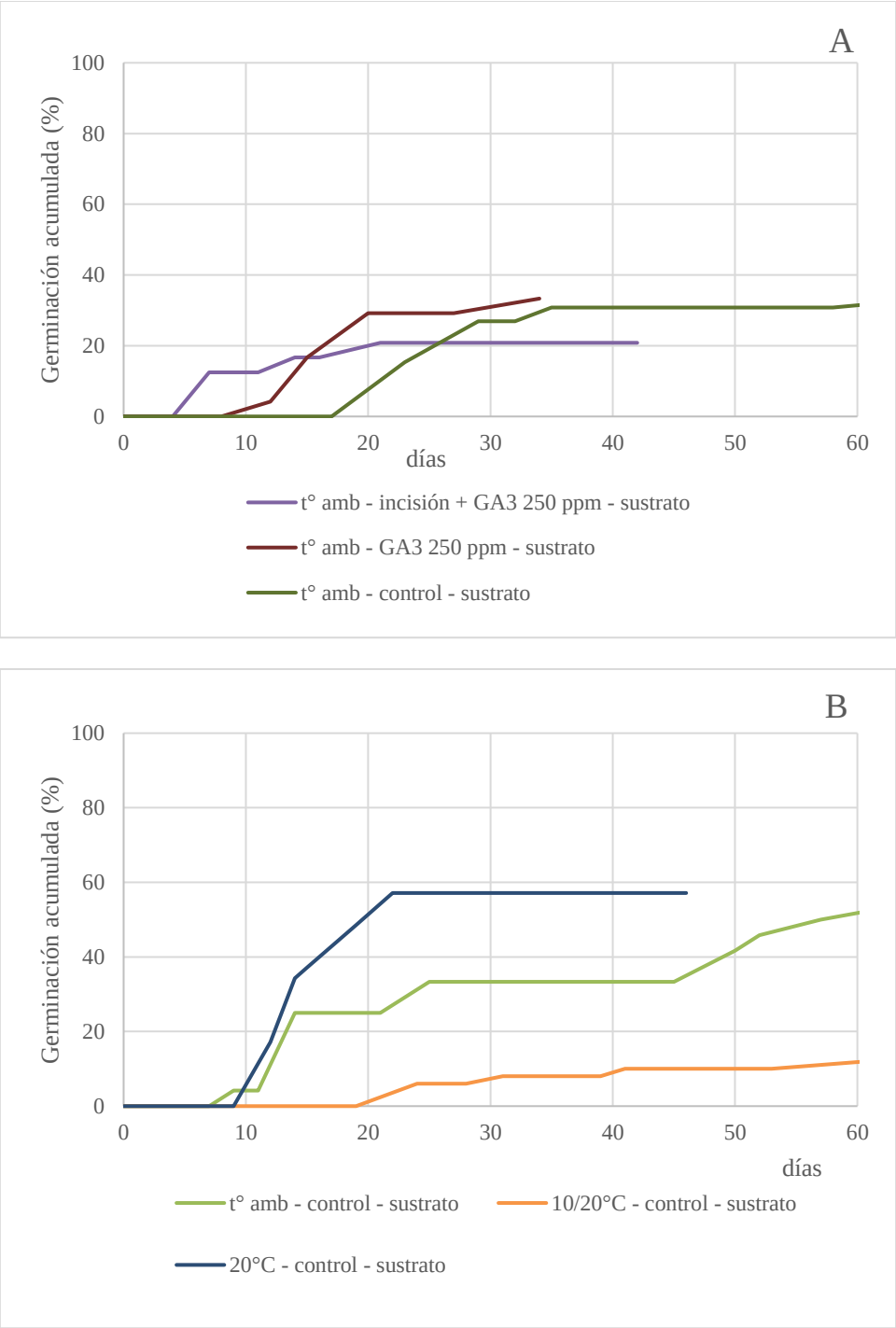


Figura 417. Curvas de germinación acumulada obtenidas para semillas de *Malesherbia tocopillana*. A. al ser sembradas a temperatura ambiente, usando tratamientos de incisión y GA3. B. al ser sembradas en distintas temperaturas. En todos los casos se utilizó una mezcla de turba y perlita (4:1) como sustrato de germinación.

Folio005199

Figura 418. Desarrollo de las plántulas de *Malesherbia tocopillana*. A) Detalle de una semilla B) Semilla germinada C) Elongación hipocótilo D) Cotiledones con testa E) Cotiledones liberados F) Cotiledones expandidos G) Detalle de aparición de brote apical en plántula H) Diferenciación en primer par de hojas verdaderas. I) Segundo par de hojas verdaderas J) Tercer par de hojas verdaderas K) Cuarto par de hojas verdaderas L) Quinto par de hojas verdaderas M-N) Mas de 10 PHV O-P) Planta con más de 2 ramas

Folio005200

Cuadro 3. Detalle de las observaciones de desarrollo y crecimiento observadas en la germinación de *Malesherbia tocopillana*

Estadios	Descripción	Tiempo aprox. (días)
SS	Semilla sin embeber	0
GER	Emergencia de la radícula (> 2 mm)	7
HIP	Elongación del hipocótilo	11
CTEST	Inicio emergencia de cotiledones c/testa	11-14
COT	Cotiledones liberados	14-16
EXP	Cotiledones expandidos	12-22
BR	Primer brote visible	20-24
1PHV	Aparición del primer par de hojas verdaderas	20-43
2PHV	Segundo par de hojas verdaderas	1 a 2 meses aprox.
3PHV	Tercer par de hojas verdaderas	2 meses aprox.
4PHV	Cuarto par de hojas verdaderas	2 meses y medio aprox.
5PHV	Quinto par de hojas verdaderas	3 meses aprox.
+ 2 RAM	Más de 2 ramificaciones	5 meses aprox.

c. ***Adesmia gracillima*** **(IPM:12)**

Especie	*Adesmia gracillima* I.M. Johnst.
Prioridad de conservación	12
Distribución	Endémica Regional, endemismo local
Localidades conocidas	2 localidades conocida.
Población estimada	55 individuos estimados en la naturaleza
Estado de conservación	No clasificada
Propagación de plantas	si
Accesiones recolectadas	1
Plantas logradas en propagación	16 individuos
Plantas enviadas a reintroducción	-
Pl. usadas en jardines demostrativos	--

Algunas semillas para estudiar la germinación de esta especie fueron recolectadas, a pesar que no se logró recolectar para su conservación (Figura 419).

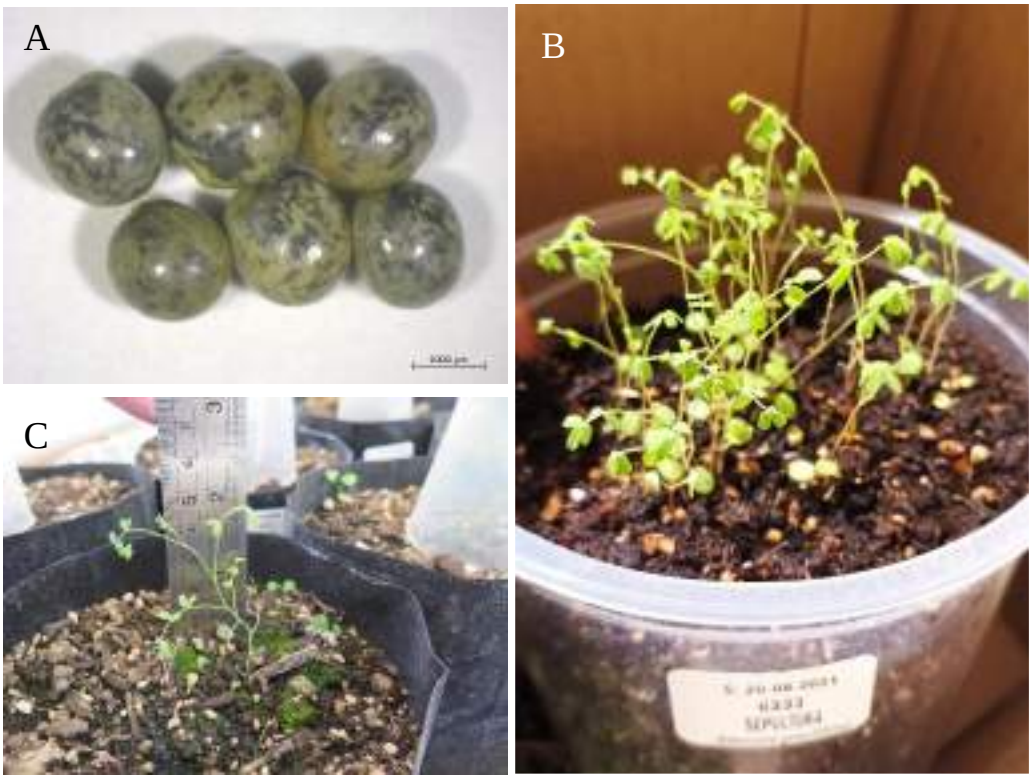


Figura 419. Propagación de *Adesmia gracillima*. A. Semillas. B. Detalle del almácigo a un mes de sembradas las semillas. C: Detalle de una plántula mantenida en macetas individuales.

Folio005202

d. *Plantago nebularis* (IPM:13)

Especie	*Plantago nebularis* Hassemer
Prioridad de conservación	13
Distribución	Endémica Regional, Endémica de Morro Moreno
Localidades conocidas	1 localidad conocida.
Población estimada	36 individuos estimados en la naturaleza
Estado de conservación	EN PELIGRO CRÍTICO DE EXTINCIÓN CR B1ab(iii)+2ab(iii); D (DS 10/2023 MMA)

Propagación de plantas	si
Accesiones recolectadas	2
Plantas logradas en propagación	36 individuos
Plantas enviadas a reintroducción	-
Pl. usadas en jardines demostrativos	15 individuos-

La germinación de *Plantago nebularis* no presentó ningún inconveniente, registrándose emergencia de la radícula a partir del cuarto día y alcanzando su máximo a 12 días de sembradas (Figura 420). La germinación fue ensayada tanto en agar como directo en sustrato, en ambos casos es posible observar la burbuja de mucílago que se produce alrededor de la semilla al ser hidratada (Figura 421).

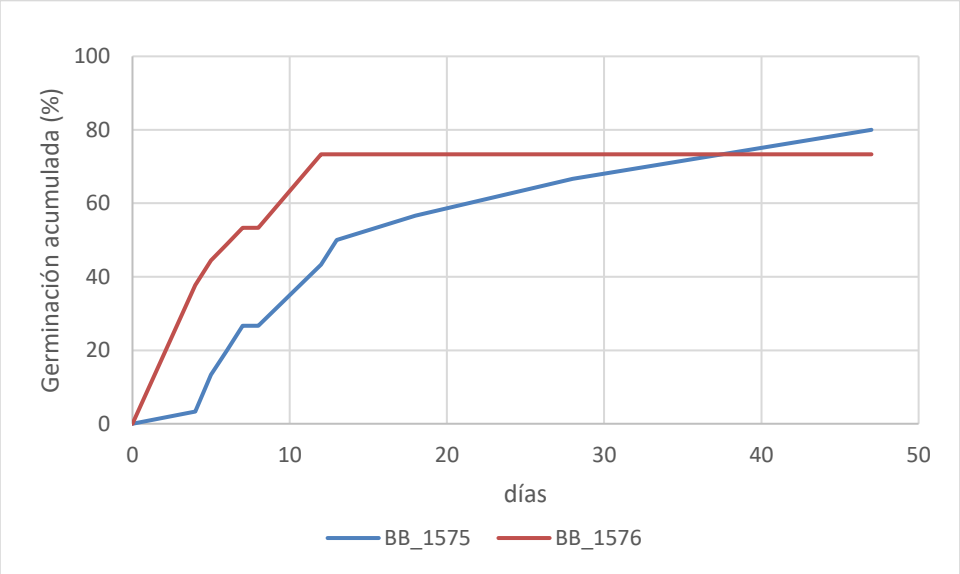


Figura 420. Curvas de germinación acumulada para las dos accesiones recolectadas de *Plantago nebularis*, resultados obtenidos con semillas sembradas sobre agar a 20°C.

Figura 421. Etapas de la germinación de *Plantago nebularis*. A. Semillas. B. Detalle del mucílago formado alrededor de la semilla, a 4 días de sembradas. C. plántulas en almácigo a 24 días de sembradas. D. Detalle de plántula trasplantada a maceta individual. E. Planta de 4 meses de edad, creciendo en vivero. F. Vista de plantas en vivero a los 7 meses de edad. G. Detalle de inflorescencia (a los 5 meses de edad) F. Detalle fruto formado a los 6 meses de edad. G Vista de las plantas en vivero.

e. *Lathyrus lomanus* (IPM:15)

Especie	*Lathyrus lomanus* I.M. Johnst.
Prioridad de conservación	15
Distribución	Endémica regional
Localidades conocidas	2 localidades conocidas, Quebrada El Panul y Miguel Díaz.
Población estimada	32 individuos estimados en la naturaleza
Estado de conservación	EN PELIGRO DE EXTINCIÓN EN B1ab(iii)+2ab(iii); D (DS 10/2023 MMA)
Propagación de plantas	si
Accesiones recolectadas	1
Plantas logradas en propagación	28 individuos
Plantas enviadas a reintroducción	-
Pl. usadas en jardines demostrativos	2 individuos-

A pesar que no se obtuvo una colecta de semillas destinada para la conservación, una colecta de menos de 100 semillas fue destinada para conocer sobre su propagación. La germinación de *Lathyrus lomanus* no presentó ningún inconveniente, registrándose emergencia de la radícula a partir del octavo día y alcanzando su máximo a 15 días de sembradas, cuando se estimula la germinación con una pequeña incisión en la testa para facilitar el ingreso de agua a las semillas (Figura 422). La germinación fue ensayada directo sobre sustrato, para luego rescatar las plántulas para ser llevadas a vivero. Algunas plantas han sido instaladas

Figura 422. Etapas del desarrollo de *Lathyrus lomanus*. A. Semillas. B. Detalle de semillas germinando a 9 días de sembradas. C. Vista de plantas en vivero 6 semanas después de la siembra.

f. *Sibara dilloniorum* (IPM:20)

Especie	*Sibara dilloniorum* Al-Shehbaz
Prioridad de conservación	15
Distribución	Endémica regional
Localidades conocidas	4 localidades conocidas
Población estimada	18 individuos estimados en la naturaleza
Estado de conservación	No evaluada

Propagación de plantas	si
Accesiones recolectadas	-
Plantas logradas en propagación	40 individuos
Plantas enviadas a reintroducción	-
Pl. usadas en jardines demostrativos	--

A pesar que no hubo colectas de conservación para esta especie, semillas para propagación fueron obtenidas y permitieron obtener resultados. La germinación fue rápida, alcanzando un 75 % de máximo en los primeros 15 días, sin necesidad de aplicar ningún tratamiento adicional (Figura 423). Su desarrollo en vivero fue también bueno y rápido, alcanzando su floración a 12 semanas de la siembra (Figura 424). También responde muy bien a la siembra directa en almácigos.

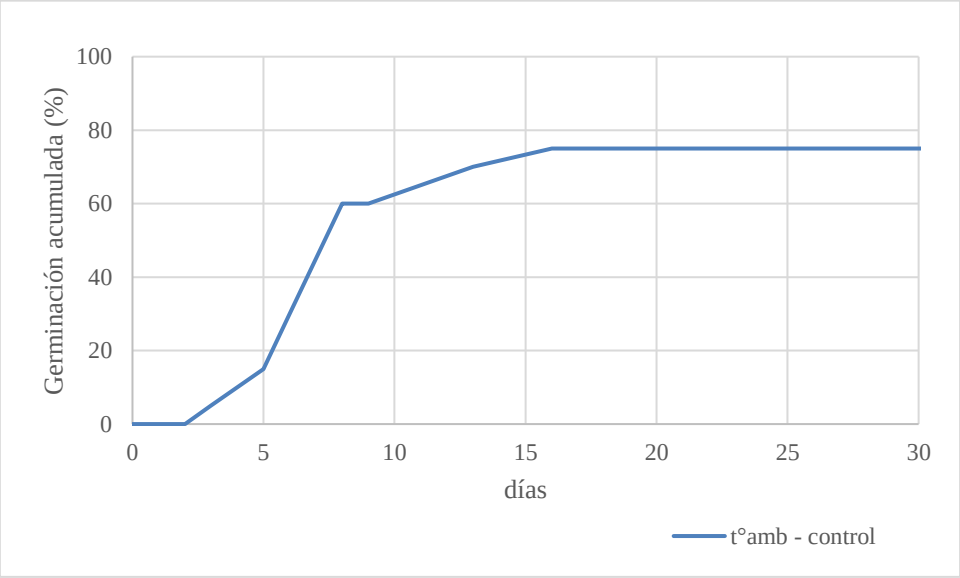


Figura 423. Curva de germinación acumulada para semillas de *Sibara dilloniorum*, resultados obtenidos con semillas sembradas sobre agar a 20°C.

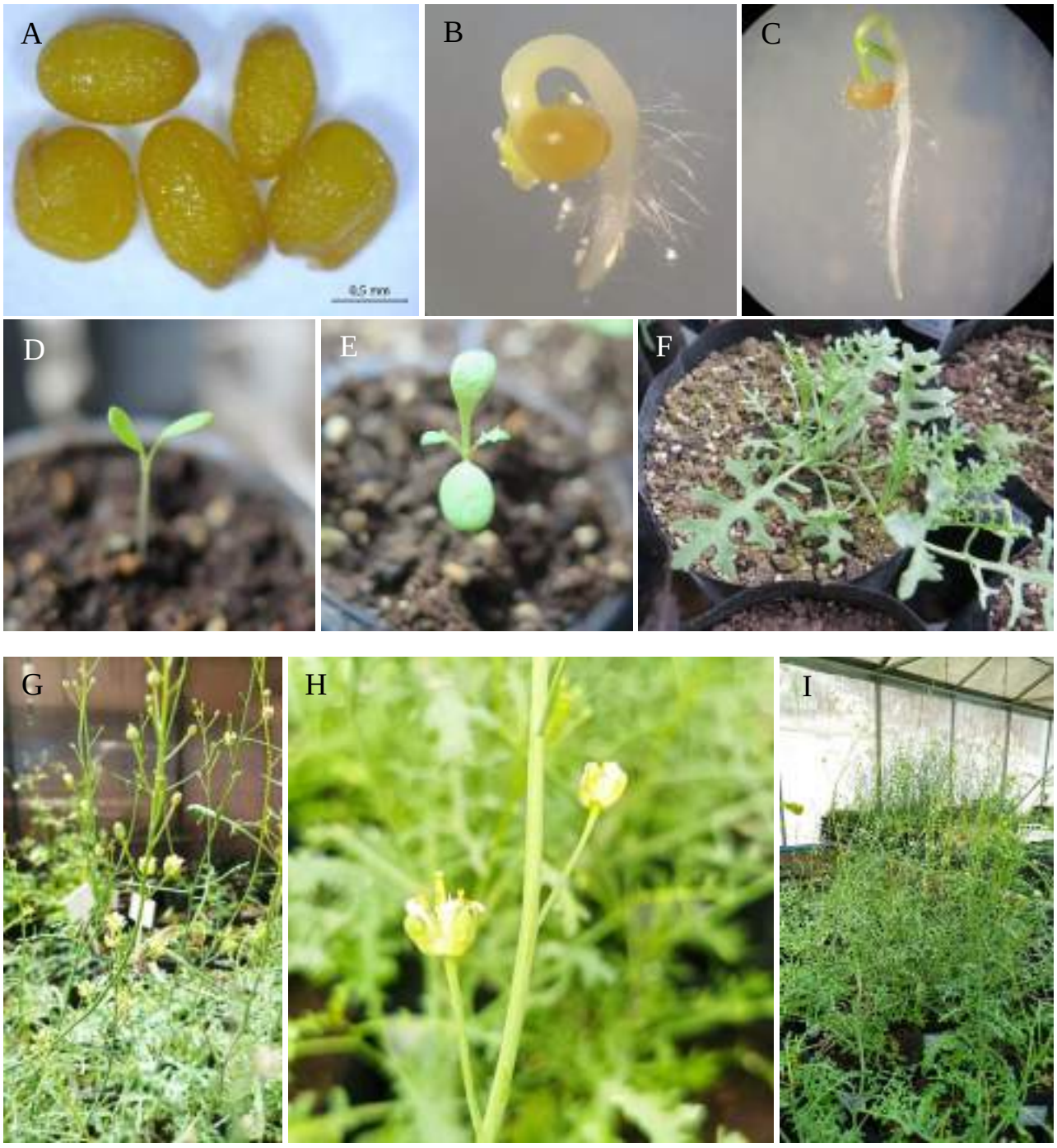


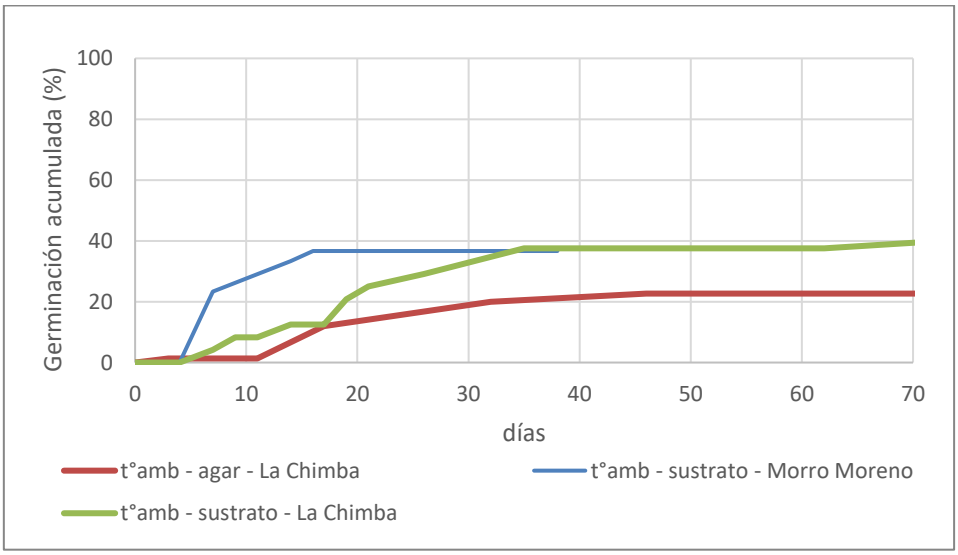
Figura 424. Etapas del desarrollo de *Sibara dilloniorum*. A. Semillas. B-C. Detalle de semillas germinando a 6 y 9 días de sembradas, respectivamente. D-E. Plántulas en vivero. F. Plantas a 8 semanas después de la siembra. G-I. Plantas de 12 semanas, ya floreciendo. H. Detalle de la flor.

Folio005207

g. ***Nolana lachimbensis*** **(IPM:28)**

Especie	*Nolana lachimbensis* M.O. Dillon & Luebert
Prioridad de conservación	28
Distribución	Endémica Regional
Localidades conocidas	2 localidades conocidas, La Chimba y Morro Moreno
Estado de conservación	EN PELIGRO CRÍTICO CR B1ab(iii)+2ab(iii) (DS 44/2021 MMA)
Propagación de plantas	si
Accesiones recolectadas	2-
Plantas logradas en propagación	40 individuos
Plantas enviadas a reintroducción	-
Pl. usadas en jardines demostrativos	--

Se colectaron semillas para conservación ex situ de las dos poblaciones conocidas para esta especie, La Chimba y Morro Moreno. La germinación es un poco compleja en las especies del género *Nolana*, por lo que normalmente se utiliza un protocolo a partir de las investigaciones de Douglas (2007), Cabrera *et al*. (2015) y Hepp (2019). Este consiste en extirpar el tapón funicular para permitir el ingreso de agua a la semilla y luego remojar en una solución de 250 ppm de GA3 por 24 horas, para luego sembrar. Aplicado este tratamiento se obtuvieron mejores resultados son semillas sembradas en sustrato que en agar (Figura 425).



Folio005208

Figura 425. Curvas de germinación acumulada para semillas de *Nolana lachimbensis*, a las que se les había extirpado el tapón funicular para luego ser remojadas por 24 h en una solución de 250 ppm de GA3.

Figura 426. Etapas del desarrollo de *Nolana lachimbensis*.colectada en La Chimba A. Semillas. B. Detalle de una semilla germinando. C, 20 días después de la siembra. C. Planta a 8 semanas de la siembra. D-E. Plantas a 7 meses de la siembra.

Folio005209

h. ***Dalea azurea* (IPM:35)**

Especie	*Dalea azurea* (Phil.) Reiche
Prioridad de conservación	35
Distribución	Endémica Regional
Localidades conocidas	2 localidades encontradas,
Individuos localizados	118
Estado de conservación	EN PELIGRO DE EXTINCIÓN EN B1ab(iii)+2ab(iii); C2a(ii) (DS 151/2007 MINSEGPRES)
Propagación de plantas	si
Accesiones recolectadas	2-
Plantas logradas en propagación	281 individuos
Plantas enviadas a reintroducción	100 individuos-
Pl. usadas en jardines demostrativos	si

Como una forma de aumentar la cantidad de material para realizar las evaluaciones, se propagaron plantas a partir de semillas que el BBS mantenía conservadas. Semillas obtenidas a partir de plantas provenientes desde la Quebrada Peralito producidas en invernadero fueron las utilizadas. Los resultados de los ensayos fueron muy rápidos y en todos los tratamientos ensayados hubo semillas germinadas a partir del tercer día (Figura 427). Los mejores resultados se lograron haciendo una incisión a la testa de las semillas para permitir el ingreso de agua, también cuando fueron desgastadas usando escarificación con ácido sulfúrico. Las semillas sin tratamiento germinaron un 75,6%, alcanzando su máximo a los 7 días. La aplicación de agua caliente como tratamiento pregerminativo demostró causar daños a las semillas, por lo que no se recomienda.

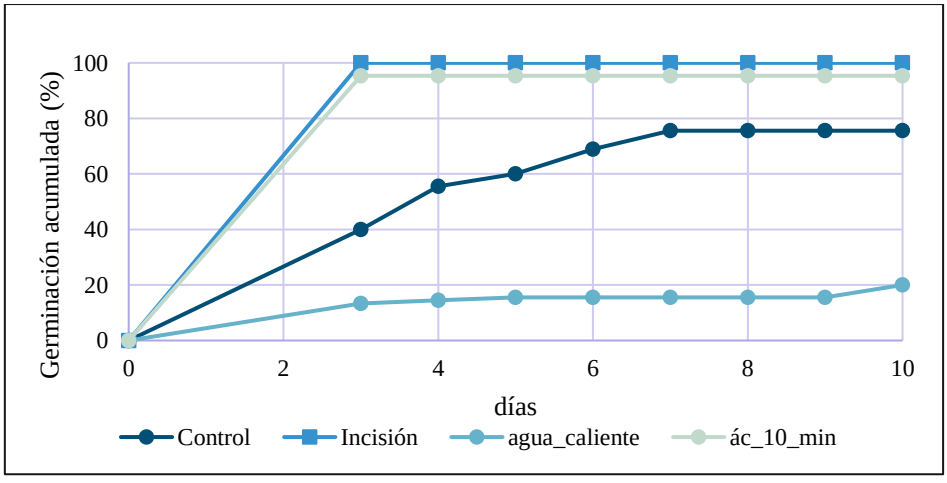


Figura 427. Curvas de germinación acumulada para semillas de *Dalea azurea*, para distintos tratamientos pregerminativos aplicados a semillas sembradas a 20°C.

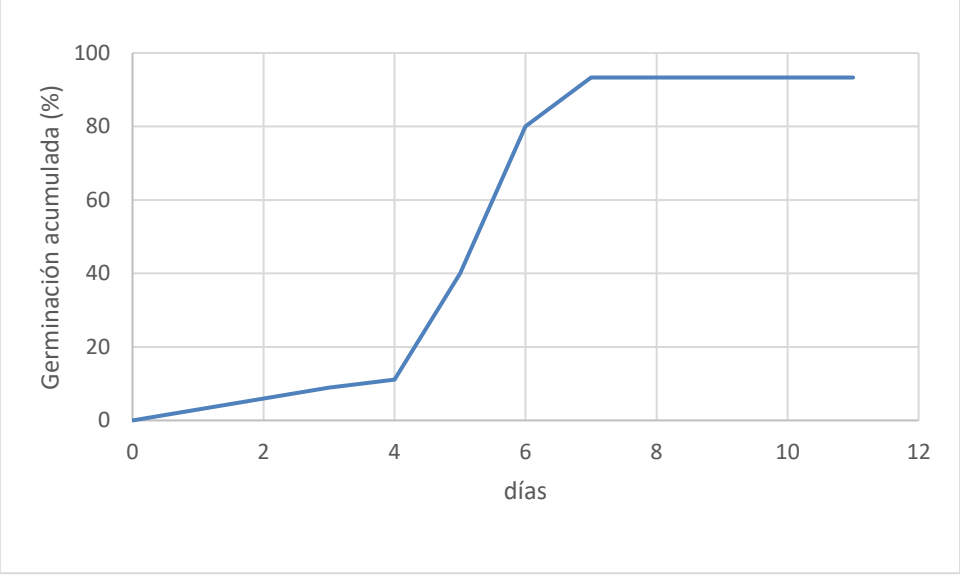
Figura 428. Etapas del desarrollo de *Dalea azurea*. A. Semillas. B. Detalle de una semilla germinando. C. Tratamiento control a los 7 días. D. Plántula llevada a vivero. E-F. Plantas y detalle de hojas verdaderas. G. Floración obtenida a en vivero a 6 meses de la siembra.

Folio005211

i. *Dicliptera paposana* (IPM:52)

Especie	*Dicliptera paposana* Phil.
Prioridad de conservación	52
Distribución	Endémica Regional
Localidades conocidas	7 localidades encontradas,
Individuos estimados	552
Estado de conservación	EN PELIGRO DE EXTINCIÓN Y RARA EN B1ab(iii)+2ab(iii) (DS 50/2008 MINSEGPRES)
Propagación de plantas	si
Accesiones recolectadas	2-
Plantas logradas en propagación	281 individuos
Plantas enviadas a reintroducción	100 individuos-
Pl. usadas en jardines demostrativos	si

Semillas producidas en vivero fueron las principales semillas utilizadas en la propagación. La germinación suele ser muy rápida y no requiere ningún tratamiento pregerminativo (Figura 429). El desarrollo de las plántulas es también muy rápido (Figura 430)



Folio005212

Figura 429. Curvas de germinación acumulada para semillas de *Dicliptera paposana*, para distintos tratamientos pregerminativos aplicados a semillas sembradas en sustrato en invernadero.

Folio005213

Figura 430. Vistas del desarrollo de *Dicliptera paposana* sembradas en bandejas de speedlings en vivero. A. a 11 días de sembradas. B. a 13 días de sembradas. C. a 15 días de sembradas. D. a 18 días de sembradas. E- a 21 días de sembradas. F. a 25 días de sembradas.

Folio005214

j. ***Diplosthephium paposanum***

Especie	*Diplostephium paposanum* S.T.Ibáñez & Muñoz-Schick
Prioridad de conservación	ESPECIE NUEVA
Distribución	Endémica Regional
Localidades conocidas	1 localidad conocida
Individuos estimados	20
Estado de conservación	EN PELIGRO DE EXTINCIÓN Y RARA EN B1ab(iii)+2ab(iii) (DS 50/2008 MINSEGPRES)
Propagación de plantas	si
Accesiones recolectadas	2-
Plantas logradas en propagación	37 individuos
Plantas enviadas a reintroducción	-
Pl. usadas en jardines demostrativos	si

Aunque no se contaba con muchas semillas de esta nueva especie dos grupos de semillas fueron ensayados. Se evaluó la germinación de semillas en dos grupos, obteniéndose rápidos y buenos resultados (Figura 432). El desarrollo posterior de las plantas también fue monitoreado (Figura 433).

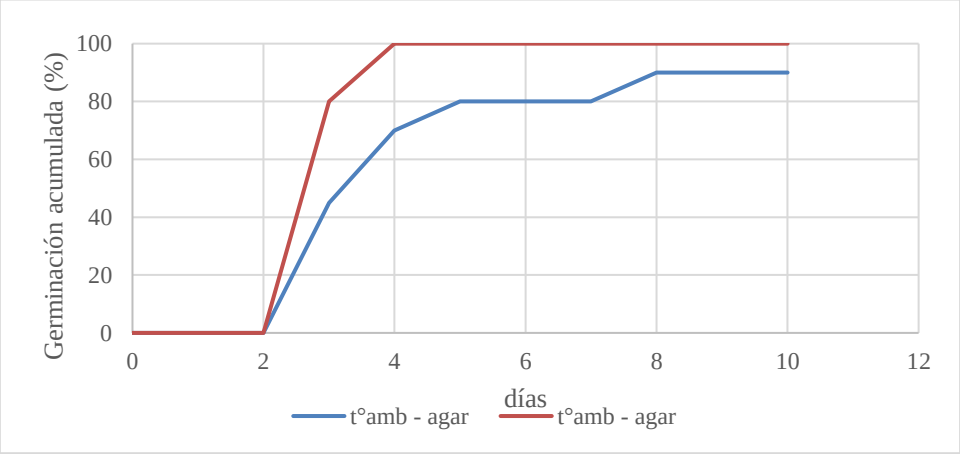


Figura 431. Curvas de germinación acumulada para semillas de *Diplosthephium paposanum*, para dos grupos de semillas, sembradas sobre agar y a temperatura ambiente.

Figura 432. Etapas de la germinación de semillas de la nueva especie de Asteraceae colectada en Botija, *Diplosthephium paposanus*, germinadas sobre un medio de agar al 1 %. A) Semilla recién instalada. B) Semilla embebida C) Fractura de la testa D) Aparición de la radícula. E) Semilla germinada. F) Aparición de pelos radiculares. G) Elongación de radícula, hipocótilo y cotiledones rompiendo la testa. H) Emergencia de los cotiledones. I-J) Cotiledones expandidos. K) Aparición del brote apical. L-N) Aparición de hojas verdaderas O-P) Aparición de hojas verdaderas de borde dentado.

Folio005216

Cuadro 4. Detalle de los estadíos distinguibles en el proceso de germinación y emergencia de plántulas en la especie de Asteraceae colectada en Botija. Observado en semillas sembradas en un medio de agar al 1 %, sin tratamiento previo y luego trasplantadas a una mezcla de sustrato de turba y perlita (4:1).

Estadios	Descripción	Tiempo aprox. (días)
SI	Semilla recién instalada	0
FR	Fractura testa	1
RAD	Aparición de la radícula (< 2 mm)	2
GER	Emergencia de la radícula (> 2 mm)	3
PRAD	Aparición de pelos radiculares	3-6
HIP	Elongación del hipocótilo	6-18
COT	Emergencia de los cotiledones	7-19
BR	Primer brote visible	16-28
2HV	Dos hojas verdaderas	18-28
4-6 HV	Cuatro hojas verdaderas	28-40

Por último, la información generada en los estudios de propagación es un gran aporte, pero puede seguir aumentando a medida que nuevas especies se incorporen y se cuente con semillas para hacerlo. La propagación de plantas también enfrenta nuevos desafíos relacionados con la preparación de las plantas para sobrevivir en condiciones de terreno.

Folio005217

V.3 Reintroducción

Se presentan las actividades realizadas en la etapa de reintroducción del proyecto, en la cual se incluyen labores de establecimiento y monitoreo de las plantas establecidas, además de los resultados de los análisis de los datos de supervivencia recolectados durante la ejecución de la etapa de reintroducción. La metodología asociada a estos resultados fue presentada en el Informe n° 3 de este proyecto.

Con las plantas propagadas en el vivero del BBS, se efectuó un plan de reintroducción de especies a su hábitat. Esto se realizó en dos lugares distintos, correspondientes a la Quebrada Quillagua, en Tocopilla, y en el Cerro Mirador, en Paposo (Figura 433). Ambos sectores fueron seleccionados por los valores obtenidos en la priorización de los índices APSI y APBA. Por otro lado, fueron los lugares con la mayor cantidad de especies e individuos propagados.

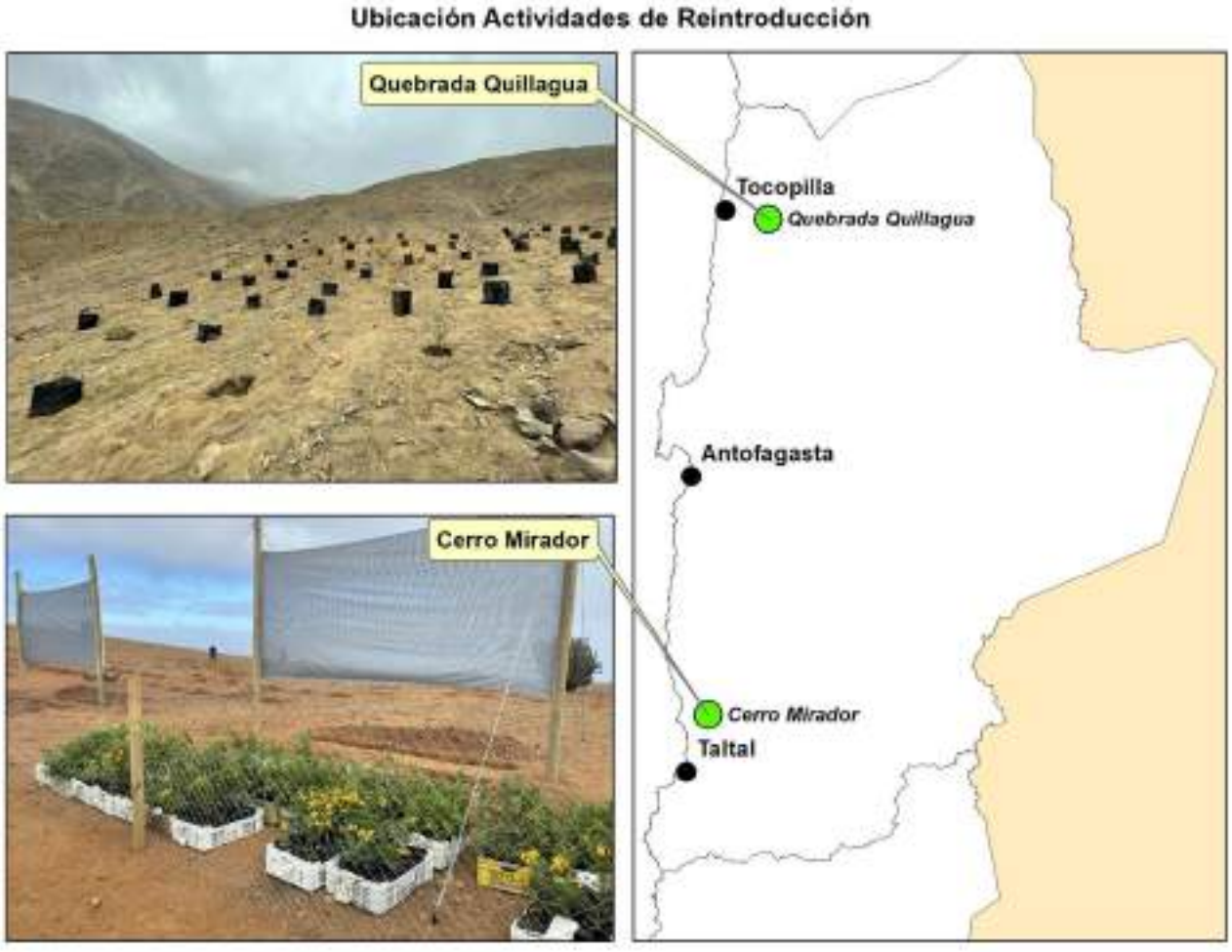


Figura 433. Ubicación de los sitios en donde se realizaron las actividades de reintroducción.

V.3.1 Quebrada Quillagua, Tocopilla

El primer sitio en donde se establecieron las plantas correspondió a la Quebrada Quillagua, ubicada en la salida norte de Tocopilla (Figura 434). Este sector fue seleccionado principalmente por la ubicación y las condiciones de

Folio005218

acceso, lo que facilitaría la llegada de las plantas y de los materiales para realizar el establecimiento y posterior monitoreo y mantención de las plantas. Además, en este sector se realizó el rescate de individuos de *Nolana peruviana* realizado por alumnos del Liceo Domingo Latrille de Tocopilla. Si bien las plantas relocalizadas no estaban vivas, se mantuvieron sin daño, lo que indicaba que no había presiones antrópicas (daño o robo) sobre el rescate.

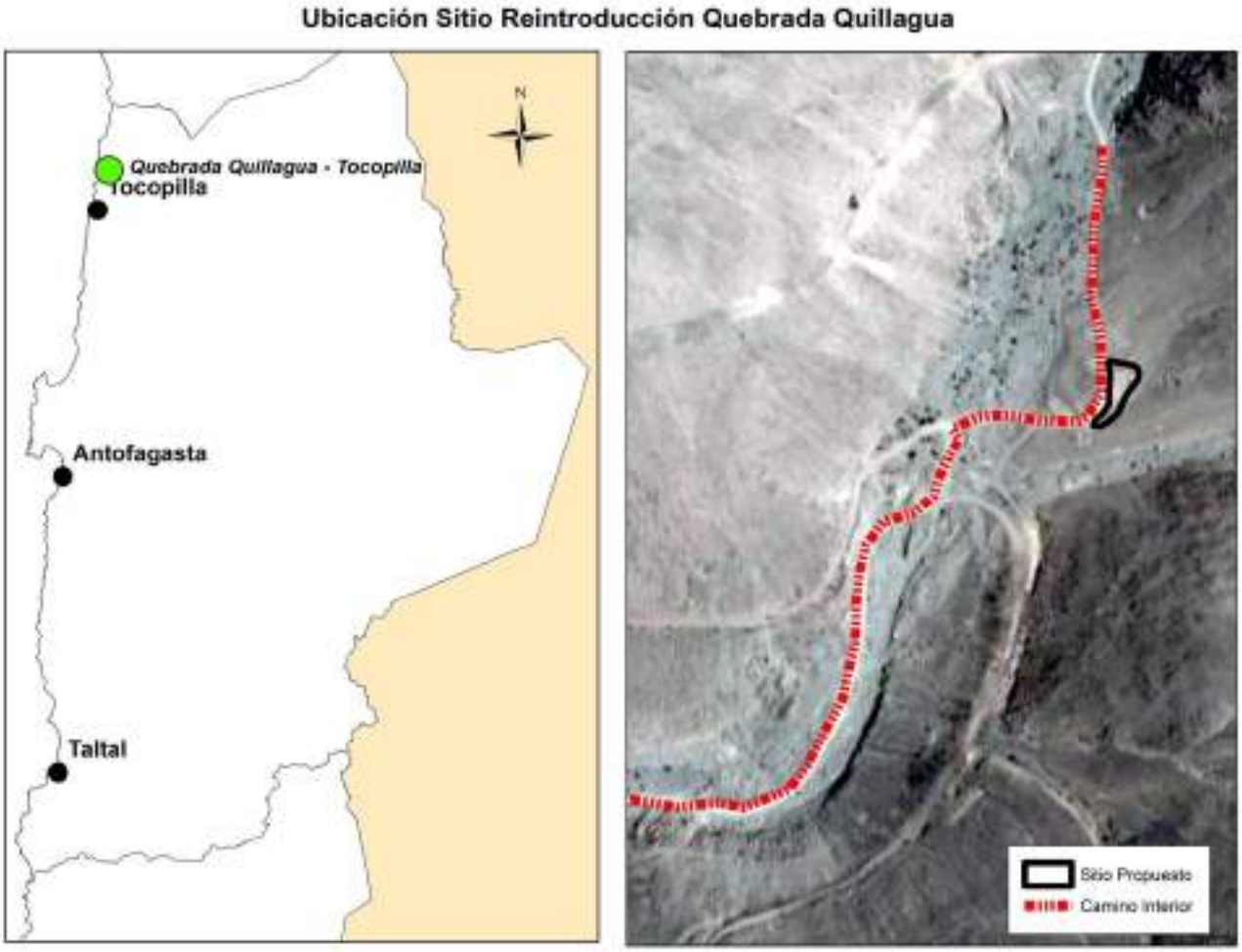


Figura 434. Ubicación del sitio de reintroducción Quebrada Quillagua en Tocopilla.

El objetivo de realizar esta actividad en el lugar seleccionado corresponde a enriquecer el área seleccionada por los alumnos del liceo Domingo Latrille. Esta actividad buscaba relacionar las labores de reintroducción con la participación de los estudiantes en los trabajos de monitoreo y mantención de las plantas establecidas. Este vínculo se realizó mediante la coordinación de la SEREMI de Medio Ambiente de la región de Antofagasta y el Departamento de Administración de Educación Municipal (DAEM) de Tocopilla. La labor realizada por los alumnos correspondió al monitoreo y mantención de las plantas durante los meses de octubre y diciembre del 2023.

En el sitio de plantación se consideró el establecimiento de los individuos de las especies seleccionadas utilizando mallas de protección, con el objetivo de prevenir el daño de herbívoros y ayudar con la captación de humedad a baja altura. Además, en este sitio se planteó aplicar un riego de pre-plantación de 1 litro, con el objetivo de mejorar la humedad del suelo para evitar el shock de plantación en la especie establecida.

Folio005219

Las labores de plantación se iniciaron con la hoyadura, la que se realizó extrayendo 0,04 m^3 de suelo mineral (30x30x40 cm). Luego de humectar la hoyadura, se establece la planta procurando no dejar las raíces chuecas, giradas o hacia arriba. La etapa de establecimiento culmina cuando la planta es cubierta con tierra e instalada la malla protectora. Una vez establecida la totalidad de las plantas, se aplica el riego de establecimiento (Figura 435).

Figura 435. Plantación en la Quebrada Quillagua, Tocopilla.

En total, en este sitio se establecieron 60 individuos de cuatro especies distintas (Figura 436). Las especies y cantidades establecidas en la Quebrada Quillagua se muestran en la Cuadro 5.

Cuadro 5. Listado de especies establecidas en la Quebrada Quillagua en Tocopilla.

Especie	Total Plantas
Malesherbia tocopillana	20
Heliotropium jaffuelii	12
Nolana clivicola	8
Ophryosporus anomalus	20
TOTAL	**60**

Folio005220

Figura 436. Especies establecidas en la Quebrada Quillagua, Tocopilla.

Se establecieron mediciones mensuales en donde se evaluó sanidad, supervivencia y crecimiento. Durante octubre del 2022 se realizó la capacitación de los alumnos del Liceo Domingo Latrille para la toma de datos de las especies establecidas (Figura 437). Posterior a la capacitación, los estudiantes realizaron las mediciones correspondientes a octubre y diciembre del año 2022. Esta actividad permitió acercar a los estudiantes del liceo a los esfuerzos de reintroducción de flora local en el proyecto. Los monitoreos posteriores fueron realizados por un profesional de la municipalidad de Tocopilla. En cada monitoreo se les aplicó a todas las plantas alrededor de un litro por concepto de riego, aparte de la cantidad de agua adicionada por la intercepción de la neblina con las mallas de protección instaladas en el establecimiento de las plantas. En total se lograron realizar siete mediciones después de establecidas las plantas, por lo que aproximadamente se le aplicó a cada planta, siete litros de agua de forma manual.

Folio005221

Figura 437. (A) Capacitación alumnos Domingo Latrille, Tocopilla. (B) Toma de datos de las especies establecidas

Después de 9 meses de establecidas las plantas, los resultados de los monitoreos de supervivencia muestran resultados negativos para todas las especies (Figura 438). A mayo del 2023 solo se encontraron tres individuos vivos, dos de *O. anomalus* y uno de *M. tocopillana* (Cuadro 6). Cabe mencionar que el número de plantas establecidas y el único tratamiento conformado, no permitió realizar un análisis estadístico de la variable supervivencia.

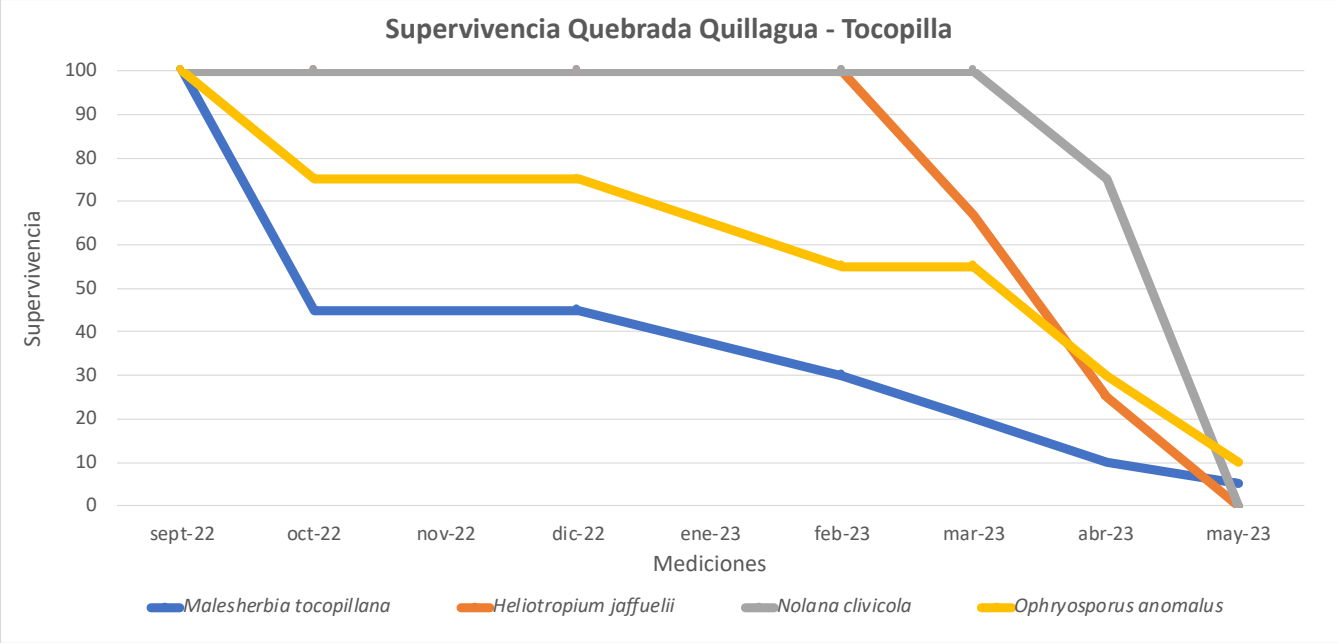


Figura 438. Gráfico de supervivencia de las plantas establecidas en la Quebrada Quillagua en Tocopilla.

Folio005222

Cuadro 6. Supervivencia de las plantas establecidas en la Quebrada Quillagua en Tocopilla.

Especie	N Plantadas	Medición													
		sept-22		oct-22		dic-22		feb-23		mar-23		abr-23		may-23	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Malesherbia tocopillana	20	20	100	9	45	9	45	6	30	4	20	2	10	1	5
Heliotropium jaffuelii	12	12	100	12	100	12	100	12	100	8	67	3	25	0	0
Nolana clivicola	8	8	100	8	100	8	100	8	100	8	100	6	75	0	0
Ophryosporus anomalus	20	20	100	15	75	15	75	11	55	11	55	6	30	2	10
TOTAL	**60**	**60**	**100**	**44**	**73**	**44**	**73**	**37**	**62**	**31**	**52**	**17**	**28**	**3**	**5**

Con respecto a la variable crecimiento, esta no presentó variaciones significativas a durante los períodos en donde fue evaluada. Para la variable altura, las variaciones máximas fueron de 1 cm para los tres individuos vivos al final del período de evaluación. Con respecto al diámetro de copas, se encontraron las mismas diferencias. La baja cantidad de individuos vivos para este sector, impide realizar una evaluación de las variables de crecimiento estipulada en la metodología de la etapa de reintroducción.

V.3.2 Cerro Mirador, Paposo

El segundo sitio seleccionado correspondió al Cerro Mirador en Paposo. En este sector se establecieron dos unidades de plantación separadas una de la otra por un kilómetro de distancia. En cada una de estas unidades se establecieron especies pertenecientes a distintas procedencias, por lo que cada sitio recibió el nombre de la procedencia de las semillas de las especies establecidas. De esta forma, se establecieron los sitios El Rincón y Cerro Mirador (Figura 439).

A pesar de la alta biodiversidad en esta localidad, el sitio elegido se encuentra fuertemente afectado por especies invasoras, en especial “rocío” (*Messembryanthemum crystallinum*, Figura 440), una planta agresiva en ecosistemas desérticos del norte de Chile). Debido a esto, se escogió este lugar esperando poder cambiar las especies invasoras por plantas nativas del lugar. Dada la alta cobertura de esta especie en el suelo, una de las actividades realizadas previa a la plantación, fue la remoción de esta para poder habilitar el sitio para la plantación.

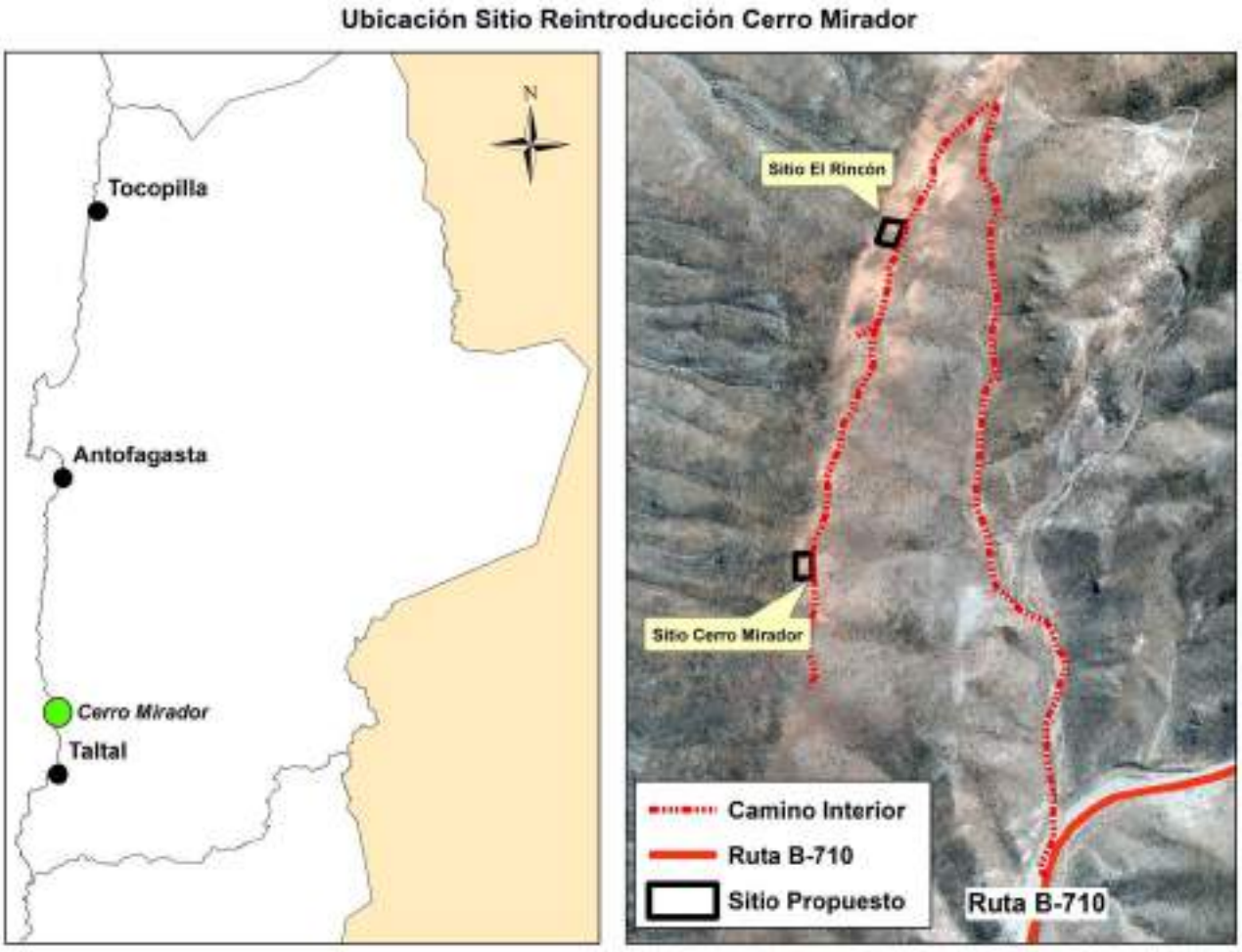


Figura 439. Ubicación del sitio de reintroducción en el Cerro Mirador en Paposo.

.

Figura 440. Plantas de rocío (*Mesembryanthemum crystallinum*) en la zona de Paposo, una especie invasora originaria de África. A) Terrenos invadidos por esta especie invasora. B) Detalle de las flores del rocío.

En este sitio de plantación, dada la cantidad de plantas producidas por especies seleccionadas, se planteó realizar un experimento de reintroducción con el objetivo de determinar el mejor tratamiento para el establecimiento de

Folio005224

especies pertenecientes a la flora costera de la región de Antofagasta. El experimento contó con cuatro tratamientos: el tratamiento control (T0), aplicación de riego manual (T1), agua por captación de atrapanieblas (T2) y el efecto cambiando de la aplicación de riego manual y de agua captada por atrapanieblas (T3) (Figura 441).

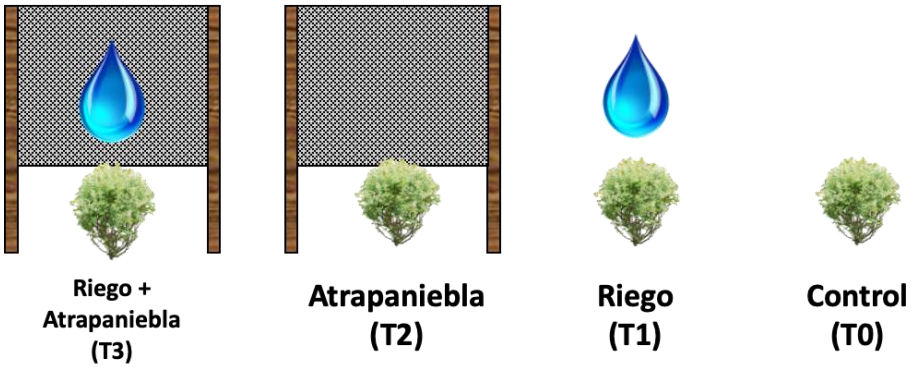


Figura 441. Tratamientos utilizados en las actividades de reintroducción en el Cerro Mirador.

Además, para aislar el factor biótico del experimento, se estableció, para cada unidad de plantación, un cerco perimetral de 1.500 m^2 (50x30 m) y 1,2 m de alto. El cerco se completó utilizando malla galvanizada tipo bizcocho para evitar el traspaso de herbívoros menores (Figura 442). Dentro de este cerco se distribuyeron los cinco bloques y los cuatro tratamientos explicados anteriormente, dejando un cuadrante por bloque sin plantar (Figura 443).

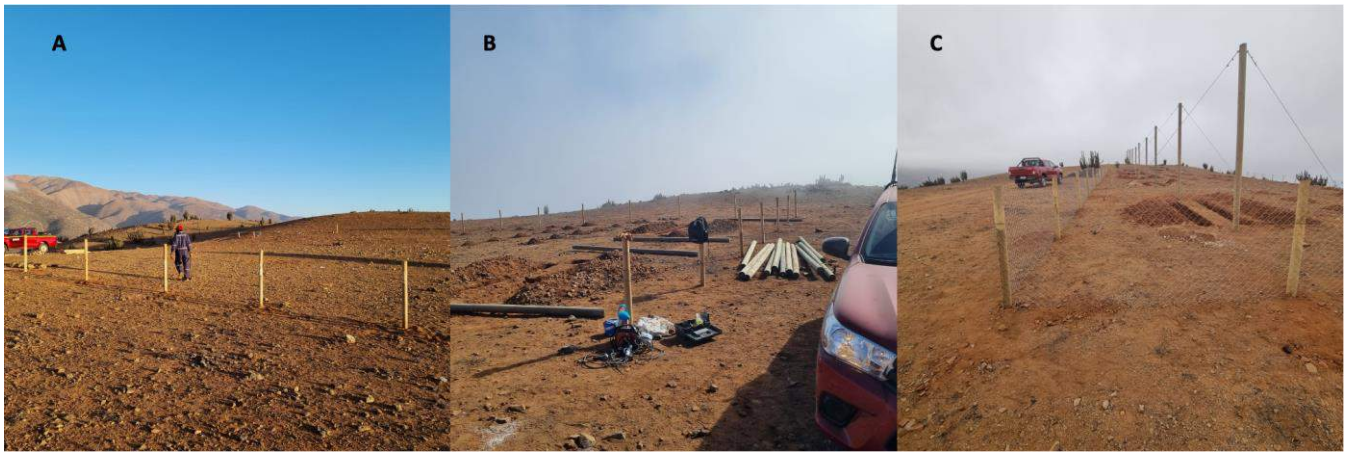


Figura 442. Cerco perimetral establecido en cada unidad de establecimiento. A) Instalación de Postes; B) Instalación Bases; C) Malla tipo Bizcocho instalada en el cerco perimetral

Folio005225

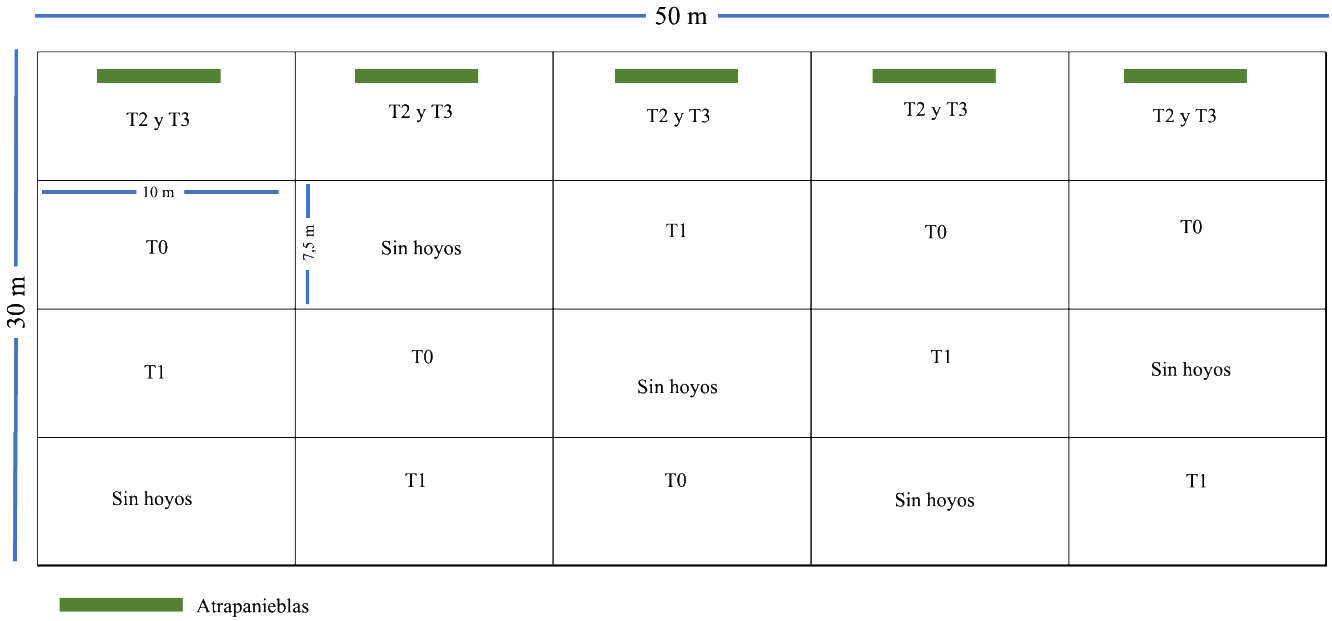


Figura 443. Distribución de bloques y tratamientos establecidos en terreno.

Para completar los tratamientos T2 y T3, fue necesario diseñar, construir e instalar atrapanieblas que tuvieran las dimensiones necesarias para poder abastecer de agua interceptada a estos dos tratamientos. Se diseñaron atrapanieblas de 13,5 m^2 (4,5x3m), los que se ubicaron en la parte norte de cada unidad de plantación y posicionados de tal forma que sean capaces de interceptar la mayor cantidad de neblina diaria. En total se construyeron 10 atrapanieblas, cinco en cada unidad de plantación (Figura 444).

Las labores de plantación se iniciaron con la hoyadura, la que se realizó extrayendo 0,04 m^3 de suelo mineral (30x30x40 cm). Las plantas utilizadas se dispusieron en cada tratamiento según la cantidad y la unidad de plantación que corresponda (X13).

Folio005226

Figura 444. Atrapanieblas construidos en las unidades de plantación.

Folio005227

Figura 445. Hoyadura, disposición de plantas y atrapanieblas en la unidad de plantación

Al igual que en la Quebrada Quillagua, se realizó un riego pre-plantación para aumentar la humedad del suelo y evitar que las plantas fueran establecidas en un sustrato demasiado seco (Figura 446).

Figura 446. Aplicación riego pre-plantación hoyadura Cerro Mirador

Con respecto al monitoreo de la plantación, y como fue descrito en el informe 3, se estableció realizar monitoreos quincenales en donde se evaluó supervivencia y sanidad, además de realizar el riego de las plantas de aquellos tratamientos que lo consideraban. Con respecto a las variables de crecimiento y desarrollo reproductivo, dado que son variables de expresión lenta, estos se evaluaron cada dos meses. La periodicidad de las variables se muestra en la Cuadro 7.

Cuadro 7. Especies y cantidad de individuos establecidos en la unidad Cerro Mirador.

Medición	Variable	Monitoreo
Crecimiento	DAC (mm)	Bimensual
	Altura (cm)	
Sanidad	Clorosis	Quincenal
	Necrosis	
Supervivencia	Viva / Muerta	Quincenal

Folio005228

Desarrollo Reproductivo	Cantidad de Estructuras	Bimensual

V.3.2.2 Capacitación Monitoreo y Toma de Datos

Una vez finalizada las actividades de plantación en Paposo, se realizó la capacitación a los integrantes de la organización que nos apoyó con el monitoreo de las variables descritas anteriormente.

I.3.2.2 Unidad de Plantación Cerro Mirador

En esta unidad se establecieron 240 individuos de tres especies distintas (Cuadro 8): *Dalea azurea*, *Dicliptera paposana y Puya boliviensis* (Figura 447). Los individuos fueron distribuidos al azar dentro de los bloques determinados en la figura 448.

Cuadro 8. Especies y cantidad de individuos establecidos en la unidad Cerro Mirador.

Especie	Total Plantas
Dalea azurea	100
Dicliptera paposana	100
Puya boliviensis	40

Folio005229

TOTAL	240

Dalea azurea

"Dalea"

Dicliptera paposana

"Dicliptera"

Puya boliviensis

"Chagual de Paposo"

Figura 447. Especies establecidas en la unidad Cerro Mirador

Después de 10 meses de monitoreo (20 registros de datos para la supervivencia y sanidad de las plantas establecidas), se observó una supervivencia general de 56,1% , independiente de la especie y tratamiento (Cuadro 9). Con respecto a los tratamientos, el efecto combinado entre riego manual y agua interceptada por los atrapanieblas fue el mejor con un 86,5%, mientras que el tratamiento que adicionó agua de forma manual fue el que obtuvo mayor mortalidad, el tratamiento control (T0) y el tratamiento bajo la influencia del atrapaniebla (T2), obtuvieron 41,8% y 62,6% respectivamente (X17). Con respecto a la especie con mayor porcentaje de supervivencia, *P. boliviensis* obtuvo un 94,4% de supervivencia, mientras que *D. paposana* fue la con mayor mortalidad registrando un 32,2% de supervivencia. *D. azurea* registro 41,6% de supervivencia (X18).

Cuadro 9. Resumen de supervivencia por tipo de tratamiento y especie en la unidad Cerro Mirador.

Especie	T0	T1	T2	T3	Promedio Especies
Dalea azurea	40,0	0,0	41,7	84,6	41,6

Dicliptera paposana	7,7	0,0	46,2	75,0	32,2
Puya boliviensis	77,8	100,0	100,0	100,0	94,4
Promedio Tratamientos	**41,8**	**33,3**	**62,6**	**86,5**	**56,1**

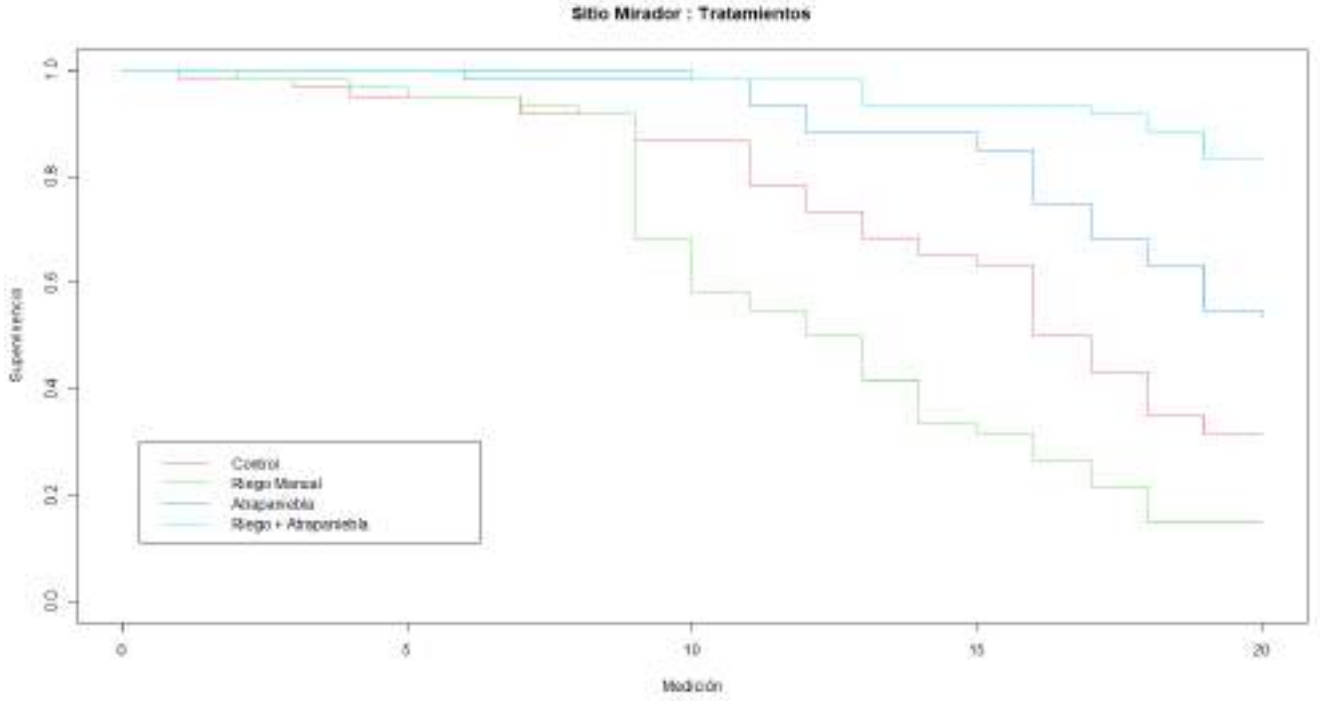


Figura 448. Supervivencia por tipo de tratamiento en la unidad Cerro Mirador.

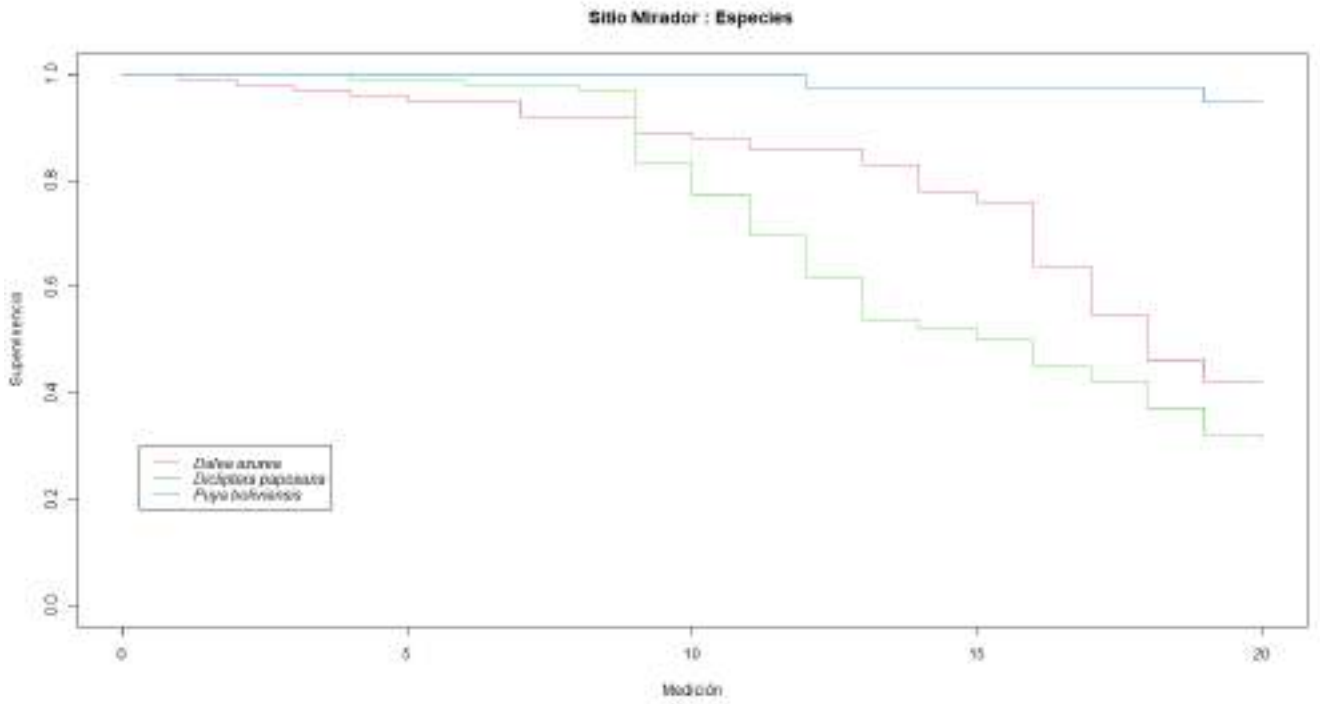


Figura 449. Supervivencia por especie en la unidad Cerro Mirador.

Folio005231

I.3.2.3 Unidad de Plantación El Rincón

En esta unidad se establecieron 280 individuos de cinco especies distintas (Cuadro 10): *Apium panul, Croton chilensis, Nicotiana solanifolia, Salvia tubiflora y Senna paposana, Dicliptera paposana* (Figura 447). Los individuos fueron distribuidos al azar dentro de los bloques determinados en la Figura 449.

Cuadro 10. Especies y cantidad de individuos establecidos en la unidad Cerro Mirador.

Especie	Total Plantas
Apium panul	20
Croton chilensis	40
Nicotiana solanifolia	20
Salvia tubiflora	100
Senna paposana	100
TOTAL	**280**

Después de 10 meses de monitoreo (20 registros de datos para la supervivencia y sanidad de las plantas establecidas), se observó una supervivencia general de 36,3% , independiente de la especie y tratamiento (Cuadro 11). Con respecto a los tratamientos, al igual que en la unidad Cerro Mirador, el efecto combinado entre riego manual y agua interceptada por los atrapanieblas fue el mejor con un 48,7%, mientras que el tratamiento que adicionó agua de forma manual fue el que obtuvo mayor mortalidad (23,3%), el tratamiento control (T0) y el tratamiento bajo la influencia del atrapaniebla (T2), obtuvieron 34,2% y 39,2% respectivamente (Figura 450). Con respecto a la especie con mayor porcentaje de supervivencia, *N. solanifolia* obtuvo un 77,1% de supervivencia. Por otro lado, *A. panul* presentó un 100% de mortalidad, registrando el último individuo vivo en febrero 2023. *C. chilensis*, *S. tubiflora* y *S. paposana* obtuvieron 50%, 34,9% y 19,8% de supervivencia respectivamente (Figura 451).

Cuadro 11. Resumen de supervivencia por tipo de tratamiento y especie en la unidad Cerro Mirador.

Especie	T0	T1	T2	T3	Promedio Especies
Apium panul	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Croton chilensis	10,0	50,0	70,0	70,0	50,0
Nicotiana solanifolia	100,0	66,7	75,0	66,7	77,1
Salvia tubiflora	41,7	0,0	26,9	70,8	34,9
Senna paposana	19,2	0,0	24,0	36,0	19,8
Promedio Tratamientos	**34,2**	**23,3**	**39,2**	**48,7**	**36,3**

Folio005232

Senna paposana

"Alcaparra de Paposo"

Croton chilensis

"Higuerilla"

Apium panul

"Panul"

Salvia tubiflora

"Salvia roja"

Nicotiana solanifolia

"Tabaco cimarrón"

Figura 450. Especies establecidas en la unidad El Rincón

Folio005233

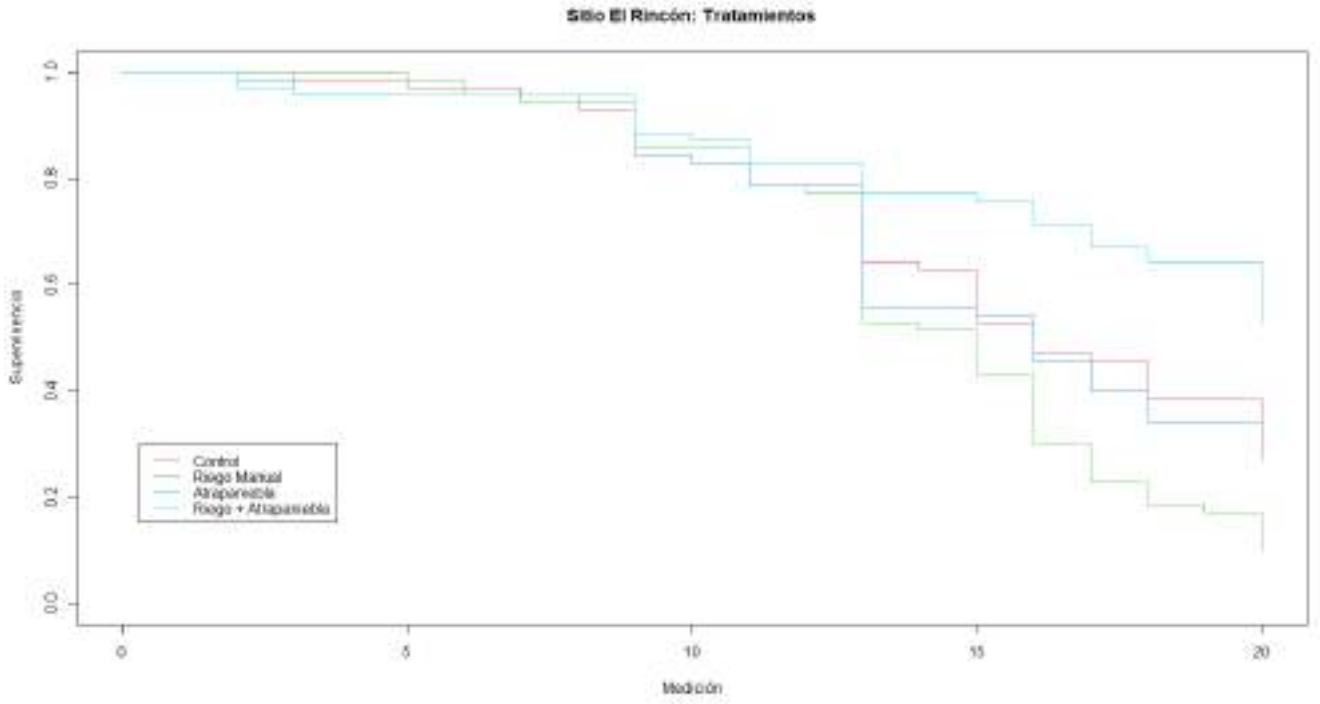


Figura 451. Supervivencia por tipo de tratamiento en la unidad El Rincón.

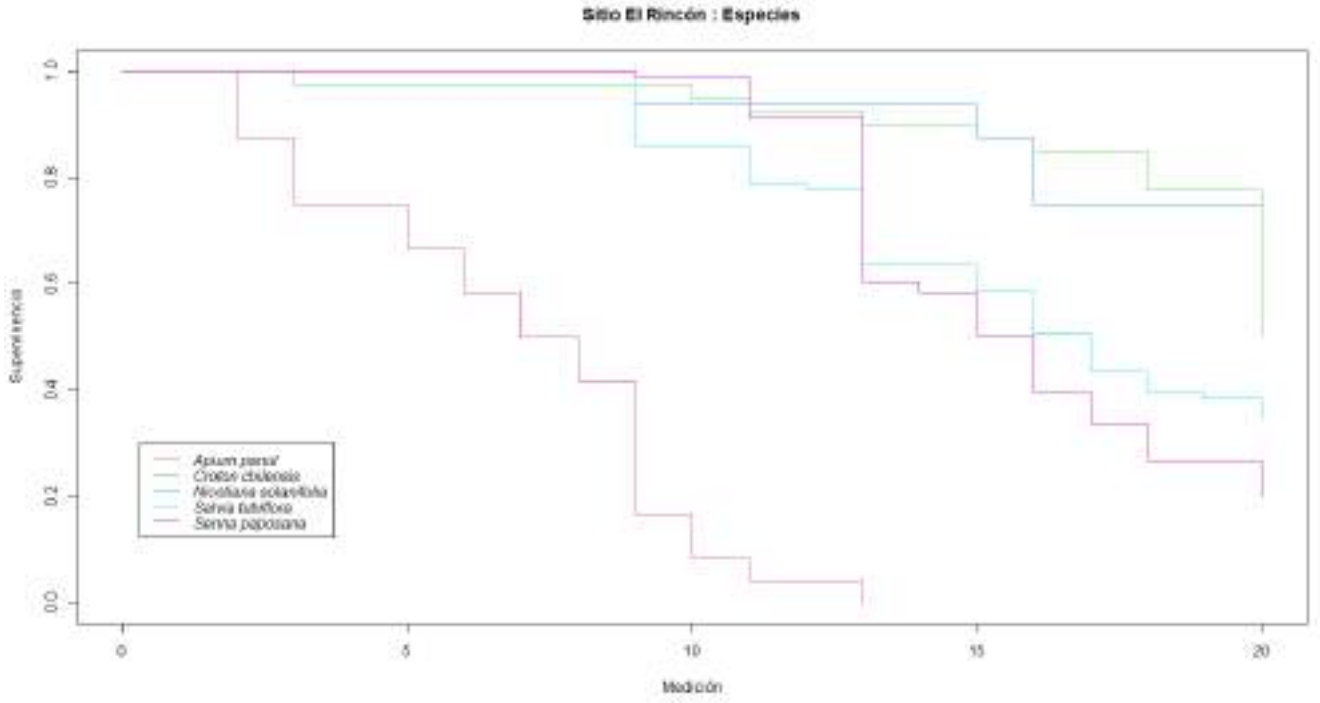


Figura 452. Supervivencia por especie en la unidad El Rincón.

Folio005234

COMENTARIOS FINALES

El objetivo de la etapa de reintroducción era establecer, al menos, 10 especies pertenecientes a la flora costera de la región de Antofagasta. Sin embargo, en esta actividad se reintrodujeron 12 especies, logrando establecer 560 individuos en sitios de alto valor de conservación de esta región.

Los resultados obtenidos para la variable de supervivencia alcanzados al final del periodo de monitoreo, marcan un hito y un punto de inicio para próximas iniciativas relacionadas a la reintroducción de las especies de la flora costera de la región de Antofagasta.

En Tocopilla, las actividades de reintroducción permitieron “devolver” a su ecosistema original más de los individuos que se encuentran de forma natural en sectores puntuales de la comuna. Lamentablemente, la poca periodicidad en el monitoreo de las plantas, no permitió tomar decisiones a tiempo para poder evitar peaks en la mortalidad de las plantas establecidas. Probablemente, monitoreos más periódicos junto con la adición de agua sostenida en el tiempo, hubieran permitido obtener mejores porcentajes de supervivencia.

A pesar de lo que se podía pensar al comienzo de los monitoreos en Paposo, los resultados muestran para ambos sitios, que la adición de agua de forma manual obtuvo los menores porcentajes de supervivencia a lo lardo del monitoreo. Esto indica que para este ecosistema o para estas especies, la adición de agua no es un factor limitante en la supervivencia. Esto supondría que la instalación de un cerco perimetral para proteger las plantas del ramoneo de animales mayores y menores, sería tan o más importante que el riego manual de las plantas establecidas.

Esta parte La etapa de reintroducción del proyecto permitió realizar vínculos con organizaciones públicas y privadas, además de contar con el apoyo de establecimientos educacionales, por lo que se enmarca como pionero en este aspecto. Esta vinculación les entrega un valor extra a las actividades de conservación en la región, por lo que se espera que se marque un precedente que pueda promover en un futuro nuevas alianzas público-privadas.

Folio005235

VI OBJETIVO 6: "Elaborar una cartera de proyectos que permita abordar iniciativas de inversión en ámbitos de educación ambiental y turismo sustentable."

PERFIL DE POSTULACIÓN
TRANSFERENCIA DE CAPITAL A OTRAS INSTITUCIONES PÚBLICAS
GLOSA 02 - SUBT. 33, numeral 5.7, Ley de Presupuestos de los Gobiernos Regionales Vigente

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre del estudio	:	CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN ECOLOGICA DE LA FLORA EN DECLIVE DE LA COSTA DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA
Fuentes Financiamiento $	:	
Localización	:	REGIÓN DE ANTOFAGASTA
Institución Responsable	:	Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA
Otros organismos involucrados	:	Seremi demedio Ambiente, Región de Antofagasta
Población objetivo	:	
Pertinencia	:	
Año/mes de inicio	:	
Año/mes de termino		
Fecha Presentación Solicitud	:	

Folio005236

1. SOLICITUD

Transferir recursos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) al Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA para financiar el desarrollo e implementación y ejecución del estudio denominado:

Conservación y Restauración Ecológica de la Flora en Declive de la Costa de la Región De Antofagasta.

2. DIAGNOSTICO

En la Estrategia Regional de Biodiversidad propuesto por CONAMA (2002), se establece un plan de acción para la conservación de la biodiversidad aplicado específicamente a la Región de Antofagasta, originado a partir de previos lineamientos para una política ambiental regional. En el plan se proponen 5 pasos, consistentes en medidas de conservación in situ, educación y concientización, impulso de la investigación, acceso de la información y finalmente, recuperación de especies y ecosistemas. A partir de este, se genera una serie de estudios en la zona para evaluar aquellas zonas definidas sitios prioritarios, de los cuales se incluyen la Península de Mejillones (BIOTA, 2005, 2019; CREA, 2003; UNARTE, 2006), Desembocadura del Río Loa en la costa de la Región, además de otros de alta relevancia sugeridos por expertos, como la zona costera de Paposo (BIOTA, 2005, 2018; INIA, 2008; UNARTE, 2005, 2006, 2007).

Finalmente, se promulga el plan RECOGE de la flora costera del norte de Chile (DS 44/2018; MMA), en el que se propone mejorar el estado de conservación de al menos 20% de las especies incluidas en el plan y mantener el resto. Esto implica mitigar las amenazas detectadas y aumentar la protección efectiva y recuperación de dichas especies de plantas. En el contexto de este plan, se ejecuta el proyecto "Diagnóstico y conservación de la flora de la costa de la Región de Antofagasta", en el que se hace una revisión de las especies presentes en la zona de estudio junto a una priorización de estas, para determinar aquellas más importantes en términos evolutivos y de distribución restringida. Esto va acompañado de un plan piloto de conservación ex situ, propagación y reintroducción de estas especies en la zona costera de la Región.

Si bien esta primera aproximación es realizada con éxito, es de gran importancia tomar esta experiencia para empezar a generar iniciativas que estudien a mayor profundidad los procesos que permitirían una restauración más eficiente de estos ecosistemas utilizando otras especies importantes en ecosistemas presentes en la zona costera de la región de Antofagasta.

3. PROBLEMA SOCIAL QUE BUSCA SOLUCIONAR

La flora de la costa del norte de Chile se encuentra actualmente afectada por una serie de amenazas, las cuales fueron identificadas por el Grupo de Elaboración del plan RECOGE del Ministerio del Medio Ambiente usando la metodología de estándares abiertos para la conservación (EAC), usando como base la información generada el año 2014 por la consultoría "Propuesta de Plan nacional de recuperación, conservación y gestión de la flora asociada a formaciones vegetacionales costeras del norte de Chile" realizada por la consultora Cultam, la cual generó a través de una serie de talleres participativos en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama, una lista

Folio005237

priorizada de amenazas para la flora costera. Una vez realizado este análisis de amenazas, el Grupo de Elaboración estableció un orden de éstas de acuerdo a su prioridad, que en forma decreciente de relevancia son:

1) Cambio climático

2) Actividades productivas a gran escala que ingresan al SEIA

3) Turismo y actividades motorizadas fuera de ruta

4) Extracción de flora costera (plantas y semillas) para fines comerciales

5) Extracción de flora costera (plantas y semillas) con fines científicos

6) Obras civiles

7) Ganadería extensiva

8) Expansión urbana

9) Aumento de los herbívoros nativos

10) Actividades productivas a pequeña escala.

Como resultado de un detallado análisis realizado en una serie de reuniones y talleres de la mesas por la conservación de la biodiversidad regional, compuesta por servicios públicos, sector académico y sociedad civil organizada, y en base a información generada por especialistas (BIOTA, 2010), se han propuesto una serie de soluciones para minimizar, controlar o erradicar las amenazas antrópicas a la flora costera, entre las que destacan: a) manejo de ganado doméstico, b) fiscalización ambiental, c) creación y funcionamiento de áreas protegidas y d) control de colectas científicas a través de la implementación y difusión de protocolos. Cabe señalar que estas actividades ya están siendo desarrolladas por los servicios públicos y coordinadas en el marco de las mesas regionales. Sin embargo, estas acciones resultan insuficientes, debido a la magnitud de las amenazas naturales que siguen presionando a la flora. La amenaza más importante en la zona, el cambio climático, es un problema de alta complejidad imposible de abordar directamente. Más aún, la mecánica de afectación en que el cambio climático modifica a la humedad costera aún no es clara. En este sentido, la única evidencia disponible de la disminución de la niebla costera se basa en datos históricos entre 1960 al 2008, en que se observa una declinación de la cobertura nubosa en estas décadas, la cual es aún más marcada en menores latitudes (Schulz et al., 2012). Además de esto, no hay mayor información sobre como esta disminución afecta la humedad relativa, a su variación temporal, altitud, etc. Es posible proyectar que esta disminución de cobertura nubosa puede tener un efecto en la flora nativa, pero al no conocer los efectos directos en estas especies, no es posible establecer los sitios o especies más amenazadas, por lo que no es posible priorizar esfuerzos de conservación para evitar pérdidas de biodiversidad debido a esta amenaza. Se ha reportado la mortandad masiva de individuos de cactáceas in situ (Macaya-Berti

&

Folio005238

Bustamante-Monroy, 2009; Schulz et al., 2011), aunque es posible que estas extinciones locales también se repitan en otros grupos de plantas no tan fácil de observar. En este sentido, una cantidad importante de especies de familias distintas a las cactáceas han visto reducida su distribución en la costa del norte de Chile (ver ejemplos en Schulz et al., 2011), las cuales a pesar de que no forman un paisaje conspicuo de remanentes secos como si se observa en la familia cactácea, es posible de que el grado de perdida sea aún mayor.

A lo anterior se suma la falta de conocimiento de las interacciones ecológicas en las comunidades de lomas del norte de Chile. Es sabido que en ecosistemas con recursos limitantes dan como resultados más interacciones positivas entre las distintas especies de plantas (Fernández et al., 2010; Pablo C. Guerrero et al., 2012; J. Gutiérrez, 2001). De esta manera, en ecosistemas mediterráneos, es común observar un mayor efecto nodriza que en ecosistemas templados o tropicales. Por lo tanto, es esperable observar esta interacción en ecosistemas de zonas hiperáridas, pero la disminución de humedad que al parecer está extinguiendo especies claves para el desarrollo de las comunidades puede estar gatillando una serie de extinciones en especies dependientes de atrapanieblas vegetales.

La segunda amenaza en importancia que se observa en la zona de estudio corresponde a las actividades productivas a gran escala que entran al SEIA. A pesar de que estas se encuentran sometidas al cumplimiento de la legislación vigente, para lo cual se deben hacer cargo de los potenciales impactos ambientales significativos, en la práctica no es compensado debido la escasa normativa para la protección de la flora nativa, falta de acceso de información técnica de los evaluadores de los servicios públicos, medidas de mitigación, recuperación y compensación con bajo respaldo científico respecto a estas especies, además de la insuficiencia de instrumentos de planificación territorial y baja superficie de áreas protegidas (MMA, 2018). Por ejemplo, el DS N°68/2009 (MINAGRI) protege las formaciones vegetales compuestas de especies originarias del país, por lo cual cualquier intervención de estas conlleva un plan de manejo para rescatar o restaurar ecosistemas de esta naturaleza. Sin embargo, el bajo conocimiento técnico en la propagación de las especies en la costa del norte de Chile, sin mencionar el aún menor conocimiento sobre la dinámica ecosistémica y restauración ecológica de la vegetación en la zona, ha impedido a quienes llevan a cabo proyectos ambientales la ejecución de planes de compensación ambiental de formaciones xerofíticas.

Las amenazas restantes, al igual que la anteriormente descrita, son posibles de contener combinando políticas públicas con toma de decisiones basadas en conocimiento científico y técnico. A pesar de esto, al corto plazo la conservación in situ puede ser difícil de abordar, además de que puede conllevar altos costos económicos. De manera adicional, el cambio climático es una amenaza ubicua imposible de atacar directamente, para la cual no es posible combatir mediante conservación in situ. En este escenario, la conservación ex situ (e.g. conservación de germoplasma), resulta una opción muy oportuna de considerar para las especies bajo amenaza. Mediante este método, se puede conservar a largo plazo y relativamente bajo costo a las especies mencionadas, protegidas así de las amenazas encontradas en el territorio y dejándolas adicionalmente disponibles para la investigación, propagación

Folio005239

y posterior reintroducción.

3.1 Objetivo general

Mejorar el conocimiento actual sobre las especies en peligro de extinción en la costa de la Región de Antofagasta para impulsar su cultivo y promover la restauración ecológica.

3.2 Objetivos específicos

1.- Recopilar y corroborar información de la flora de la flora costera de la Región de Antofagasta, identificando aquellas especies que hayan disminuido su distribución o abundancia según fuentes de información.

2.- Actualizar la priorización espacial y de especies.

3.- Estudiar la ecología de las especies priorizadas en la actualización y aquellas que efectivamente hayan disminuido su distribución, incluyendo clasificaciones respecto a rasgos funcionales y usos prácticos por el hombre.

4.- Proponer un programa de enriquecimiento de plantas nativas presentes en viveros locales, en el que se realicé un seguimiento del crecimiento y la fenología.

5.- Definir e implementar un plan de restauración ecológica para las especies de la flora costera más afectadas por el cambio climático y factores antrópicos.

6.- Transferir el conocimiento generado a la comunidad y actores relevantes de la zona para aumentar la valoración de la flora costera de la región.

3.3 Localización geográfica y cobertura del estudio

El espacio definido para la realización de este estudio corresponde a la intersección de los límites de la Región de Antofagasta con las formaciones vegetacionales de definidas por Gajardo (1994) como "Desierto costero de Taltal" y "Desierto costero de Tocopilla" (Figura 453).

Folio005240

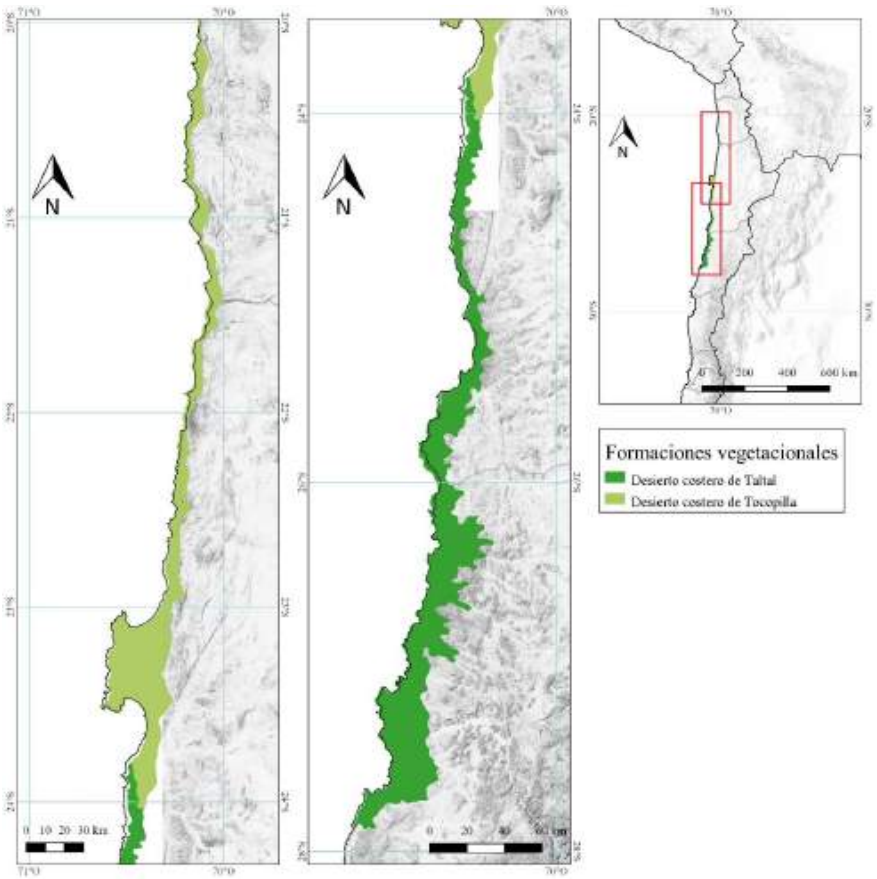


Figura 453. Área de trabajo, correspondiente a las formaciones de desierto costero definidas por Gajardo (1994).

3.4 Identificación y definición de las variables que se van a medir, controlar y/o analizar

Las variables a considerar en este estudio corresponden a:

- Número de especies en declive
- Número de comunidades identificadas
- Valores relacionados a variables ambientales (temperatura, humedad relativa, precipitación)
- Fenología mensual
- Germinación
- Tasa de crecimiento en especies propagadas
- Supervivencia y desarrollo de especies en los ensayos de reintroducción

Folio005241

3.5 Identificación y descripción de las actividades que considera el estudio (ver detalles metodológicos en apartado 3.6

- Trabajo en gabinete
- Revisión del estudio implementado por Ministerio de Medio Ambiente (en adelante "MMA") y ejecutado por INIA (2019-2023) denominado "Diagnóstico y conservación de flora costera, Región de Antofagasta".
- Priorización de sitios y especies.
- Al menos cuatro campañas de terreno en la zona de estudio para corroborar información y mediciones in situ (condiciones ambientales, vegetación, flora).
- Determinación de comunidades vegetales en la zona.
- Medir condiciones ambientales que determinan la presencia de especies objetivo y estimar umbrales de supervivencia (condiciones en las que, en teoría, la especie debiese encontrarse).
- Determinar, de ser posible, asociaciones de facilitación entre especies.
- Establecer un plan de restauración de ecosistemas.
- Informar los resultados mediante material de difusión científico y para público en general.

4. ESTRATEGIA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA

Metodología a usar

Para la ejecución del estudio deben seguirse los siguientes pasos:

a. Trabajo de revisión bibliográfica, consistente en:

   i. Búsqueda de información en publicaciones, informes de investigación, estudios del SEA o similares, sobre especies amenazadas. Se deben identificar las especies a las cuales se le ha indicado algún grado de declinación (abundancia o distribución), ya sea por confirmación empírica o falta de datos actualizados.

   ii. Incorporar información de rasgos funcionales de las especies priorizadas en el estudio INIA (2019-2023) a partir de la bibliografía, tales como ciclo de vida, hábito, tamaño, tipo de raíz, textura y tamaño de hojas, órganos de reserva, entre otros.

   iii. Señalar usos humanos de las especies priorizadas, tales como usos medicinales, alimenticios, combustible, ornamental u otros.

Folio005242

b. Actualizar priorizaciones realizadas por INIA (2019-2023), considerando lo siguiente:

i. Definir áreas prioritarias, esta vez integrando los resultados inéditos obtenidos en el estudio INIA (2019-2023).

ii. Definir especies prioritarias a partir del catastro de especies más amenazadas del estudio INIA (2019-2023), esta vez considerando herramientas moleculares. Para esto último, se usará el paquete U.PhyloMaker de R para crear una filogenia con las especies e indicadores de la historia evolutiva de las especies para indicar su relevancia.

c. Para generar los datos sobre ecología de las especies, al igual que para corroborar aquellas especies en declive, se realizarán al menos 4 salidas a terreno en que se deberá:

i. Medir en terreno aquellas comunidades vegetales en que se encuentran las especies objetivo, muestreando en parcelas florísticas datos de abundancia y relaciones interespecíficas observables.

ii. Medición de variables ambientales, tales como temperatura, humedad relativa o condiciones de suelo asociadas a las especies objetivo y comunidades de interés. En detalle, estas son:
-Humedad relativa y temperatura: Se medirán usando sensores iButton (Hubbart et al., 2005).
-Precipitaciones: eventos históricos de precipitaciones se verificarán a partir de registros en estaciones meteorológicas.
-Condiciones de suelo: Se realizarán análisis de suelo para verificar características físicas de este en lugares determinados.
-Microorganismos: La relación de plantas con microorganismos se determinará tomando muestras y aislándolas en un laboratorio.

iii. Determinar daños por herbivoría o perturbaciones antrópicas.

iv. Colecta de organismos asociados, tales como polinizadores o epifitas.

v. Colecta de semillas de especies priorizadas.

d. A partir de la información recopilada, se debe informar como resultados:

i. Listado de especies que se han visto afectadas por perturbaciones de cualquier naturaleza, y que por lo tanto presentan disminución en su distribución o abundancia.

ii. Usando información ambiental, se debe indicar rango de temperaturas, precipitaciones o humedad relativa para cada especie de interés, usando para

Folio005243

esto metodologías de modelación de nicho. También indicar especies asociadas, posibles relaciones de facilitación, condiciones de sustrato, topografía, etc.

iii. Listado de comunidades o tipo de vegetación encontrado, indicando grado de perturbación a partir de la información obtenida por las especies en el punto anterior.

iv. Basado en la información obtenida en los pasos anteriores, se debe idear un plan de restauración o enriquecimiento ecosistémico, el cual se fundamente en la información obtenida.

e. Se deben realizar colectas de herbario para registrar presencias de especies usando la metodología indicada por la IUCN (1989) y colecta de semillas para aquellas especies determinadas como en disminución siguiendo los protocolos establecidos para esto (Gold et al., 2004; León-lobos et al., 2014). Se dará especial prioridad a especies que se encuentran en comunidades de interés.

f. Un porcentaje de las semillas colectadas será usado para conservación ex situ, mientras que otro será destinado a germinación y propagación de especies. Para esto último, se considerará lo siguiente:

i. Seguimiento del crecimiento de las especies, midiendo periódicamente el crecimiento después de la germinación, e indicando la fenología de los individuos incluso después del repique.

ii. Comparar la germinación y el crecimiento bajo distintas condiciones, para determinar las circunstancias óptimas para cada especie.

iv. Trabajar con viveros locales de la costa de la Región de Antofagasta para replicar las condiciones de cultivo de las especies en climas de la costa u otros.

g. Para el plan de restauración se utilizarán especies propagadas con éxito, siendo preferentemente especies amenazadas por disminución en su distribución. Para esto, se debe considerar lo siguiente:

i. Implementar medidas destinadas a evaluar las condiciones del sitio (tales como exposición, altitud, humedad, niebla, sombra, riego, uso de protección, rocas nodrizas, hoyaduras, mejora de suelo, uso de gel, etc.)

Folio005244

ii. Implementar medidas destinadas a evaluar parámetros inherentes a las especies de plantas (como edad/tamaño de las plantas, distanciamiento, nucleación, combinaciones de especies, sucesión ecológica, etc.)

iii. En ambos tipos de restauración, se deben comparar tratamientos para identificar aquellos con mejores resultados.

iv. Se debe evaluar al menos el crecimiento, supervivencia y especies colonizadoras debido a las medidas implementadas.

h. Los resultados obtenidos serán difundidos a través de las siguientes modalidades:

i. Un manual de identificación, propagación de plantas y restauración de ecosistemas en la costa del desierto, con recomendaciones de metodologías basadas en los resultados obtenido en este y otros estudios realizados en la zona.

ii. Dos seminarios de difusión de los resultados para dar a conocer a la comunidad las actividades realizadas.

iii. Dos boletines que informen sobre los resultados obtenidos en este estudio.

iv. Artículos científicos y presentación en congresos.

3.7 Identificación de los resultados o productos esperados

Los productos que se esperan en este estudio corresponden a:

a. Listado de especies en disminución.

b. Priorización actualizada de sitios y especies.

c. Especies priorizadas clasificadas en función de rasgos funcionales y usos humanos.

d. Sistematización de la información ecológica de las especies, incluyendo requerimientos, fenología y condiciones óptimas de crecimiento.

e. Viveros locales enriquecidos con especies nativas.

f. Un diseño de un plan de restauración.

g. Un documento de difusión de resultados para todo público.

Folio005245

h. Realización de dos seminarios de difusión.

i. Un boletín técnico o publicación que informe los resultados de la revisión bibliográfica y los datos tomados en terreno.

j. Un boletín técnico o publicación que informe los resultados del plan de restauración.

3.8 Identificación de los mecanismos de difusión de la información

Se consideran las siguientes actividades de difusión: dos seminarios de difusión para exponer a la comunidad los resultados del estudio. También se entregarán dos boletines técnicos, un manual de difusión. Por último, difundirán resultados en congresos y en revistas científicas.

3.9 Equipo de trabajo

El equipo de trabajo será conformado por:

- Jefe de proyecto: Quien estará a cargo de tomar decisiones relevantes de la ejecución del proyecto.
- Coordinador del proyecto: Persona encargada de contactar a las contrapartes técnicas, organizar reuniones y otras actividades de relevancia logística.
- Encargado de terreno: Persona a cargo del muestreo en las campañas de terreno y de realizar las colectas de semillas.
- Encargado propagación: Persona responsable de diseñar ensayos de germinación y propagación de plantas.
- Encargado de restauración: Persona responsable de diseñar plan de restauración y de su ejecución, incluyendo planificación logística.
- Apoyo técnico en terreno: Recolección y procesamiento de semillas, toma de datos.
- Apoyo técnico en laboratorio: Asistente en germinación y propagación.

3.10 Definición de informes

A partir de los resultados y los productos obtenidos, se reportará la información de la siguiente manera:

Informes	Contenido
Informe 1	1- Revisión bibliográfica 2- Metodología de toma de datos

Folio005246

Informe 2	1- Listado de especies en disminución 2- Avance en definición de comunidades vegetales
Informe 3	1- Definición de comunidades vegetales. 2- Cuantificación de los datos ecológicos 3- Resultados modelación
Informe 4	1- Resultados de la estrategia de restauración y establecimiento de plantas 2- Elementos de difusión

5. BENEFICIO SOCIAL PARA LA REGIÓN

Los potenciales usuarios de la información que se va a generar a través de este estudio corresponden, en primer lugar, a la Comisión de Evaluación y los servicios públicos con competencias ambientales directas en estas materias, es decir, la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente, la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura, el Servicio Agrícola y Ganadero, la Corporación Nacional Forestal y el Servicio de Evaluación Ambiental. Estas instituciones se relacionan directamente con la conservación de la flora costera, mediante sus labores y actividades. Se espera que con los productos generados por el estudio se pueda mejorar cualquier tipo de recomendación técnica para las tareas ejecutadas por estos organismos.

En segundo lugar, otros potenciales usuarios de la información son las I. Municipalidades de Tocopilla, Mejillones, Antofagasta y Taltal y sus Honorables Concejos, el Gobierno y Consejo Regional de Antofagasta, entre otros, permitiendo con ello orientar las decisiones de las autoridades.

Por último, potenciales usuarios corresponden a empresas privadas de la región, Organizaciones No Gubernamentales, establecimientos educacionales (colegios, escuelas y universidades), juntas de vecinos (tenedores de tierra o stakeholders) y la comunidad en general interesada en el tema abordado. En este sentido, los productos generados por el estudio, pueden ser un insumo para futuros estudios, investigaciones, programas y proyectos a desarrollar.

6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Semestre					
	1	2	3	4	5	6
Recopilación de antecedentes	X					
Entrega del informe I		X				
Determinación de especies objetivo, requerimientos ambientales y catastro de comunidades		X				
Entrega del informe II		X				
Diseño plan de restauración			X			
Primer seminario de difusión			X			
Ejecución plan de reintroducción y restauración				X	X	X
Elaboración del material de difusión				X	X	X
Segundo seminario de difusión					X	
Entrega del informe final III						X

Folio005247

7. INDICADORES

INDICADOR 1

- Nombre del indicador: Especies en declive de distribución.

- Fórmula de cálculo: (Especies priorizadas que han disminuido su distribución/Especies priorizadas totales)*100

- Unidad de medida: Porcentaje

- Periodicidad de la medición del indicador: Una vez.

- Dimensión: Biológica

- Lectura del indicador: Porcentaje de especies en disminución.

- Fuentes de información: Bibliografía y datos de terreno.

INDICADOR 2

- Nombre del indicador: Especies nativas en viveros locales.

- Fórmula de cálculo: Especies nativas presentes en cada vivero al final del proyecto-Especies nativas presentes en cada vivero al inicio del proyecto

- Unidad de medida: Número de especies

- Periodicidad de la medición del indicador: Anual.

- Dimensión: Técnica.

INDICADOR 3

- Nombre del indicador: Especies reintroducidas con éxito.

- Fórmula de cálculo: Especies reintroducidas en terreno al final del proyecto-Especies reintroducidas al inicio del proyecto.

- Unidad de medida: Número de especies

Folio005248

- Periodicidad de la medición del indicador: Una vez.

- Dimensión: Técnica.

8. PLAN DE ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS DEL ESTUDIO

Firma de contrato

Contratacion de personal

Cierre de Proyecto

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS DEL ESTUDIO

10. TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA ELABORACIÓN DEL DISEÑO DEL ESTUDIO

I.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la Estrategia Regional de Biodiversidad propuesto por CONAMA (2002), se establece un plan de acción para la conservación de la biodiversidad aplicado específicamente a la Región de Antofagasta, originado a partir de previos lineamientos para una política ambiental regional. En el plan se proponen 5 pasos, consistentes en medidas de conservación in situ, educación y concientización, impulso de la investigación, acceso de la información y finalmente, recuperación de especies y ecosistemas. A partir de este, se genera una serie de estudios en la zona para evaluar aquellas zonas definidas sitios prioritarios, de los cuales se incluyen la Península de Mejillones (BIOTA, 2005, 2019; CREA, 2003; UNARTE, 2006), Desembocadura del Río Loa en la costa de la Región, además de otros de alta relevancia sugeridos por expertos, como la zona costera de Paposo (BIOTA, 2005, 2018; INIA, 2008; UNARTE, 2005, 2006, 2007).

Finalmente, se promulga el plan RECOGE de la flora costera del norte de Chile (DS 44/2018; MMA), en el que se propone mejorar el estado de conservación de al menos 20% de las especies incluidas en el plan y mantener el resto. Esto implica mitigar las amenazas detectadas y aumentar la protección efectiva y recuperación de dichas especies de plantas. En el contexto de este plan, se ejecuta el proyecto "Diagnóstico y conservación de la flora de la costa de la Región de Antofagasta", en el que se hace una revisión de las especies presentes en la zona de estudio junto a una priorización de estas, para determinar aquellas más importantes en términos evolutivos y de distribución restringida. Esto va

Folio005249

acompañado de un plan piloto de conservación ex situ, propagación y reintroducción de estas especies en la zona costera de la Región.

Si bien esta primera aproximación es realizada con éxito, es de gran importancia tomar esta experiencia para empezar a generar iniciativas que estudien a mayor profundidad los procesos que permitirían una restauración más eficiente de estos ecosistemas utilizando otras especies importantes en ecosistemas presentes en la zona costera de la región de Antofagasta.

9. PROBLEMA SOCIAL QUE BUSCA SOLUCIONAR

La flora de la costa del norte de Chile se encuentra actualmente afectada por una serie de amenazas, las cuales fueron identificadas por el Grupo de Elaboración del plan RECOGE del Ministerio del Medio Ambiente usando la metodología de estándares abiertos para la conservación (EAC), usando como base la información generada el año 2014 por la consultoría "Propuesta de Plan nacional de recuperación, conservación y gestión de la flora asociada a formaciones vegetacionales costeras del norte de Chile" realizada por la consultora Cultam, la cual generó a través de una serie de talleres participativos en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama, una lista priorizada de amenazas para la flora costera. Una vez realizado este análisis de amenazas, el Grupo de Elaboración estableció un orden de éstas de acuerdo a su prioridad, que en forma decreciente de relevancia son:

1) Cambio climático

2) Actividades productivas a gran escala que ingresan al SEIA

3) Turismo y actividades motorizadas fuera de ruta

4) Extracción de flora costera (plantas y semillas) para fines comerciales

5) Extracción de flora costera (plantas y semillas) con fines científicos

6) Obras civiles

7) Ganadería extensiva

8) Expansión urbana

9) Aumento de los herbívoros nativos

10) Actividades productivas a pequeña escala.

Como resultado de un detallado análisis realizado en una serie de reuniones y talleres de la mesas por la conservación de la biodiversidad regional, compuesta por servicios públicos, sector académico y sociedad civil organizada, y en base a información generada por especialistas (BIOTA, 2010), se han propuesto una serie de soluciones para minimizar, controlar o erradicar las amenazas antrópicas a la flora costera, entre las que destacan: a) manejo de ganado doméstico, b) fiscalización ambiental, c)

Folio005250

creación y funcionamiento de áreas protegidas y d) control de colectas científicas a través de la implementación y difusión de protocolos. Cabe señalar que estas actividades ya están siendo desarrolladas por los servicios públicos y coordinadas en el marco de las mesas regionales. Sin embargo, estas acciones resultan insuficientes, debido a la magnitud de las amenazas naturales que siguen presionando a la flora. La amenaza más importante en la zona, el cambio climático, es un problema de alta complejidad imposible de abordar directamente. Más aún, la mecánica de afectación en que el cambio climático modifica a la humedad costera aún no es clara. En este sentido, la única evidencia disponible de la disminución de la niebla costera se basa en datos históricos entre 1960 al 2008, en que se observa una declinación de la cobertura nubosa en estas décadas, la cual es aún más marcada en menores latitudes (Schulz et al., 2012). Además de esto, no hay mayor información sobre como esta disminución afecta la humedad relativa, a su variación temporal, altitud, etc. Es posible proyectar que esta disminución de cobertura nubosa puede tener un efecto en la flora nativa, pero al no conocer los efectos directos en estas especies, no es posible establecer los sitios o especies más amenazadas, por lo que no es posible priorizar esfuerzos de conservación para evitar pérdidas de biodiversidad debido a esta amenaza. Se ha reportado la mortandad masiva de individuos de cactáceas in situ (Macaya-Berti & Bustamante-Monroy, 2009; Schulz et al., 2011), aunque es posible que estas extinciones locales también se repitan en otros grupos de plantas no tan fácil de observar. En este sentido, una cantidad importante de especies de familias distintas a las cactáceas han visto reducida su distribución en la costa del norte de Chile (ver ejemplos en Schulz et al., 2011), las cuales a pesar de que no forman un paisaje conspicuo de remanentes secos como si se observa en la familia cactácea, es posible de que el grado de perdida sea aún mayor.

A lo anterior se suma la falta de conocimiento de las interacciones ecológicas en las comunidades de lomas del norte de Chile. Es sabido que en ecosistemas con recursos limitantes dan como resultados más interacciones positivas entre las distintas especies de plantas (Fernández et al., 2010; Pablo C. Guerrero et al., 2012; J. Gutiérrez, 2001). De esta manera, en ecosistemas mediterráneos, es común observar un mayor efecto nodriza que en ecosistemas templados o tropicales. Por lo tanto, es esperable observar esta interacción en ecosistemas de zonas hiperáridas, pero la disminución de humedad que al parecer está extinguiendo especies claves para el desarrollo de las comunidades puede estar gatillando una serie de extinciones en especies dependientes de atrapanieblas vegetales.

La segunda amenaza en importancia que se observa en la zona de estudio corresponde a las actividades productivas a gran escala que entran al SEIA. A pesar de que estas se encuentran sometidas al cumplimiento de la legislación vigente, para lo cual se deben hacer cargo de los potenciales impactos ambientales significativos, en la práctica no es compensado debido la escasa normativa para la protección de la flora nativa, falta de acceso de información técnica de los evaluadores de los servicios públicos, medidas de mitigación, recuperación y compensación con bajo respaldo científico respecto a estas especies, además de la insuficiencia de instrumentos de planificación territorial y baja superficie de áreas protegidas (MMA, 2018). Por ejemplo, el DS N°68/2009 (MINAGRI) protege las

Folio005251

formaciones vegetales compuestas de especies originarias del país, por lo cual cualquier intervención de estas conlleva un plan de manejo para rescatar o restaurar ecosistemas de esta naturaleza. Sin embargo, el bajo conocimiento técnico en la propagación de las especies en la costa del norte de Chile, sin mencionar el aún menor conocimiento sobre la dinámica ecosistémica y restauración ecológica de la vegetación en la zona, ha impedido a quienes llevan a cabo proyectos ambientales la ejecución de planes de compensación ambiental de formaciones xerofíticas.

Las amenazas restantes, al igual que la anteriormente descrita, son posibles de contener combinando políticas públicas con toma de decisiones basadas en conocimiento científico y técnico. A pesar de esto, al corto plazo la conservación in situ puede ser difícil de abordar, además de que puede conllevar altos costos económicos. De manera adicional, el cambio climático es una amenaza ubicua imposible de atacar directamente, para la cual no es posible combatir mediante conservación in situ. En este escenario, la conservación ex situ (e.g. conservación de germoplasma), resulta una opción muy oportuna de considerar para las especies bajo amenaza. Mediante este método, se puede conservar a largo plazo y relativamente bajo costo a las especies mencionadas, protegidas así de las amenazas encontradas en el territorio y dejándolas adicionalmente disponibles para la investigación, propagación y posterior reintroducción.

POLÍTICAS SECTORIALES GENERALES Y/O ESPECÍFICOS, MARCO INSTITUCIONAL Y PLANES REGIONALES DE GOBIERNO.

Ley N° 19.175, Orgánica Constitucional Sobre Gobierno y Administración Regional

Este estudio permite generar información valiosa que contribuye a asumir la tarea de los gobiernos regionales descrita en el Art. N° 17, letra c), a saber "fomentar y velar por la protección, conservación y mejoramiento del medio ambiente, adoptando las medidas adecuadas a la realidad de la región, con sujeción a las normas legales y decretos supremos reglamentarios que rijan la materia".

Estrategia Regional de Desarrollo 2009-2020

El estudio se enmarca en el lineamiento 3 "Región Sustentable" de la Estrategia Regional de Desarrollo 2009-2020, donde se propone proteger el medio ambiente y sus recursos naturales, promoviendo la sustentabilidad del territorio.

A través de este lineamiento se reconoce las particularidades geográficas y sociales de la región, junto con establecer que existen presiones de las actividades económicas sobre los recursos naturales, especialmente sobre los recursos hídricos y biodiversidad. En particular este lineamiento plantea en su objetivo nº 2. iv. "diseñar e implementar programas para la recuperación de las especies de flora y fauna amenazadas o sobreexplotadas de la Región", lo que concuerda a cabalidad con lo que se pretende abordar en este estudio.

Folio005252

Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica (2003)

El objetivo general de esta Estrategia es conservar la biodiversidad del país, promoviendo su gestión sustentable, con el propósito de resguardar su capacidad vital y garantizar el acceso a los beneficios para el bienestar de las generaciones actuales y futuras. El lineamiento estratégico "Conservación ex situ" propone establecer un programa de conservación ex situ como herramienta para la recuperación de poblaciones de especies de flora y fauna donde es factible y efectivo y eficiente lograr esta recuperación, lo que se ajusta a cabalidad con el objetivo del estudio propuesto a financiamiento.

Estrategia Regional de Biodiversidad (2002)

Por su parte, la Estrategia Regional de Biodiversidad, define en su líneas de acción v), la recuperación de especies y ecosistemas en peligro .El ámbito de acción de esta Estrategia invita a desarrollar proyectos de conservación (en particular ex-situ) en biodiversidad.

Plan Regulador Intercomunal del Borde Costero de la Región de Antofagasta PRIBCA (2004)

El PRIBCA, instrumento de planificación territorial de carácter normativo, establece para los sectores con presencia de ecosistemas costeros importantes del punto de vista florístico, los usos de suelo, "Zona de Protección Ecológica I y II", restringidos de manera tal de no comprometer el valor ambiental y patrimonial de estos sectores.

Macrozonificación del Borde Costero de la Región de Antofagasta (2012; actualmente en trámite de aprobación por parte de la Comisión Nacional del Uso del Borde Costero)

Gran parte de los territorios con vegetación relevante, del borde costero de la región, incluido en los límites de Macrozonificación quedaron establecidos, como Zonas Preferentes de Relevancia Ecológica y para la Conservación de la Naturaleza. Estas áreas corresponden a sectores con sensibilidad en algunos de sus componentes ambientales, reflejado en la fragilidad de ambientes específicos y la necesidad de protección para asegurar las condiciones que hacen posible la evolución y el desarrollo de las especies y ecosistemas. Este estudio contribuye generando información científica y técnica, así como la determinación y aplicación de acciones de manejo sustentable, que permitirían aportar a mantener las condiciones de relevancia ecológica de estos ecosistemas.

Plan RECOGE (D.S. 44/2018 [MMA])

El Plan de Recuperación, Conservación y Gestión de la flora costera del norte de Chile tiene como meta que, en 20 años de ejecución, se mejore el estado de conservación de al menos 20% de las especies incluidas en dicho Plan, mientras que el resto mantenga su condición actual. Esto implica mitigar las amenazas que afectan a la flora y aumentar la protección efectiva y recuperación de dichas especies de plantas. Las especies incluidas en este Plan consiste en aquellas que se encuentran en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama y se encuentren en algún estado de conservación de amenaza del RCE, incluyendo en esto "Vulnerable", "En Peligro" y "Peligro Crítico".

ANÁLISIS Y/O REFERENCIA DE LA INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Folio005253

Existen numerosos trabajos inventariando la flora de la costa de la Región de Antofagasta, en los cuales el número de especies varía según el autor y el área de estudio. Se revisaron todos estos trabajos para registrar las especies de la flora de la zona. En el Cuadro a continuación se indican aquellos trabajos publicados.

N°	Título	Cita
a)	*Journal des observations physiques, mathématiques et botaniques*	Feuillée (1725b)
	Voyage dans l'Amérique méridionale	Orbigny (1847)
	Voyage Autour du Monde	Gaudichaud (1851)
	Colectores varios e.g. H. Cumming, T. Bridges, A. Borchers, A. Larrañaga, L. Darapsky	-
b)	Viage al Desierto de Atacama	Philippi (1860)
c)	*Grundzüge der pflanzenverbreitung in Chile*	Reiche (1907)
	Ein frühlingsausflug in das küstengebiet der Atacama (Chile)	Reiche (1911)
d)	*Studies in the Boraginaceae*	Johnston (1927, 1928a)
	Papers on the flora of northern Chile	Johnston (1929)
	Some notes on the flora of northern Chile	Johnston (1930)
	New records for the flora of the nitrate coast	Johnston (1932)
	A study of the Nolanaceae	Johnston (1936)
	Astragalus in Argentina, Bolivia and Chile	Johnston (1947)
e)	Excursiones botánicas a los alrededores de Tocopilla	Jaffuel (1936)
f)	*Community structure and diversity in a coastal fog desert in northern Chile*	Rundel y Mahu (1976)
g)	Perspectiva de Morro Moreno como área silvestre protegida	Oltremari et al. (1987)
h)	*Flora and vegetation of Pan de Azucar National Park in the Atacama Desert of northern Chile*	Rundel et al. (1996)
i)	La vegetación natural de Chile	Gajardo (1994)
j)	Catálogo de la flora vascular de la Segunda Región (Región de Antofagasta), Chile	Marticorena et al. (1998)
k)	*The Solanaceae of the lomas formations of coastal Peru and Chile*	Dillon (2005)
l)	Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile	Luebert y Pliscoff (2006, 2018)

Folio005254

N°	Título	Cita
m)	Relaciones florísticas entre oasis de neblina del desierto costero del norte de Chile	Larraín (2007)
n)	Observaciones sobre la flora y vegetación de los alrededores de Tocopilla (22ºS, Chile)	Luebert et al. (2007)
o)	Contribución al conocimiento de la flora endémica de Taltal y Paposo, Región de Antofagasta (II), Chile	Finger y Teillier (2010)
p)	Catálogo de las plantas vasculares de Chile	Rodríguez et al. (2018)
q)	Sistema de información botánica andina	TFM (2020)

En el Cuadro a continuación se exponen los trabajos de investigación no publicados, realizados en la zona de estudio.

N°	Título	Cita
a)	Estrategia regional y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la Región de Antofagasta	CONAMA (2002)
b)	Línea base de biodiversidad de la Península de Mejillones, sitio prioritario para la conservación. II Región de Antofagasta	CREA (2003)
c)	Levantamiento de información, estudio de línea base e instrumento legal para la conservación de la biodiversidad en los sitios priorizados en la ERB: Aguas Calientes IV y sector costero de Paposo, II Región de Antofagasta	UNARTE (2005)
d)	Estudios de línea base e instrumento legal para la conservación de la biodiversidad amenazada en los sitios prioritarios de la ecorregión del borde costero de la II Región	BIOTA (2005)
e)	Elaboración de un plan de manejo de los sitios prioritarios de la estrategia regional de biodiversidad: Península de Mejillones y sector costero de Paposo, II Región de Antofagasta	UNARTE (2006)
f)	Guía de manejo para la conservación de la biodiversidad: Península de Mejillones	GeoExplora (2006)
g)	Relevamiento de la flora de la Reserva Nacional La Chimba	Pinto (2007)
h)	Situación actual de la flora nativa de la localidad de Paposo, Comuna de Taltal - II Región, y su relación con el aumento de la presencia de ganado caprino	UNARTE (2007)
i)	Programa de manejo en conservación ex situ en el sitio prioritario sector costero de Paposo	INIA (2008)

Folio005255

N°	Título	Cita
j)	Catastro de formaciones xerofíticas en sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, en la Región de Antofagasta.	Squeo et al. (2010)
k)	Diseño y ejecución de un plan de preservación para la flora amenazada del sitio prioritario sector costero de Paposo, Región de Antofagasta	BIOTA (2010)
l)	Estudio de línea base Quebrada Miguel Díaz	LEVS (2010)
m)	Desarrollo vegetacional en la Reserva Nacional La Chimba, Año 2011	Pinto (2011)
n)	Diagnóstico y evaluación de la Estrategia Regional de Conservación de la Biodiversidad, Región de Antofagasta	(MMA, 2013a)
o)	Base de datos de especies y especímenes de la flora costera del norte de Chile	BIOTA (2018)
p)	Caracterización de flora y vegetación de la Reserva Nacional La Chimba.	BIOTA (2019)

IDENTIFICACIÓN DE LOS POTENCIALES USUARIOS DE LA INFORMACIÓN Y SU RELACIÓN CON EL O LOS PRODUCTOS DEL ESTUDIO

Los potenciales usuarios de la información que se va a generar a través de este estudio corresponden, en primer lugar, a la Comisión de Evaluación y los servicios públicos con competencias ambientales directas en estas materias, es decir, la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente, la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura, el Servicio Agrícola y Ganadero, la Corporación Nacional Forestal y el Servicio de Evaluación Ambiental. Estas instituciones se relacionan directamente con el diagnóstico y la conservación de la flora costera, mediante sus labores y actividades, en particular, con los productos generados por el estudio.

En segundo lugar, otros potenciales usuarios de la información son las I. Municipalidades de Tocopilla, Mejillones, Antofagasta y Taltal y sus Honorables Concejos, el Gobierno y Consejo Regional de Antofagasta, entre otros, permitiendo con ello orientar las decisiones de las autoridades.

Por último, potenciales usuarios corresponden a empresas privadas de la región, Organizaciones No Gubernamentales, Universidades y la comunidad en general interesada en el tema abordado. En este sentido, los productos generados por el estudio, pueden ser un insumo para futuros estudios, investigaciones, programas y proyectos a desarrollar.

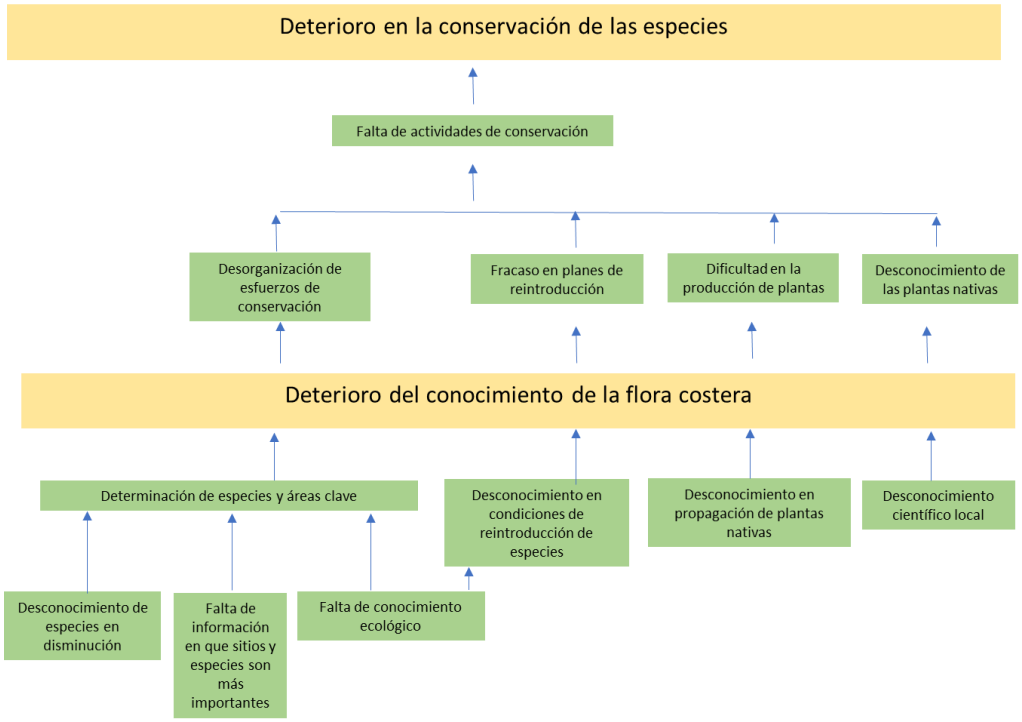
INSTITUCIONES QUE SERÁN CONTRAPARTE TÉCNICA DEL ESTUDIO

La institución que participará como asesor técnico del estudio corresponde a la Secretaria Regional Ministerial del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta.

IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

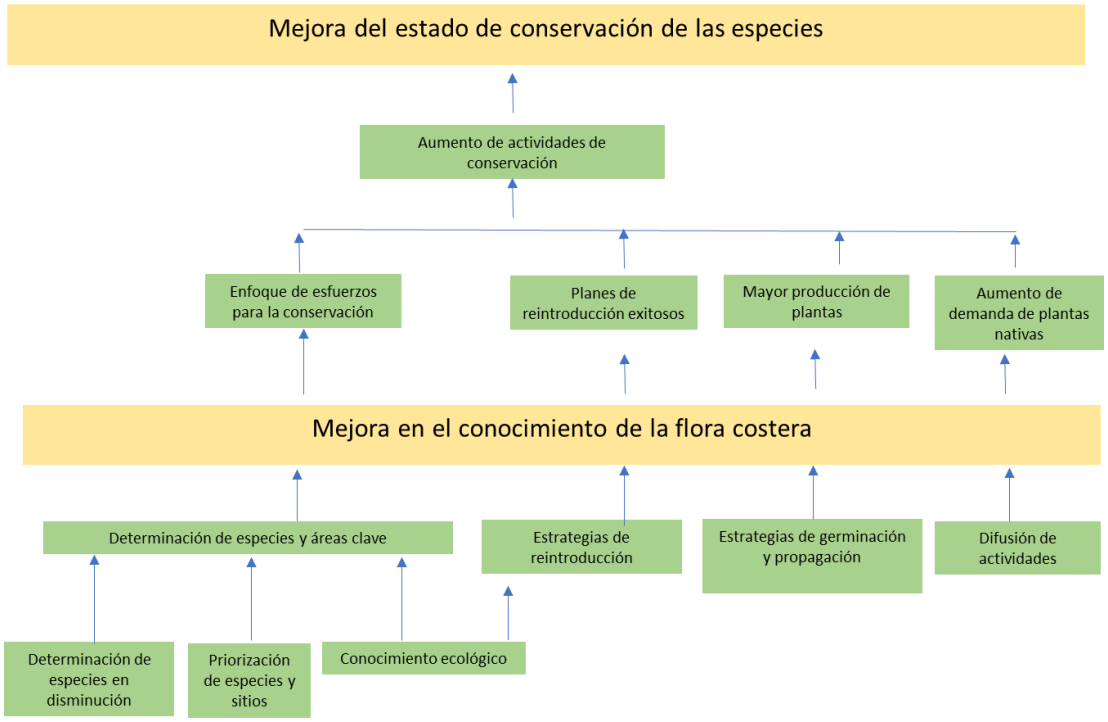
Árbol de problemas.

Folio005256



Árbol de objetivos

Folio005257



II.- OBJETIVO GENERAL

Mejorar el conocimiento actual sobre las especies en peligro de extinción en la costa de la Región de Antofagasta para impulsar su cultivo y promover la restauración ecológica.

III.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

3.2 Objetivos específicos

1.- Recopilar y corroborar información de la flora de la flora costera de la Región de Antofagasta, identificando aquellas especies que hayan disminuido su distribución o abundancia según fuentes de información.

2.- Actualizar la priorización espacial y de especies.

3.- Estudiar la ecología de las especies priorizadas en la actualización y aquellas que efectivamente hayan disminuido su distribución, incluyendo clasificaciones respecto a rasgos funcionales y usos prácticos por el hombre.

4.- Proponer un programa de enriquecimiento de plantas nativas presentes en viveros locales, en el que se realicé un seguimiento del crecimiento y la fenología.

Folio005258

5.- Definir e implementar un plan de restauración ecológica para las especies de la flora costera más afectadas por el cambio climático y factores antrópicos.

6.- Transferir el conocimiento generado a la comunidad y actores relevantes de la zona para aumentar la valoración de la flora costera de la región.

IV.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

El espacio definido para la realización de este estudio corresponde a la intersección de los límites de la Región de Antofagasta con las formaciones vegetacionales de definidas por Gajardo (1994) como "Desierto costero de Taltal" y "Desierto costero de Tocopilla" (Figura 453).

V.- IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES QUE SE VAN A MEDIR, CONTROLAR Y/O ANALIZAR

Las variables a considerar en este estudio corresponden a:

- Número de especies en declive
- Número de comunidades identificadas
- Valores relacionados a variables ambientales (temperatura, humedad relativa, precipitación)
- Fenología mensual
- Germinación
- Tasa de crecimiento en especies propagadas
- Supervivencia y desarrollo de especies en los ensayos de reintroducción

VI.- IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES

Objetivo específico 1: Recopilar y corroborar información de la flora de la flora costera de la Región de Antofagasta, identificando aquellas especies que hayan disminuido su distribución o abundancia según fuentes de información.

i. Búsqueda de información en publicaciones, informes de investigación, estudios del SEA o similares, sobre especies amenazadas. Se deben identificar las especies a las cuales se le ha indicado algún grado de declinación (abundancia o distribución), ya sea por confirmación empírica o falta de datos actualizados.

ii. Incorporar información de rasgos funcionales de las especies priorizadas en el estudio INIA (2019-2023) a partir de la bibliografía, tales como ciclo de vida, hábito, tamaño, tipo de raíz, textura y tamaño de hojas, órganos de reserva, entre otros.

Folio005259

iii. Señalar usos humanos de las especies priorizadas, tales como usos medicinales, alimenticios, combustible, ornamental u otros.

Objetivo específico 2: Actualizar la priorización espacial y de especies.

i. Definir áreas prioritarias, esta vez integrando los resultados inéditos obtenidos en el estudio INIA (2019-2023).

ii. Definir especies prioritarias a partir del catastro de especies más amenazadas del estudio INIA (2019-2023), esta vez considerando herramientas moleculares. Para esto último, se usará el paquete U.PhyloMaker de R para crear una filogenia con las especies e indicadores de la historia evolutiva de las especies para indicar su relevancia.

Objetivo específico 3: Estudiar la ecología de las especies priorizadas en la actualización y aquellas que efectivamente hayan disminuido su distribución, incluyendo clasificaciones respecto a rasgos funcionales y usos prácticos por el hombre.

Para generar los datos sobre ecología de las especies, al igual que para corroborar aquellas especies en declive, se realizarán al menos 4 salidas a terreno en que se deberá:

i. Medir en terreno aquellas comunidades vegetales en que se encuentran las especies objetivo, muestreando en parcelas florísticas datos de abundancia y relaciones interespecíficas observables.

ii. Medición de variables ambientales, tales como temperatura, humedad relativa o condiciones de suelo asociadas a las especies objetivo y comunidades de interés. En detalle, estas son:
-Humedad relativa y temperatura: Se medirán usando sensores iButton (Hubbart et al., 2005).
-Precipitaciones: eventos históricos de precipitaciones se verificarán a partir de registros en estaciones meteorológicas.
-Condiciones de suelo: Se realizarán análisis de suelo para verificar características físicas de este en lugares determinados.
-Microorganismos: La relación de plantas con microorganismos se determinará tomando muestras y aislándolas en un laboratorio.

iii. Determinar daños por herbivoría o perturbaciones antrópicas.

iv. Colecta de organismos asociados, tales como polinizadores o epifitas.

Folio005260

v. Colecta de semillas de especies priorizadas.

A partir de la información recopilada, se debe informar como resultados:

i. Listado de especies que se han visto afectadas por perturbaciones de cualquier naturaleza, y que por lo tanto presentan disminución en su distribución o abundancia.

ii. Usando información ambiental, se debe indicar rango de temperaturas, precipitaciones o humedad relativa para cada especie de interés, usando para esto metodologías de modelación de nicho. También indicar especies asociadas, posibles relaciones de facilitación, condiciones de sustrato, topografía, etc.

iii. Listado de comunidades o tipo de vegetación encontrado, indicando grado de perturbación a partir de la información obtenida por las especies en el punto anterior.

iv. Basado en la información obtenida en los pasos anteriores, se debe idear un plan de restauración o enriquecimiento ecosistémico, el cual se fundamente en la información obtenida.

Objetivo específico 4: Proponer un programa de enriquecimiento de plantas nativas presentes en viveros locales, en el que se realicé un seguimiento del crecimiento y la fenología.

Un porcentaje de las semillas colectadas será usado para conservación ex situ, mientras que otro será destinado a germinación y propagación de especies. Para esto último, se considerará lo siguiente:

i. Seguimiento del crecimiento de las especies, midiendo periódicamente el crecimiento después de la germinación, e indicando la fenología de los individuos incluso después del repique.

ii. Comparar la germinación y el crecimiento bajo distintas condiciones, para determinar las circunstancias óptimas para cada especie.

iii. Trabajar con viveros locales de la costa de la Región de Antofagasta para replicar las condiciones de cultivo de las especies en climas de la costa u otros.

Objetivo específico 5: Definir e implementar un plan de restauración ecológica para las especies de la flora costera más afectadas por el cambio climático y factores antrópicos.

Folio005261

Para el plan de restauración se utilizarán especies propagadas con éxito, siendo preferentemente especies amenazadas por disminución en su distribución. Para esto, se debe considerar lo siguiente:

i. Implementar medidas destinadas a evaluar las condiciones del sitio (tales como exposición, altitud, humedad, niebla, sombra, riego, uso de protección, rocas nodrizas, hoyaduras, mejora de suelo, uso de gel, etc.)

ii. Implementar medidas destinadas a evaluar parámetros inherentes a las especies de plantas (como edad/tamaño de las plantas, distanciamiento, nucleación, combinaciones de especies, sucesión ecológica, etc.)

iii. En ambos tipos de restauración, se deben comparar tratamientos para identificar aquellos con mejores resultados.

iv. Se debe evaluar al menos el crecimiento, supervivencia y especies colonizadoras debido a las medidas implementadas.

Objetivo específico 6: Transferir el conocimiento generado a la comunidad y actores relevantes de la zona para aumentar la valoración de la flora costera de la región.

Los resultados obtenidos serán difundidos a través de las siguientes modalidades:

i. Un manual de identificación, propagación de plantas y restauración de ecosistemas en la costa del desierto, con recomendaciones de metodologías basadas en los resultados obtenido en este y otros estudios realizados en la zona.

ii. Dos seminarios de difusión de los resultados para dar a conocer a la comunidad las actividades realizadas.

iii. Dos boletines que informen sobre los resultados obtenidos en este estudio.

iv. Artículos científicos y presentación en congresos.

VII.- IDENTIFICACIÓN DE RESULTADOS Y/O PRODUCTOS ESPERADOS

Los productos que se esperan en este estudio corresponden a:

a. Listado de especies en disminución.

b. Priorización actualizada de sitios y especies.

Folio005262

c. Especies priorizadas clasificadas en función de rasgos funcionales y usos humanos.

d. Sistematización de la información ecológica de las especies, incluyendo requerimientos, fenología y condiciones óptimas de crecimiento.

e. Viveros locales enriquecidos con especies nativas.

f. Un diseño de un plan de restauración.

g. Un documento de difusión de resultados para todo público.

h. Realización de dos seminarios de difusión.

i. Un boletín técnico o publicación que informe los resultados de la revisión bibliográfica y los datos tomados en terreno.

j. Un boletín técnico o publicación que informe los resultados del plan de restauración.

VIII.- EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo será conformado por:

- Jefe de proyecto: Quien estará a cargo de tomar decisiones relevantes de la ejecución del proyecto.
- Coordinador del proyecto: Persona encargada de contactar a las contrapartes técnicas, organizar reuniones y otras actividades de relevancia logística.
- Encargado de terreno: Persona a cargo del muestreo en las campañas de terreno y de realizar las colectas de semillas.
- Encargado propagación: Persona responsable de diseñar ensayos de germinación y propagación de plantas.
- Encargado de restauración: Persona responsable de diseñar plan de restauración y de su ejecución, incluyendo planificación logística.
- Apoyo técnico en terreno: Recolección y procesamiento de semillas, toma de datos.
- Apoyo técnico en laboratorio: Asistente en germinación y propagación.

IX.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Semestre					
	1	2	3	4	5	6
Recopilación de antecedentes	X					

Folio005263

Actividades	Semestre					
	1	2	3	4	5	6
Entrega del informe I		X				
Determinación de especies objetivo, requerimientos ambientales y catastro de comunidades		X				
Entrega del informe II		X				
Diseño plan de restauración			X			
Primer seminario de difusión			X			
Ejecución plan de reintroducción y restauración				X	X	X
Elaboración del material de difusión				X	X	X
Segundo seminario de difusión					X	
Entrega del informe final III						X

X.- IDENTIFICACIÓN DE MECANISMOS DE DIFUSIÓN

Se consideran las siguientes actividades de difusión: dos seminarios de difusión para exponer a la comunidad los resultados del estudio. También se entregarán dos boletines técnicos, un manual de difusión. Por último, difundirán resultados en congresos y en revistas científicas.

XI.- DEFINICIÓN DE INFORMES

Informe I:

-Recopilación de antecedentes

-Plan de trabajo detallado

Informe II:

-Datos ecológicos

-Priorización de áreas y especies

-Primeros resultados de germinación y propagación

Informe III

Resultados finales

Folio005264

VII OBJETIVO 7: "Difundir a la comunidad y autoridades, los resultados del estudio."

Como objetivo de difusión, el proyecto busca mostrar avances y resultados a la comunidad. Para esto, existen diversas propuestas de difusión que contempla este estudio. Estas incluyen boletines informativos, insertos en diarios locales, talleres de trabajo y seminarios, entre otras actividades adicionales realizadas. Se presenta en detalle cada una de ellas.

VII.1 Boletines informativos

Según las bases del estudio, el ejecutor del proyecto debe entregar dos boletines de difusión bajo determinadas características. El primer boletín de difusión debía ser presentado durante el segundo semestre del año 2021. Sin embargo, debido a la situación de la pandemia y al hecho de que se trata de un material impreso, la fecha de entrega tuvo que ser modificada a solicitud de la contraparte técnica del estudio. Finalmente, se comprometió su entrega para el periodo anterior al Informe N°3, que correspondía a enero de 2022. Este acuerdo quedó registrado en la Resolución N° 25/2021 del Gobierno de Antofagasta.
El segundo boletín se encontraba comprometido para el sexto semestre, pero debido a la extensión del proyecto, éste se entregó en octubre del 2023.

VII.1.1 Boletín N°1

El primer boletín informativo en formato impreso fue distribuido por vez primera durante el segundo seminario de presentación de avances del estudio, que tuvo lugar el 30 de noviembre de 2021. Se imprimieron 1000 copias en total, las cuales se distribuyeron entre diversas organizaciones y eventos, entre ellos la Fundación Taltal Sustentable, la reunión del PNUD en Taltal, la Escuela Hogar E-104, el Taller de Alfarería de la Escuela Hogar, la Unión Comunal de Juntas de Vecinos de Taltal, los miembros de la Fundación Interacciones y el Seminario del proyecto FIC Regional "Plantas del desierto costero y su utilidad para la remediación de suelos contaminados por metales", organizado por la Universidad Arturo Prat.
El diseño y contenido de este primer boletín informativo fueron desarrollados por el equipo ejecutor del proyecto (INIA) y posteriormente validados por la contraparte técnica del estudio (SEREMI MMA Antofagasta).
Este boletín sintetiza los progresos del proyecto, abordando diversos aspectos, desde el contexto geográfico y la situación de la flora costera en la región de Antofagasta, hasta su relevancia, objetivos e hitos clave, así como la metodología empleada y los resultados obtenidos para alcanzar estos hitos. También contiene preguntas relacionadas con el contenido que fueron formuladas a dos expertos botánicos conservacionistas, el Dr. Pablo Guerrero y Luis Faundez. Además, incluye un glosario que explica el significado de los términos utilizados, especialmente los acrónimos y siglas.

Folio005265

Adicionalmente, una versión digital del boletín está disponible en el archivo " Boletin Informativo N°1.pdf" en el Anexo digital y se puede acceder en línea a través de la biblioteca digital de INIA: https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/68330.

VII.1.2 Boletín N°2

El segundo boletín informativo fue entregado por primera vez en un formato preliminar durante el segundo seminario de difusión que tuvo lugar el 4 de octubre del 2023. Para esto se imprimieron 100 ejemplares, los cuales se entregaron a los asistentes y representantes de organizaciones locales.
El contenido de este boletín incluye una presentación del Gobernador Regional, Ricardo Díaz Cortés y un prólogo del SEREMI de Medio Ambiente de Antofagasta, Gustavo Aarón Riveros Adasme. La información incluida consiste en la composición de la flora costera y como esta se distribuye en la zona de estudio. También se incluyen resultados de como la niebla afecta la distribución de las especies. De los resultados obtenidos en este estudio, se comenta en resumen el diagnóstico de la flora realizado, la propagación de las plantas y la reintroducción de estas en la naturaleza.
También se incluye información sobre las actividades realizadas con escuelas locales, el establecimiento de jardines en las ciudades, y otros resultados del estudio, como el descubrimiento de una nueva especie, reintroducción de especies localmente extintas, nuevos hallazgos de las presencias de las especies y resultados de clasificaciones de especies bajo el RCE.
Adicionalmente, una versión digital del boletín está disponible en el archivo "Boletín Informativo 2.pdf" en el Anexo digital.

VII.2 Insertos en diarios locales

De acuerdo con las bases del estudio, fueron comprometidos tres insertos en diarios locales, los cuales debían ser entregados el segundo, cuarto y sexto semestre respectivamente. Los requisitos y condiciones de elaboración de estos fueron cumplidos de acuerdo a lo solicitado en dichas bases.

VII.2.1 Inserto N°1

El 13 de diciembre de 2020, se publicó un publirreportaje en el suplemento de ediciones especiales del diario local "El Mercurio de Antofagasta", que detalla los hitos, objetivos, etapas del plan de trabajo y avances relacionados con el desarrollo del estudio en curso (Figura 454). Este relato incluye declaraciones del SEREMI del Medio Ambiente, el director regional del INIA, el centro regional Intihuasi y la jefa del proyecto, Dra. Carolina Pañitrur De la Fuente.

Folio005266

Además, el publirreportaje contiene una invitación y un enlace de acceso al primer seminario sobre el contexto y los avances del estudio, que se llevó a cabo el 15 de diciembre a través de la plataforma virtual Zoom. El reportaje de alta calidad se encuentra disponible en el archivo "Inserto N°1.pdf" en el Anexo.

GOBIERNO REGIONAL

Investigación permitirá **conservar ex situ especies de flora costera** más amenazadas de la región de Antofagasta

Figura 454. Primer inserto en diario local.

VII.2.2 Inserto N°2

El miércoles 29 de diciembre de 2021, se publicó un artículo en la página 29 del Diario "La Estrella de Antofagasta" que destacó los avances del proyecto. El título de este artículo es "Proyecto del Ministerio del Medio Ambiente busca valorizar y conservar la Flora costera de la región de Antofagasta" (Figura 455). En este artículo se subraya la importancia de conservar la flora costera de la Región de Antofagasta, debido a sus características únicas de endemismos y su exposición a amenazas tanto naturales como humanas, lo que motivó la iniciativa del MMA de llevar a cabo el estudio actual.

Folio005267

El artículo incluye una declaración del SEREMI del MMA de la Región de Antofagasta, quien resalta la singularidad de las especies de flora nativa que habitan en la región y el objetivo de conservar a largo plazo el material genético de 100 especies, propagar 40 de ellas y reintroducir 10 en su hábitat natural.

Se proporciona información sobre el área de estudio, el número total de especies presentes y el número de especies censadas. Además, el director regional de INIA Intihuasi destaca que, según las pautas del estudio, se han conservado hasta la fecha 137 de las 100 especies previstas, con 60 de ellas propagadas. También se menciona que el listado de especies a censar fue validado por los actores clave identificados en las bases del estudio, al igual que la metodología para priorizar especies y áreas.

El artículo incluye imágenes de flora emblemática, como *Heliotropium jaffuelii* y *Rimacactus laui*. Se ilustran también otras especies, como *Plantago johnstonii*, *Copiapoa krainziana*, *Asplenium peruvianum*, *Tillandsia tragophoba* y *Griselinia carlomunozii*, todas ellas ubicadas en la formación vegetacional Desierto costero de Taltal. El taxónomo del Banco Base de INIA subraya la importancia de conservar estas especies, que representan misterios biogeográficos cuyos parientes más cercanos se encuentran en los Andes de la Puna, aislados por el desierto de Atacama. Además, se muestra una imagen que presenta una amplia variedad de semillas recolectadas para este estudio. Por último, se hace mención al segundo seminario de presentación de avances del estudio FNDR, indicando los invitados e hitos principales. El reportaje en calidad optima se encuentra en el archivo “Inserto N°2.pdf” del Anexo.

PROYECTO DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE BUSCA PONER EN VALOR Y CONSERVAR LA FLORA COSTERA DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA

Figura 455. Segundo inserto en el diario local.

VII.2.3 Inserto N°3

Con fecha 4 de octubre de 2023 fue publicado en el suplemento de ediciones especiales del diario local El Mercurio de Antofagasta, el tercer inserto en el diario comprometido para el estudio (Figura 456). Este da cuenta de la proporción de especies conservadas actualmente en el Banco Base de Semillas del INIA, y las consecuencias que esto presentan a la conservación de los ecosistemas de la costa de la Región de Antofagasta. La importancia de los resultados es comentada por el SEREMI de MMA y por la SEREMI de MINAGRI de la Región de Antofagasta.
También se destaca el descubrimiento de una nueva especie de planta logrado en este estudio, correspondiente a *Diplostephium paposanum*, y el rescate de otras especies raras como *Heliotropium jaffuelii*. Estos hitos son comentados por la jefa de proyecto.
Por último, se mencionan las actividades en conjunto con los estudiantes del Liceo Domingo Latrille de Tocopilla, con quien se realizaron acciones de educación ambiental mientras se monitoreaba el mantenía el cultivo de especies en la Quebrada Quillagua.

Al final se incluye una invitación y link de acceso al seminario de cierre del proyecto que se realizó el 4 de octubre vía plataforma virtual Youtube. El reportaje en calidad optima se encuentra en el archivo “Inserto N°3.pdf” del Anexo.

137 ESPECIES DE PLANTAS DESÉRTICAS AMENAZADAS SON PROTEGIDAS EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA

Figura 456. Tercer inserto en el diario local.

VII.2.4 Inserto N°4

Con fecha 17 de octubre del 2023 se publicó en el suplemento de actualidad de El Mercurio de Antofagasta, una nota sobre los logros obtenidos en el proyecto realizado. En el titulo se indica que 137 especies se encuentran conservadas en el Banco Base de Semillas del INIA, y en el texto se menciona las especies propagadas y las reintroducidas en hábitat bajo el contexto del proyecto. En este reportaje también se incluyen palabras de la jefa del proyecto, Carolina Pañitrur; del SEREMI de MMA, Gustavo Riveros; el gerente general de Aguas Antofagasta, Carlos Méndez y la SEREMI de MINAGRI, Celia González.

Se destaca la experiencia obtenida en el seminario de cierre, y algunas actividades realizadas junto a actores locales relevantes.

EL MERCURIO
DE ANTOFAGASTA
Martes, 17 de Octubre de 2023

Proyecto de conservación de la flora nativa de la región evita extinción de 137 especies amenazadas

Figura 457. Segundo inserto en el diario local.

VII.3 Seminarios

VII.3.1 Seminario N°1

Para la realización del seminario, se realizó una convocatoria que reuniera a la comunidad relacionada con el tema, por lo que esta fue anunciada en medios locales. Para la reunión en si, se realizaron tres charlas exponenciales sobre distintos temas relacionados a la flora de Antofagasta.
En la instancia del Seminario, se realizaron tres presentaciones, descritas a continuación:

a) Presentación de los avances del “Estudio FNDR Diagnóstico y conservación de la flora costera, Región de Antofagasta

Llevada a cabo por el investigador de INIA MSc. Sergio Ibañez Browne, quien explica metodología, el plan de trabajo y los avances a la fecha, correspondientes a los objetivos específicos.

Folio005271

b) Antecedentes generales de la flora y vegetación del Desierto Costero del norte de Chile

Llevada a cabo por el profesor de botánica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y Gerente Técnico de la consultora BIOTA, el ingeniero agrónomo Luis Faundez. En esta presentación se expuso la información levantada para la generación del Plan de Recuperación, Conservación y Gestión de la flora costera del norte de Chile, además de una actualización de la línea base de flora y vegetación de la flora presente en la Reserva Nacional La Chimba.

c) Relictos en la flora costera de Antofagasta

Llevada a cabo por el académico del Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile a cargo del PhD Federico Luebert, quien obtuvo este año su máxima categoría en su carrera académica como profesor titular, Ingeniero forestal y Doctor de la Universidad de Berlín en Alemania. La presentación fue una revisión de los casos de especies o grupos presentes en la costa del Desierto de Atacama que poseen distribución aislada. Esta presentación tuvo que ser reproducida como video grabado previamente, debido a que el expositor no pudo estar conectado en el horario del evento.

En la instancia se contó con 74 asistentes (Cuadro 133) pertenecientes al público objetivo identificado, correspondientes a servicios públicos, ONGs, universidades y centros de investigación con competencia e interés en la conservación de la flora costera de la Región de Antofagasta. Se desarrolló íntegramente conforme al programa cumpliendo los tiempos estipulados para cada actividad.
Posterior a la instancia se envió a cada asistente y convocado el link de acceso al video del Seminario, disponible en el canal de Youtube de INIA Chile: https://www.youtube.com/watch?v=u9I3GMUN-J0
En esta instancia no aplican los acuerdos ya que se trata de una presentación de avances del estudio FNDR y presentaciones de trabajos de expertos externos relacionados al estudio. Todas las preguntas, observaciones y sugerencias hechas tanto por la audiencia como por los expositores para el proyecto serán consideradas y discutidas entre el equipo ejecutor y contra parte técnica del estudio para su aplicación.

Cuadro 133. Listado de asistentes al primer seminario de difusión.

1. Wilfredo Alfaro
2. Carlos Guerra-Correa
3. Pablo Cortes
4. Arami Silva
5. Andres Castillo
6. Mauricio Mora
7. Lorena Herrera
8. Weier Cui
9. Gilda Herrera
10. Claudia Frez
11. Cecilia Smith

Folio005272

12. Salomé Córdova
13. Marisol Castro
14. Fernanda Orellana
15. Alexandra Araya
16. Eric Ibacache
17. Sofía Beltrán
18. Juana Zunino
19. Juan Vicencio
20. Alejandro Santoro
21. María Teresa Serra Vilalta
22. Claudio Henríquez
23. Moises Grimberg
24. Carlos Iriarte
25. Erika Tapia
26. Italo Masferrer
27. Hibert Huaylla Limachi
28. Elisabeth Mayveht Castañeda Apablaza
29. Guillermo Cisternas Valenzuela
30. Josefina Hepp
31. Carlos Cares
32. Gilda Herrera
33. Agustín Campos
34. Diego Sepúlveda
35. Evelyn Camus
36. Eliana Belmonte
37. Nadia Henríquez
38. Marielly López
39. David Ramos
40. Katerine Mora
41. Alvaro parra
42. Mirna Aguilar
43. Osvaldo Chávez
44. Francisco Gómez
45. Tatiana Cisternas
46. César Pizarro
47. Diego Cortés
48. Javier Pardo
49. Emilio Ricci
50. Patricia Meneses
51. Belen carrillo
52. Naldy Miranda
53. Patricio Lillo
54. Johana Navarro
55. Diane Trigo Zepeda
56. Mauricio Lea
57. Monica Rubio
58. Roberto Contreras
59. Felipe Pérez
60. Claudia Acevedo
61. María Hinojosa
62. Marcos Acosta Contreras
63. Enrique Miranda
64. Claudia Hernández
65. Jenny Frías
66. José Luis Gutiérrez

Folio005273

67. Jorge Carabantes
68. Juan Contreras
69. Mauricio Vargas
70. Cristina Parra Vergara
71. Roxana Gutiérrez
72. Sebastián Mundaca
73. Ivory Alarcón
74. Pedro Echeverría

Fuente: Datos propios.

VII.3.2 Seminario N°2

El segundo seminario de presentación de avances tuvo lugar el 30 de noviembre de 2021 y se llevó a cabo tanto de forma presencial como en línea. Esta modalidad combinada se eligió en consideración a las condiciones sanitarias, que continuaban siendo afectadas por la pandemia de COVID-19 durante el cuarto trimestre de ejecución del estudio. Según las bases del estudio, esta fecha correspondía al momento oportuno para la realización del segundo seminario de avances.
En este seminario se realizaron las siguientes charlas:

a) Flora costera de la Región de Antofagasta: Avanzando hacia su valoración y conservación.

Dictada por la jefa del proyecto, Carolina Pañitrur, esta charla corresponde a una introducción del estudio, resaltando los objetivos y algunos resultados obtenidos hasta la fecha.

b) Plantas vasculares endémicas de la Región de Antofagasta y vacíos de conservación

Esta presentación realizada por Marcelo Rosas, investigador de la Universidad de Concepción, que consiste en indicar las falencias existentes en el conocimiento de la flora vascular de la zona de Antofagasta, destacando la necesidad de aumentar el conocimiento sobre esta usando herramientas adecuadas para el actual nivel de conocimiento, tales como los estudios moleculares. Se indica la necesidad de mejorar esto para optimizar los esfuerzos de conservación de esta flora.

Folio005274

c) Avances en el área de propagación del estudio FNDR Diagnóstico y conservación de la flora costera de la Región de Antofagasta

La presentación realizada por Ana Sandoval, encargada de propagación del proyecto, expone los resultados de los estudios de germinación y propagación de plantas colectadas de la zona de estudio obtenidos hasta el momento. Se muestran los casos más importantes de especies priorizadas en el estudio.

d) Norte Grande: Un "hotspot" de *Nolana* (Solanaceae) en el lugar más seco de la tierra

Esta presentación es realizada por Michael Dillon, curador del Departamento de Botánica del Field Museum de Chicago, y habla sobre las generalidades del género *Nolana* en el norte de Chile. Se muestra la diversidad del género, sus particularidades, además de otras especies de interés de la zona de estudio.

e) Paposo – Taltal, un micro-hotspot de biodiversidad y la reedición de la flora de Iván M. Johnston

En esta charla de Andrés Moreira, investigador de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, se exponen resultados obtenidos de trabajos de flora realizados en la zona de estudio, incluyendo una compilación de investigaciones biogeográficas del Desierto de Atacama. También hace mención a la reedición por parte de su equipo de la publicación sobre las plantas de la costa del desierto de Atacama publicada en 1929 por Ivan M. Johnston.

La parte presencial del seminario se desarrolló en el Salón auditorio de Aguas de Antofagasta, mientras que la versión en línea se transmitió a través de la plataforma Zoom INIA. En total, participaron 143 asistentes, con 113 de ellos asistiendo de forma remota y 43 de manera presencial. En el Anexo V se proporciona el acta, el listado de asistentes presenciales y remotos, el programa, material gráfico promocional y la invitación al Seminario 2021. A los asistentes presenciales se les obsequió un recuerdo del proyecto, que consistió en una libreta y un lápiz ecológico, además del primer boletín informativo impreso, que consta de 30 páginas en papel couché.
La convocatoria se extendió a la comunidad relacionada con la conservación y protección de los recursos naturales renovables, incluyendo universidades, servicios públicos, científicos, investigadores, conservacionistas, instituciones educativas y municipalidades, entre otros. La invitación se distribuyó a través de correo electrónico y las redes sociales institucionales, con material gráfico promocional elaborado por el Ministerio del Medio Ambiente.
Después de enviar la información, se llevó a cabo un seguimiento de las confirmaciones de asistencia presencial, ya que el aforo estaba limitado a 40 personas, mientras que los asistentes en línea debían registrarse previamente a través de un formulario de registro (Cuadro 134).

Folio005275

Posterior a la instancia se envió a cada asistente y convocado las presentaciones y el link de acceso al video del Seminario, disponible en el canal de Youtube de INIA Chile y en Facebook de Aguas de Antofagasta. Disponible en:

https://www.youtube.com/watch?v=mJjZsLH7aFk&t=7s

https://www.facebook.com/Aguas.Antofagasta/videos/444136653953411

Cuadro 134. Listado de asistentes al segundo seminario de difusión.

ASISTENTES ZOOM
1. Bárbara Larrain
2. Maria Serra
3. Vladimir Pinto
4. Pedro Zamorano Molina
5. Raquel Pinto
6. Cristian Martin Quintana
7. Rene Kurte
8. Nayú Añaños
9. Milena Cabrera
10. María José Harder Rodríguez
11. Diego Carmona
12. Soo Hip
13. Joaquín Antonio Gómez Duque
14. Nikki Martin Choquecota Castillo
15. Beatriz Ramirez
16. Paola Poch
17. Paola Flores
18. Alex Oporto
19. Ursula Suazo
20. Natalia Gutierrez
21. Pablo Castillo
22. Karen Arias
23. Charif Tala
24. Gissel Alday
25. Rocío Pizarro
26. Alexandra Papasideris
27. Juan Rojas Pallero
28. Arami Silva
29. Patricia Vergara
30. Sebastian Palacios
31. Jorge Páez
32. Carolina Gamboa
33. Angélica Salvatierra
34. Constanza Fariña
35. Juan Mauricio Contreras
36. Johana Navarro Honores
37. Fernanda Nuñez
38. Valeria Pereira
39. Cristian Araneda
40. Cristopher Schulbe
41. Leonora Rojas
42. Pilar Arevalo Leon
43. Francisca Diaz

Folio005276

44. Pamela Fuentes
45. Carolina Véjar
46. Gina Arancio
47. Enrique Miranda Franulić
48. Veronica Saavedra
49. Ignacio Fortunate
50. Juan Pablo Contreras
51. Paola Barrios
52. Aira Faúndez
53. Julia Rubio Astudillo
54. Werther Marcoleta
55. Loreto De la Cerda
56. Nicolas Lavandero
57. Emilio Aguirre
58. Lorena Escudero
59. Barnett Bustamante
60. Tatiana Cisternas
61. Carmen Trujillo
62. Eric Ibacache
63. Roberto Contreras
64. Javiera Chinga
65. María José Espejo Cortes
66. José Luis Gutiérrez Alvarado
67. Javier Pardo
68. Rita Girón
69. Enrique Ostria-Gallardo
70. Josefina Hepp
71. Tania Flores
72. Olga Salas
73. Alejandro Santoro
74. Juan Manuel Galvez
75. Jhon Muñuico
76. Jaime Sanhueza
77. Katherine Alarcón
78. Jaime Cuevas
79. Magdalena Villagran
80. Paola Hernandez
81. Yassna Constanzo
82. Jocelyn Tapia Carvajal
83. Javiera Alvarez
84. Lorena Herrera
85. Irina Salgado
86. Benjamín Crestá
87. Claudia Hernández
88. Mayte Cortés González
89. Jorge Muñoz
90. Constanza Ávila
91. Luis Faúndez Yancas
92. Pedro Echeveste
93. Juan Manuel Galvez
94. Mailing Lam
95. Tomás Barra
96. Daimo Villegas
97. Maximino Villarroel
98. Miguel Maldonado

Folio005277

99. Lorena Escudero
100. Felipe González
101. Angélica Vivallo
102. Marielly López
103. Carlos Gatica
104. Rodolfo Rojas
105. Gustavo Saavedra
106. Fernando Campos
107. Ernesto Cisternas
108. Roxana Gutiérrez
109. Carlos Manríquez
110. Diane Trigo Zepeda
111. Agueda González Araos
112. Jorge Carabantes
113. Mauricio Soriano

ASISTENTES PRESENCIALES

1. Cristina Parra
2. Anahí Encina
3. Agustín Llagostera
4. Francisco Sepúlveda
5. Alejandra Ramírez
6. Stefan Burger
7. Carlos Guerra
8. Yohanna Abarzua
9. Loreto Cavieres
10. Rodolfo Rojas
11. Carolyn Ávila
12. Macarena Games
13. Ester Lara
14. Verónica Bravo
15. Miguel Lagos
16. Mauricio Soriano
17. Gustavo Saavedra
18. Jocelyn Tapia
19. Roberto Villablanca
20. Leonel Sánchez
21. Gonzalo Bravo
22. Agueda Gonzalez Aros
23. Carolina Pañitrur
24. Marcos Acosta
25. Sergio Ibañez
26. Ana Sandoval
27. Pilar Pacheco
28. Osvaldo Díaz
29. Katherine Duncan
30. Luis Maldonado

Fuente: Datos propios.

Folio005278

VII.3.3 Seminario N°3

El tercer seminario de cierre tuvo el objetivo de exponer los resultados finales del proyecto a modo de cierre de la investigación. Las invitaciones fueron realizadas por el SEREMI de MMA a actores locales relevantes. A pesar de que se tenía planeado realizar cinco charlas, una de ellas fue cancelada debido a que iba a ser realizada por María José Hinojosa de la ONG Taltal Sustentable, y su asistencia no fue posible debido a problemas personales. Las charlas realizadas fueron las siguientes:

a) Flora costera de la Región de Antofagasta: Avanzando hacia su conservación, valoración y restauración.

Realizada por Carolina Pañitrur, directora del proyecto, en esta charla resume los objetivos del proyecto, exponiendo el estado de flora en la zona de estudio y los resultados obtenidos en el estudio. Se muestran actividades principales y algunos datos de relevancia.

b) Biodiversidad de plantas en la costa de Antofagasta; su composición, ecología y conservación.

Realizada por Sergio Ibáñez, encargado de conservación, en esta charla se cubre en detalle la metodología y resultados obtenidos en los primeros objetivos del proyecto. Se muestra la revisión de la información, catastro de la flora, priorización de áreas y especies y el diagnostico de las especies más amenazadas. Por último, se mencionan los resultados obtenidos en la primera parte del plan piloto, consistente en el plan de conservación ex situ de las semillas.

c) Propagación de plantas de la zona costera de la Región de Antofagasta.

En esta charla realizada por Ana Sandoval, encargada de propagación, se dan cuenta de los resultados obtenidos en el objetivo de implementación del plan piloto, específicamente la parte de propagación de plantas. Se muestra los protocolos necesarios para la germinación y propagación optima de las plantas priorizadas de la Región de Antofagasta.

d) Actividades de reintroducción de flora costera de la Región de Antofagasta.

Esta charla realizada por Gustavo Bolados, encargado de reintroducción, muestra el resultado del objetivo de implementación del plan piloto, específicamente la parte de reintroducción. Se da cuenta de los sitios usados para reintroducir, las especies usadas en cada sitio y los datos de seguimiento, tales como crecimiento y sobrevivencia.

Folio005279

El evento contó con la participación de 12 asistentes (Cuadro 135) que representaban una diversidad de sectores, incluyendo entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas y centros de investigación, todos ellos interesados en la conservación de la flora costera de la Región de Antofagasta. Durante el evento, se siguió rigurosamente el programa y se cumplieron los horarios previamente establecidos para cada actividad.

Todas las presentaciones fueron registradas y se facilitó a los asistentes un enlace para acceder a los videos correspondientes en el canal de YouTube de INIA Chile. Durante el evento, se recopilaron preguntas y sugerencias tanto de la audiencia como de los oradores, comentadas en vivo.

El video del seminario completo se encuentra en el siguiente enlace:

https://www.youtube.com/live/9WTjF8kYDKY?feature=shared

Cuadro 135. Listado de asistentes al segundo seminario de difusión.

ASISTENTES PRESENCIALES
1. Paola Muñoz Lobos
2. Ana Sandoval Sandoval
3. Gustavo Bolados Corral
4. Paola Agüero Espíndola
5. Sergio Ibáñez Browne
6. Carolina Pañitrur
7. Catalina Valdez Muñoz
8. Maritza Fernández Arroyo
9. Carolina Pañitrur De la Fuente
10. Tamara Añasco
11. Jenny Lagunas Jofré
12. Roger González Segovia

Fuente: Datos propios.

VII.4 Video

Se cumplió exitosamente con el objetivo de crear un video que documenta detalladamente todas las actividades relacionadas con el proyecto. Este video abarca desde los trabajos en terreno hasta los análisis de laboratorio, pasando por otras actividades, incluyendo entrevistas y cuñas de autoridades y actores locales relevantes para la conservación de la flora costera de la Región. En cuanto a la entrega de este producto, el consultor ha proporcionado diligentemente 100 copias del video en formato pendrive, de los cuales una parte fueron como regalo a los asistentes del tercer seminario de cierre de proyecto, mientras que los restantes fueron entregados a la contraparte técnica correspondiente a la SEREMI de MMA para facilitar así su distribución y acceso para todos los involucrados en el proyecto.

El video se encuentra en línea y con acceso libre para su visualización por parte de cualquier interesado en el siguiente enlace:

https://budeo.fromsmash.com/videoINIA02

VII.5 Letreros educativos

Entre los compromisos incluidos en el este proyecto, se incluía la instalación de tres letreros educativos tipo publicitarios, de acero galvanizado, instalados en la zona de estudio. Esto se realizó para difundir de manera concisa las actividades y resultados obtenidos en este estudio. en los sitios de plantación de las especies, donde se indica la información relativa a la situación actual de la flora costera de la Región de Antofagasta de manera muy resumida y clara para el entendimiento del público general, además de las especies usadas para la restauración del sitio de ubicación del letrero.

En total, se instalaron tres letreros para indicar información de cada sitio de plantación. Estos sitios se encuentran descritos en el Capítulo V del presente informe y uno corresponde a la Quebrada Quillagua cerca de la ciudad de Tocopilla, mientras que los otros dos se encuentran en el Cerro Mirador cerca de la localidad de Paposo. El letrero correspondiente a la Quebrada Quillagua contiene información específica sobre *Malesherbia tocopillana* y *Nolana clivicola* (Figura *458*) y fue instalado en la Plaza Alexis Sánchez de la ciudad de Tocopilla (Figura *461*). El letrero correspondiente a la parcela 1 del Cerro Mirador tiene información sobre *Dalea azurea* y *Puya boliviensis* (Figura *459*) y fue instalado al interior del Museo de Taltal (Figura *462*). El letrero correspondiente a la parcela 2 del Cerro Mirador tiene información sobre *Senna paposana* y *Apium panul* (Figura *460*), y fue instalado en el Jardín Urbano del Cerro de la Virgen en Taltal (Figura *463*).

Figura 458. Diagramación del cartel instalado en la ciudad de Tocopilla.

Figura 459. Diagramación del cartel 1 instalado en Taltal.

Figura 460. Diagramación del cartel 2 instalado en Taltal.

Folio005282

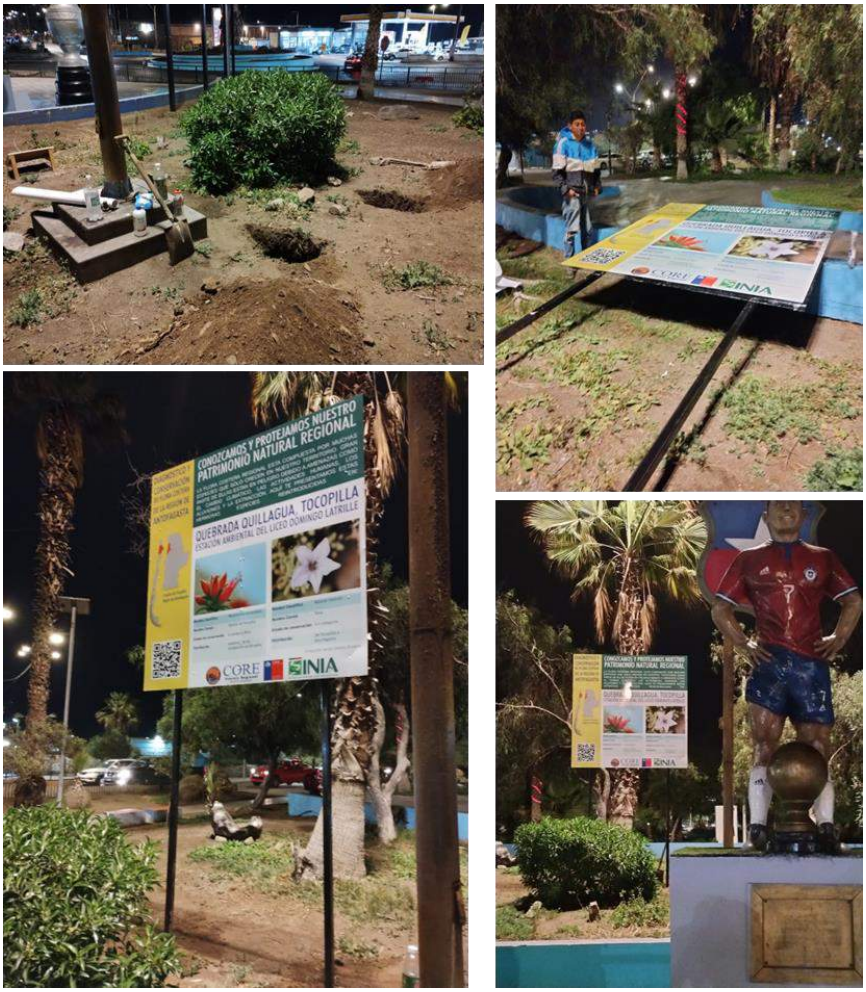


Figura 461. Proceso de instalación del letrero en la Plaza Alexis Sánchez.

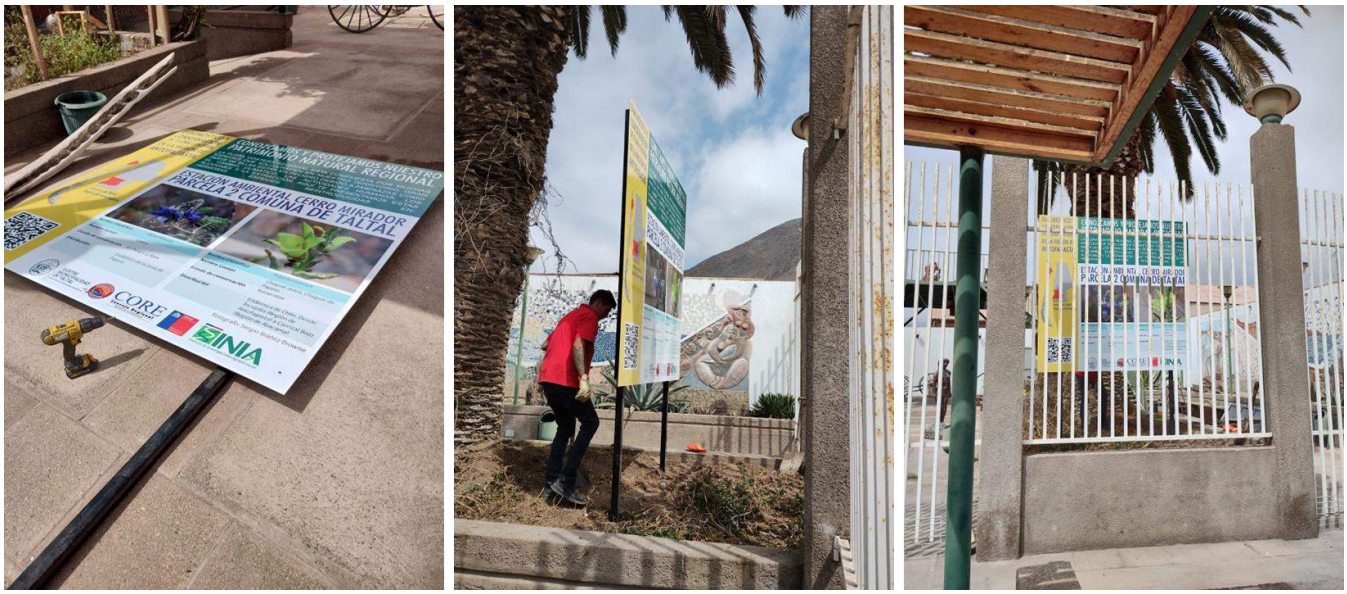


Figura 462. Proceso de instalación del letrero en la Plaza Alexis Sánchez.

Folio005283

Figura 463. Proceso de instalación del letrero en la Plaza Alexis Sánchez

VII.6 Otras actividades

VII.6.1 Entrevista radial SEREMI del Medio Ambiente y Michael Dillon

En forma adicional se realizó una entrevista radial al SEREMI del MMA y al PhD. Michael Dillon. La emisora a cargo corresponde a la radio de la Universidad de Antofagasta. La entrevista radial se realizó el 06 de diciembre de 2021 en las dependencias del campus Angamos de la Universidad de Antofagasta. En primera instancia el locutor pregunta a los entrevistados de donde nace junto al INIA el interés de poder realizar este trabajo. El seremi del MMA comenta que este estudio es financiado por el Gobierno regional de Antofagasta y tiene como objetivo diagnosticar el estado o situación de la flora costera, desde Tocopilla hasta Taltal, entendiendo que se trata de un hot spot de biodiversidad. Además, comenta que más allá del estudio de las especies que aquí se encuentran, se contempla la conservación, la propagación y reintroducción a través de un plan piloto de conservación *ex situ* que está siendo desarrollado por el equipo de expertos de INIA. El Locutor consulta al PhD. Michael Dillon cuál es su interés en esta área de estudio, a lo cual responde que desde el año 1983 que se encuentra realizando estudios de flora costera de Perú y el norte de Chile, ya que en ese año ocurrió el fenómeno del niño, luego en 1989 desde la Serena hasta Arica, desde donde pudo entender que la gran diversidad de especies se encuentra concentrada desde el Parque Nacional Pan de Azúcar por el sur, hasta caleta El Cobre por el norte y específicamente el género *Nolana*, perteneciente a la familia Solanaceae, el mismo de las Papas y Tomates, se manifiesta muy diverso en especies, muy

Folio005284

frecuente y abundante en esta área de estudio, por lo tanto desde el año 1988 que comienza a estudiar este género taxonómico en el área de estudio, continuando hasta la actualidad a través de su trabajo Monografía de *Nolana*, trabajo que aún no se ha publicado.

En la entrevista ambos invitados consignan que se trata de un trabajo que se debe realizar con una comunidad informada, es decir, se debe bajar la información a la comunidad para que se trabaje en forma conjunta en post de la conservación y protección del patrimonio florístico regional.

Figura 464. Fotografía de la entrevista radial realizada.

VII.6.2 Nota periodística de extracción ilegal y tráfico de especies de flora costera regional

Título: Cuantifican especies críticas de cactáceas que habitan en el desierto costero de la región de Antofagasta

Con la intención de aportar en la temática de conservación de la flora costera de la Región de Antofagasta y a propósito de la controversia acontecida por la extracción y tráfico internacional e ilegal de cactáceas provenientes del área de estudio, se realizó la gestión de publicación de una nota que contiene información relevante respecto a la caracterización de flora costera respecto a sus particularidades de hábitat restringido, poniendo en valor el patrimonio florístico, lo cual ha sido difundido a través del proyecto en talleres, reuniones, seminarios y boletines informativos. Se informa sobre los objetivos y líneas de acción para la conservación ex situ, propagación y reintroducción de especies seleccionadas. Las cuñas incluidas en esta nota se indican a continuación:

SEREMI del Medio Ambiente, “el objetivo es poder recuperar poblaciones de flora con alto riesgo de extinción, como complemento a las acciones de control y erradicación de sus principales amenazas, entre las que destaca, por

supuesto, la extracción de cactáceas para su comercialización. Si bien, las medidas implementadas directamente sobre las poblaciones son muy necesarias, estas deben ser acompañadas con difusión y educación, con el objetivo de poner en valor la flora costera del norte de país, un patrimonio valiosísimo, que no podemos perder".

Por su parte, el director regional INIA Intihuasi, Edgardo Díaz, señaló que INIA en apoyo MMA, desde el año 2008 ha levantado información relevante acerca del estado de conservación de la flora costera de la Región de Antofagasta para la construcción de planes y políticas de conservación de la flora costera como el "Plan de recuperación, conservación y gestión de la flora costera del norte de Chile" (D.S N°44/2018). Con este nuevo estudio F.N.D.R esperamos contribuir con la actualización de la información. Comenta, que la información levantada ha sido difundida y validada por el mapa de actores vinculados al estudio a través de talleres y seminarios de difusión que se seguirán realizando hasta el próximo año, fecha en que finaliza el estudio.

La jefe del estudio y encargada del Banco Base de Semillas de INIA, Dra. Carolina Pañitrur, agregó que el estudio contempla el resguardo de germoplasma de 100 especies de plantas nativas, seleccionadas y priorizadas según su grado de amenaza de extinción, aislamiento geográfico y unicidad genética. Además el ranking de priorización, se consideran 11 especies pertenecientes al género taxonómico *Eriosyce* y 23 especies del género taxonómico *Copiapoa*, donde se incluye las especies que fueron extraídas y traficadas ilegalmente el año 2020 y otras más sensibles y en grave condición de riesgo de extinción como *Copiapoa krainziana (*en peligro crítico), *Copiapoa solaris* (en peligro), cuya población ubicada en Caleta el Cobre se encuentra en estado crítico, debido probablemente al estrés hídrico causado por el cambio climático.

Esta nota se encuentra disponible en los siguientes canales:

Figura 465. Imágenes de las notas periodísticas realizadas.

Disponible en:

https://www.norteyenergia.cl/cuantifican-especies-criticas-de-cactaceas-que-habitan-en-el-desierto-costero-de-la-region-de-antofagasta/
https://www.soychile.cl/Antofagasta/Sociedad/2021/04/26/703392/Realizan-diagnostico-para-la-conservacion-de-la-flora-costera-en-Antofagasta-58-especies-se-encuentran-en-amenaza.aspx

VII.6.3 Reportaje sobre resultados taxonómicos del proyecto

Título: Descubren nueva especie de planta en Quebrada Botija

En un reportaje emitido el 14 de febrero en el canal regional Antofagasta TV, se da cuenta del descubrimiento de *Diplostephium paposanum*. En el reportaje, Gustavo Riveros, SEREMI de MMA Antofagasta, explica como el trabajo de INIA dio cuenta del descubrimiento de la especie. De igual manera, Ricardo Díaz, Gobernador de la Región de Antofagasta informa su satisfacción por la realización de este proyecto. Por último, se destaca el esfuerzo de estudiar la biodiversidad para mejorar el conocimiento en la zona.
El link del reportaje en Youtube se encuentra en el siguiente link:
https://www.youtube.com/watch?v=_YuKaDuhK30&ab_channel=antofagastatv30

VII.6.4 Donación de especies propagadas

Título: Comunicado de donación de plantas por parte del proyecto

El 28 de Julio se publicó en el portal web del Ministerio del Medio Ambiente la noticia denominada “SEREMI del Medio Ambiente dona especies de flora costera en categoría de conservación a Jardín Botánico de Aguas Antofagasta”. Esta actividad se enmarca en el área de propagación y plan piloto de conservación ex situ de la flora costera y es uno de los hitos del estudio. El objetivo de la donación es conservar y poner en valor, en el Jardín Botánico de Aguas de Antofagasta, un ejemplar de la especie *Dalea azurea* y un ejemplar de *Salvia tubiflora.* El Jardín Botánico de Aguas de Antofagasta cuenta con infraestructura y personal idóneos para el desarrollo de estas especies de flora costera en categoría de en peligro y vulnerable respectivamente según lo establecido en el Reglamento de Clasificación de Especies del Ministerio del Medio Ambiente.
De esta actividad se publicó un comunicado en el sitio web del Ministerio del Medio Ambiente, disponible en:
https://mma.gob.cl/seremi-del-medio-ambiente-dona-especies-de-flora-costera-en-categoria-de-conservacion-a-jardin-botanico-de-aguas-antofagasta/

Folio005287

Figura 466. SEREMI del Medio Ambiente, Gonzalo Bravo Cifuentes trasplantando ejemplar de la especie Salvia tubiflora, propagado por el estudio Diagnóstico y conservación de la flora costera, Región de Antofagasta.

VII.6.5 Jardines demostrativos

Una parte de las plantas propagadas se destinó a la promoción de la flora mediante la creación de jardines demostrativos. La divulgación de la flora busca fomentar su aprecio dentro de la comunidad. Estos jardines fueron establecidos en diversas ciudades costeras de la Región de Antofagasta. En la actualidad, ya se han instalado alrededor de 130 plantas pertenecientes a 11 especies en los jardines de la región. En total, se asignaron más de 400 plantas de 20 especies para este propósito. Las ubicaciones específicas, señaladas en la Figura 467, incluyen las ciudades de Tocopilla, Antofagasta y Taltal.

Folio005288

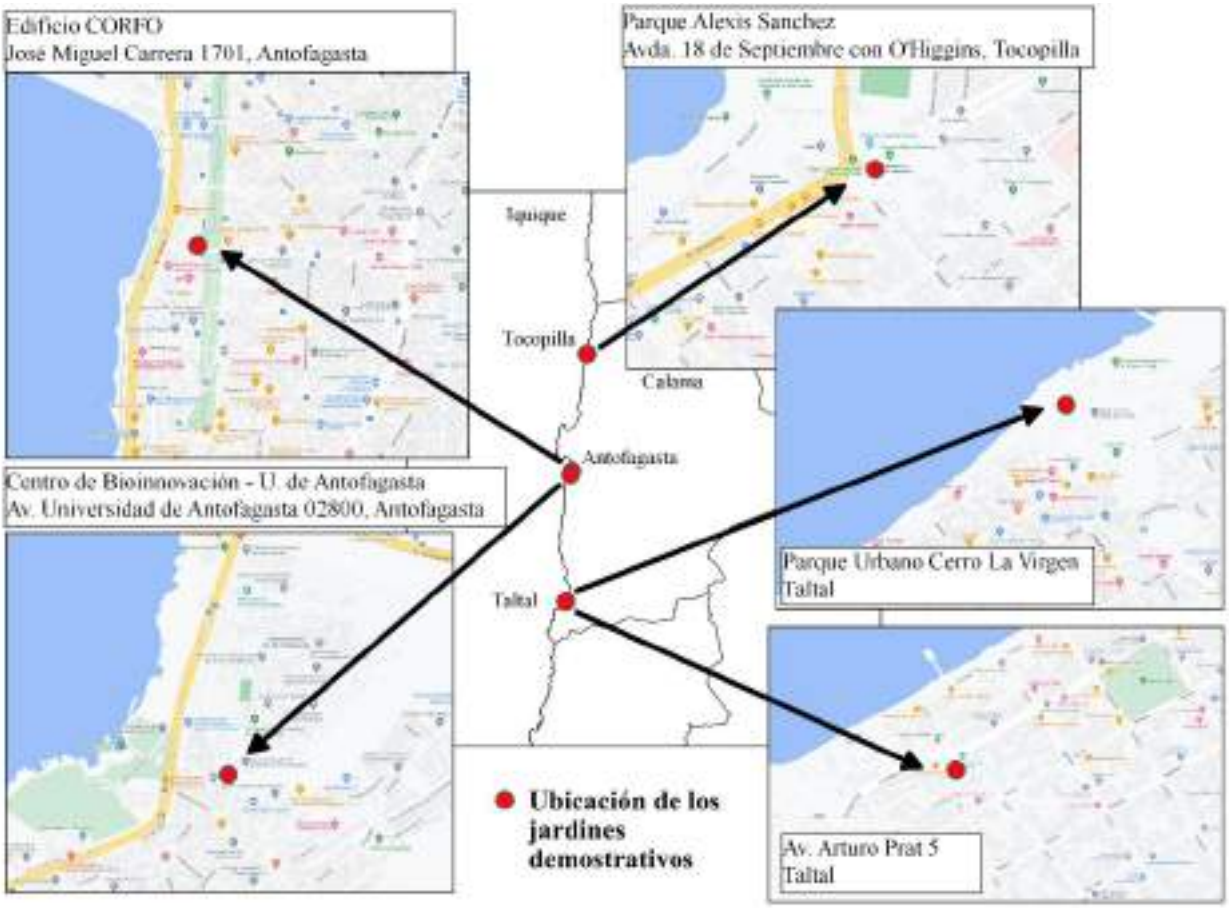


Figura 467. Ubicaciones de los cinco jardines demostrativos en la costa de la Región de Antofagasta.

a) Jardín demostrativo en Tocopilla

En Tocopilla, gracias al apoyo de la Ilustre Municipalidad de Tocopilla, unas 30 plantas de 6 especies fueron instaladas en un jardín ubicado en el Monumento a Alexis Sánchez, el cual quedó al cuidado del personal municipal.

b) Jardín demostrativo en Antofagasta

En Antofagasta, otros dos jardines demostrativos fueron instalados. El primero ubicado en el frontis del Edificio CORFO, cuenta en la actualidad con representantes de siete especies, a pesar de que lamentablemente las plantas de las especies más icónicas para la comuna incorporadas inicialmente, como es el caso de *Plantago nebularis*, *Nolana lachimbensis* y *Senecio antofagastanus*, no lograron establecerse. Un tercer jardín fue establecido recientemente en el Centro de Bioinnovación de la Universidad de Antofagasta. Plantas propagadas de la flora costera fueron también entregadas al Jardín Botánico de Aguas Antofagasta para que fueran incorporadas a su Jardín Regional, con el objetivo de dar a conocer la flora entre sus visitantes.

c) Jardín demostrativo en Taltal

Otros tres jardines fueron establecidos en Taltal, con el apoyo de la Ilustre Municipalidad de Taltal. El primero, ubicado en el Parque Urbano Cerro La Virgen, un segundo en el Museo Augusto Capdeville y un tercero en un jardín

Folio005289

infantil de la comuna. Nueve especies se encuentran representadas en estos tres jardines, incluyendo a un individuo de la especie recientemente descrita, gracias a su hallazgo durante el desarrollo de este proyecto, *Diplostephium paposanum*. Otros ejemplares de esta nueva especie fueron donados, junto a otras diez especies al Vivero Municipal de Taltal, con el fin de motivar el uso de la flora endémica en los espacios urbanos y en la educación ambiental de la comunidad.

Figura 468. Vista de algunos Jardines demostrativos. A) *Plantago nebularis*, plantado en jardín de Antofagasta, B) *Dicliptera paposana*.

Folio005290

REFERENCIAS

Acuña, R., & Weigend, M. (2017). A taxonomic revision of the western South American genus Presliophytum (Loasaceae). *Phytotaxa*, *329*(1), 51–68.

Al-Shehbaz, I. A. (2010). A synopsis of the genus Sibara (Brassicaceae). *Harvard Papers in Botany*, *15*(1), 139–147. https://doi.org/10.3100/hpib.v19iss2.2014.n1

Allmendinger, R. W., & González, G. (2010). Invited review paper: Neogene to Quaternary tectonics of the coastal Cordillera, northern Chile. *Tectonophysics*, *495*, 93–110. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.04.019

Arakaki, M., Christin, P. A., Nyffeler, R., Lendel, A., Eggli, U., Ogburn, R. M., Spriggs, E., Moore, M. J., & Edwards, E. J. (2011). Contemporaneous and recent radiations of the world's major succulent plant lineages. *PNAS*, *108*(20), 8379–8384. https://doi.org/10.1073/pnas.1100628108

Baeza, M., Barrera, E., Flores, A. R., Ramírez, C., & Rodríguez, R. R. (1998). Categorías de conservación de Pteridophyta nativas de Chile. *Boletín Del Museo Nacional de Historia Natural*, *47*, 23–46.

Belmonte, E., Faúndez, L., Flores, J., Hoffmann, A., Múñoz, M., & Teillier, S. (1998). Categorías de conservación de Cactáceas nativas de Chile. *Boletín Del Museo Nacional de Historia Natural*, *47*, 69–89.

Benoit, I. (1989). *Libro Rojo de la Flora Terrestre de la Flora de Chile*. CONAF.

BIOTA. (2005). *Estudios de línea base e instrumento legal para la conservación de la biodiversidad amenazada en los sitios prioritarios de la ecorregión del borde costero de la II Región*.

BIOTA. (2010). *Diseño y ejecución de un plan de preservación para la flora amenazada del sitio prioritario sector costero de Paposo, Región de Antofagasta*.

BIOTA. (2018). *Base de datos de especies y especímenes de la flora costera del norte de Chile*. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

BIOTA. (2019). *Caracterización de flora y vegetación de la Reserva Nacional La Chimba*.

Bray, J. R., & Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, *27*(4), 325–349. https://doi.org/10.2307/1942268

Bruna, A., & Larroucau, A. (2008). *Viaje al desierto de Atacama. Estudio Introductorio* (2° ed.). Cámara Chilena de la Construcción: Pontificia Universidad Católica de Chile - Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos.

Bull-Hereñu, K. (2020). The genus Malesherbia Ruiz & Pav. (Passifloraceae) in Chile. *Phytotaxa*, *468*(1), 1–44. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.468.1.1

Cabello, A., & Suazo, D. (2007). Algunos antecedentes sobre propagación del género Puya (Bromeliaceae) en Chile. *Revista Chagual*, *5*, 55–64.

Cabrera, A. L. (1949). El Genero Senecio en Chile. *Lilloa*, *15*, 27–501.

Cabrera, E., Hepp, J., Gómez, M., & Contreras, S. (2015). Seed dormancy of Nolana jaffuelii I. M. Johnst. (Solanaceae) in the coastal Atacama Desert. *Flora*, *214*, 17–23. https://doi.org/10.1016/j.flora.2015.05.004

Cai, W., Borlace, S., Lengaigne, M., Van Rensch, P., Collins, M., Vecchi, G., Timmermann, A., Santoso, A., McPhaden, M. J., Wu, L., England, M. H., Wang, G., Guilyardi, E., & Jin, F. F. (2014). Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change*, *4*(2), 111–116. https://doi.org/10.1038/nclimate2100

Cantalamessa, G., & Di Celma, C. (2005). Sedimentary features of tsunami backwash deposits in a shallow marine Miocene setting, Mejillones Peninsula, northern Chile. *Sedimentary Geology*, *178*, 259–273. https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2005.05.007

Cares, R. A., Muñoz, P. A., Medel, R., & Botto-Mahan, C. (2013). Factors affecting cactus recruitment in semiarid Chile: A role for nurse effects? *Flora*, *208*, 330–335. https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.04.005

Caviedes, C. N. (2007). Impacts of El Niño-Southern Oscillation on natural and human systems. In T. T. Veblen, K. R. Young, & A. R. Orme (Eds.), *The Physical Geography of South America* (pp. 305–321). Oxford University Press.

Cavieres, L. A., Arroyo, M. T. K., Posadas, P., Marticorena, C., Matthei, O., Rodríguez, R., Squeo, F. A., & Arancio, G. (2002). Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. *Biodivers. Conserv.*, *11*, 1301–1311. https://doi.org/10.1023/A

CDD. (2020). *Guía de Campo del Oasis de Niebla La Chimba*. Caminantes del Desierto.

Cereceda, P., Larrain, H., Osses, P., Farías, M., & Egaña, I. (2008). The climate of the coast and fog zone in the Tarapacá Region, Atacama Desert, Chile. *Atmospheric Research*, *87*(3–4), 301–311. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2007.11.011

Chacón, J., de Assis, M. C., Meerow, A. W., & Renner, S. S. (2012). From east Gondwana to Central America: Historical biogeography of the Alstroemeriaceae. *J. Biogeogr.*, *39*, 1806–1818. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2012.02749.x

Chauveau, O., Eggers, L., Souza-Chies, T. T., & Nadot, S. (2012). Oil-producing flowers within the Iridoideae (Iridaceae): evolutionary trends in the flowers of the New World genera. *Annals of Botany*, *110*, 713–729. https://doi.org/10.1093/aob/mcs134

Clark, K., Karsch-Mizrachi, I., Lipman, D. J., Ostell, J., & Sayers, E. W. (2016). GenBank. *Nucleic Acids Research*, *44*(D1), D67–D72. https://doi.org/10.1093/nar/gkv1276

CONAF. (2013). *Informe justificativo creación Monumento Natural Paposo Norte*.

CONAF. (2018). *Plan de Manejo Parque Nacional Pan de Azúcar*.

CONAMA. (2002). *Estrategia regional y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la Región de Antofagasta*.

CR2. (2020). *Centro del Clima y la Resiliencia; Explorador Climático. http://explorador.cr2.cl/ Último acceso: 28 de noviembre, 2018*. http://explorador.cr2.cl/

CREA. (2003). *Linea base de biodiversidad de la Península de Mejillones, sitio prioritario para la conservación. II Región de Antofagasta*.

Del Río, C., Garcia, J. L., Osses, P., Zanetta, N., Lambert, F., Rivera, D., Siegmund, A., Wolf, N., Cereceda, P., Larraín, H., & Lobos, F. (2018). ENSO influence on coastal fog-water yield in the atacama desert, Chile. *Aerosol and Air Quality Research*, *18*(1), 127–144. https://doi.org/10.4209/aaqr.2017.01.0022

Dias, E. F., Moura, M., Schaefer, H., & Silva, L. (2016). Geographical distance and barriers explain population genetic patterns in an endangered island perennial. *AoB PLANTS*, *8*, 1–17. https://doi.org/10.1093/aobpla/plw072

Dillon, M. O. (1991). A new species of Tillandsia (Bromeliaceae) from the Atacama Desert of northern Chile. *Brittonia*, *43*(1), 11–16.

Dillon, M. O. (2005). The Solanaceae of the lomas formations of coastal Peru and Chile. In R. C. Keating, V. C.

Hollowell, & T. B. Croat (Eds.), *"A Festschrift for William G. D'Arcy: The Legacy of a Taxonomist"* (pp. 131–156). Missouri Botanical Garden Press.

Dillon, M. O., Arancio, G., & Luebert, F. (2007). Five new species of Nolana (Solanaceae-Nolaneae) from Chile. *Arnaldoa*, *14*(2), 191–212.

Dillon, M. O., & Hoffmann, A. (1997). Lomas formations of the Atacama Desert, northern Chile. In S. D. Davis, V. H. Heywood, O. Herrera-McBryde, J. Villa-Lobos, & A. C. Hamilton (Eds.), *Centres of plant diversity, a guide and strategy for their conservation* (pp. 528–535). WWF and IUCN.

Dillon, M. O., Leiva-González, S., Zapata Cruz, M., Lezama Asencio, P., & Quipuscoa Silvestre, V. (2011). Floristic checklist of the peruvian lomas formations. *Arnaldo*, *18*(1), 7–32.

Dillon, M. O., & Muñoz-Schick, M. (1993). A revision of the dioecious genus Griselinia (Griseliniaceae), including a new species from the coastal Atacama Desert of northern Chile. *Brittonia*, *45*(4), 261–273. https://doi.org/10.2307/2807602

Dillon, M. O., & Rundel, P. W. (1990). The botanical response of the Atacama and Peruvian desert floras to the 1982-83 El Niño event. *Elsevier Oceanography Series*, *52*(C), 487–504. https://doi.org/10.1016/S0422-9894(08)70047-3

Douglas, A., & Freyre, R. (2006). Determination of Seed Germination Requirements in Nolana sp. *103rd Annual International Conference of the American Society for Horticultural Science New Orleans, Louisiana*, *41*(4), 1002. https://doi.org/10.21273/hortsci.41.4.998b

Egaña, I., Cereceda, P., Pinto, R., Larraín, H., Osses, P., & Farías, M. (2004). Estudio biogeográfico de la comunidad arbustiva del farellón costero de Punta Patache, Iquique, Chile. *Revista de Geografia Norte Grande*, *31*, 99–113. https://doi.org/10.1163/9789004382091_004

Ehrhart, C. (1997). Kritische Arten der Gattung Calceolaria aus Chile V. Zwei neue Arten. *Sendtnera*, *4*, 61–75.

Ehrhart, C. (1998). Senecio botijae - eine neue Art aus Chile. *Sendtnera*, *5*, 29–34.

Ellenberg, H. (1959). Über den Wasserhaushalt tropischer Nebeloasen in der Küstenwüste Perus. *Ber. Geobot. Forschungsinst. Rübel Zürich*, 47–74.

Etienne, M., & Prado, C. (1982). *Descripción de la vegetación mediante cartografía de ocupación de tierras: Conceptos y manual de uso básico*. Ciencias Agrícolas N°10. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales.

Fabris, H. A. (1968). Revisión del género "Proustia" (Compositae). *Revista Del Museo de La Plata*, *XI*, 23–49.

Falvey, M., & Garreaud, R. D. (2009). Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979-2006). *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, *114*, 1–16. https://doi.org/10.1029/2008JD010519

Fernández, I., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, J., Gómez, M., & Montenegro, G. (2010). *Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales*. Pontificia Universidad Católica de Chile - CONAF.

Feuillée, L. E. (1725a). *Histoire des plantes médicinales qui font le plus en usage aux Royaumes de l'Amerique Meridionale, du Perou & du Chily*. Chez Jean Mariette, ruë Saint Jacques, aux Colonnes d'Hercules.

Feuillée, L. E. (1725b). *Journal des observations physiques, mathématiques et botaniques* (Vol. 3, Issue 2). Chez Jean Mariette, ruë Saint Jacques, aux Colonnes d'Hercules. http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf

Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, *37*(12), 4302–4315. https://doi.org/10.1002/joc.5086

Finger, K., & Teillier, S. (2010). Contribución al conocimiento de la flora endémica de Taltal y Paposo, Región de Antofagasta (II), Chile. *Chloris Chilensis*, *13*(2). http://www.chlorischile.cl

Flores, J., Jurado, E., Chapa-Vargas, L., Ceroni-Stuva, A., Dávila-Aranda, P., Galíndez, G., Gurvich, D., León-Lobos, P., Ordóñez, C., Ortega-Baes, P., Ramírez-Bullón, N., Sandoval, A., Seal, C. E., Ullian, T., & Pritchard, H. W. (2011). Seeds photoblastism and its relationship with some plant traits in 136 cacti taxa. *Environmental and Experimental Botany*, *71*, 79–88. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.10.025

Follmann, G., & Weisser, P. (1966). Oasis de neblina en el norte de Chile. *Boletín de La Universidad de Chile*, *67*, 34–38.

Fries, A., Rollenbeck, R., Nauß, T., Peters, T., & Bendix, J. (2012). Near surface air humidity in a megadiverse Andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization. *Agricultural and Forest Meteorology*, *152*(1), 17–30. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.08.004

Fuentes, E. R., Jaksić, F. M., & Simonetti, J. A. (1983). European rabbits versus native rodents in Central Chile: effects on shrub seedlings. *Oecologia*, *58*, 411–414. https://doi.org/10.1007/BF00385244

Gajardo, R. (1983). *Sistema basico de clasificación de la vegetación nativa chilena*. CONAF - Universidad de Chile.

Gajardo, R. (1994). *La vegetación natural de Chile: Clasificación y distribución geográfica*. Editorial Universitaria.

Gajardo, R., & Luebert, F. (2000). Vegetación en los Andes áridos del norte de Chile. *Lazaroa*, *21*, 111–130. http://revistas.ucm.es/index.php/LAZA/article/viewFile/LAZA0000110111A/9432

García, N., & Luebert, F. (2005). Hallazgo de Malesherbia tocopillana Ricardi (Malesherbiaceae) en su localidad tipo. *Chloris Chilensis*, *8*(2). http://www.chlorischile.cl

García, P. A. (2013). *Estado de conservación de la flora vascular de la Región de Antofagasta, Chile*. Universidad de La Serena.

Garreaud, R. D., & Aceituno, P. (2007). Atmospheric circulation and climatic variability. In T. T. Veblen, K. R. Young, & A. R. Orme (Eds.), *The Physical Geography of South America* (pp. 45–59). Oxford University Press.

Garreaud, R. D., Molina, A., & Farias, M. (2010). Andean uplift, ocean cooling and Atacama hyperaridity: A climate modeling perspective. *Earth and Planetary Science Letters*, *292*(1–2), 39–50. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.01.017

Gaudichaud-Beaupré, C. (1851). *Voyage autour du monde exécuté pendant les années 1836 et 1837 sur la corvette "la Bonite"* (A. Bertrand (ed.)). Libraire de la Societé de Géographie.

Ge, X. J., Yu, Y., Yuan, Y. M., Huang, H. W., & Yan, C. (2005). Genetic diversity and geographic differentiation in endangered Ammopiptanthus (Leguminosae) populations in desert regions of northwest China as revealed by ISSR analysis. *Annals of Botany*, *95*, 843–851. https://doi.org/10.1093/aob/mci089

GeoExplora. (2006). *Guía de manejo para la conservación de la biodiversidad: Península de Mejillones*.

Godoy, M. (2014). La Placilla de Cachinal de la sierra y la minería de la plata en el sector meridional del despoblado de Atacama. Taltal, 1880-1900. *Estudios Atacameños*, *48*, 141–156. https://doi.org/10.4067/S0718-10432014000200010

Gold, K., León-Lobos, P., & Way, M. (2004). Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. *Boletín INIA*, *110*, 65.

Guerrero, P. C., Alves-Burgos, L., Peña-Gómez, F. T., & Bustamante, R. O. (2011). Positive photoblastic

response of seed germination in Eriosyce subgen: Neoporteria (Britton & Rose) Helmut Walter (Cactaceae). *Gayana Bot.*, *68*(1), 110–113. https://doi.org/10.4067/s0717-66432011000100013

Guerrero, P. C., León-Lobos, P., & Squeo, F. A. (2008). Priorización de las Especies Endémicas Presentes en la Región de Atacama : Unicidad Taxonómica y Grados de Endemismo. In F. A. Squeo, G. Arancio, & J. R. Gutiérrez (Eds.), *Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama* (Issue May 1990, pp. 339–346). Ediciones Universidad de La Serena.

Guerrero, P. C., Mardones, D., Viveros, N., Peña-Gómez, F. T., & Bustamante, R. O. (2016). Evolutionary change in the germination niche between related species within Neoporteria clade (Cactaceae) is idiosyncratic to habitat type. *Gayana Bot.*, *73*(2), 177–182. https://doi.org/10.4067/s0717-66432016000200177

Guerrero, P. C., Walter, H. E., Arroyo, M. T. K., Peña, C. M., Tamburrino, I., De Benidictis, M., & Larridon, I. (2019). Molecular phylogeny of the large South American genus Eriosyce (Notocacteae, Cactaceae): generic delimitation and proposed changes in infrageneric and species ranks. *Taxon*, *August*, 1–17. https://doi.org/10.1002/tax.12066

Guerrero, Pablo C., Carvallo, G. O., Nassar, J. M., Rojas-Sandoval, J., Sanz, V., & Medel, R. (2012). Ecology and evolution of negative and positive interactions in Cactaceae: Lessons and pending tasks. *Plant Ecology and Diversity*, *5*(2), 205–215. https://doi.org/10.1080/17550874.2011.630426

Gutiérrez, G. (2005). Hallazgo de Bipinnula taltalensis I.M.Johnston en Paposo (II Región de Antofagasta-Chile). *Chloris Chilensis*, *8*(1).

Gutiérrez, J. (2001). Importancia de los arbustos leñosos en los ecosistemas de la IV Región. In F. A. Squeo, G. Arancio, & J. R. Gutiérrez (Eds.), *Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo* (pp. 253–260). Ediciones Universidad de La Serena.

Gutiérrez, J. R., Holmgren, M., Manrique, R., & Squeo, F. A. (2007). Reduced herbivore pressure under rainy ENSO conditions could facilitate dryland reforestation. *Journal of Arid Environments*, *68*, 322–330. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.05.011

Harrington, H. J. (1961). Geology of parts of Antofagasta and Atacama Provinces, Northern Chile. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, *45*(2), 169–197. https://doi.org/10.1306/0bda6332-16bd-11d7-8645000102c1865d

Hartmann, B., & Wendler, G. (2005). The significance of the 1976 Pacific climate shift in the climatology of Alaska. *Journal of Climate*, *18*(22), 4824–4839. https://doi.org/10.1175/JCLI3532.1

Hassemer, G., Shipunov, A. B., Rønsted, N., & Meudt, H. M. (2018). Taxonomic and geographic novelties in the genus Plantago (Plantaginaceae) in Chile, including the description of a new species. *Phytotaxa*, *340*(2), 137–156. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.340.2.3

Heibl, C. (2005). *Studies on the systematics, evolution, and biogeography of Oxalis sections Caesiae, Carnosae, and Giganteae, endemic to the Atacama Desert of northern Chile*. *September*, 110.

Hepp, J. (2019). *Characterization of seed dormancy of Nolana (Solanaceae) in the coastal Atacama Desert of Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Hernández-Hernández, T., Brown, J. W., Schlumpberger, B. O., Eguiarte, L. E., & Magallon, S. (2014). Beyond aridification: multiple explanations for the elevated diversification of cacti in the New World Succulent Biome. *New Phytologist*, *202*, 1–16. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12752/abstract

Herrera, C., & Custodio, E. (2014). Origin of waters from small springs located at the northern coast of Chile, in the vicinity of Antofagasta. *Andean Geology*, *41*(2), 314–341. https://doi.org/10.5027/andgeoV41n2-a03

Hershkovitz, M. A. (2018). *Synopsis of a new taxonomic synthesis of Montiaceae (Portulacineae) based on*

rational metadata analysis, with critical new insights on historically poorly understood taxa and a review of ecological evolution and phylogeography. *October*, 1–35. https://doi.org/10.20944/preprints201808.0496.v2

Hershkovitz, M. A. (2019). 'Cistanthe sp. subsp. subspeciosa,' a specioid from the Atacama Desert, with comments on the taxonomy, ecology, and evolution of Cistanthe sect. Cistanthe (Montiaceae). *Preprints*, 1–22. https://doi.org/10.20944/preprints201904.0329.v2

Hershkovitz, M. A., & Zimmer, E. A. (1997). On the evolutionary origins of the cacti. *Taxon*, *46*(2), 217–232. https://doi.org/10.2307/1224092

Hinojosa, M. J., & Cortés, D. (2018). Conservación, ecoturismo y educación socioambiental como vía de desarrollo sustentable para Taltal. *Revista Taltalia*, *11*, 125–141.

Hoffmann, A. E. (1989). Sinopsis taxonómica de las geofitas monocotiledóneas chilenas y su estado de conservación. In I. Benoit (Ed.), *Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile* (pp. 147–157). CONAF.

Hoffmann, A. E., & Flores, A. R. (1989). El estado de conservación de las plantas suculentas chilenas: Una evaluación preliminar. In I. Benoit (Ed.), *Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile* (pp. 111–128). CONAF.

Hoffmann, A. E., & Walter, H. (2004). *Cactáceas en la flora silvestre de Chile* (2nd ed.). Ediciones Fundación Claudio Gay.

Horvirz, D. G., & Thompson, D. J. (1952). A generalization of sampling without replacement from a finite universe. *Journal of the American Statistical Association*, *47*(260), 663–685.

Hubbart, J., Link, T., Campbell, C., & Cobos, D. (2005). Evaluation of a low-cost temperature measurement system for environmental applications. *Hydrological Processes*, *19*, 1517–1523. https://doi.org/10.1002/hyp.5861

Hunziker, A. T., & Subils, R. (1979). Salpiglossis, Leptoglossis and Reyesia (Solanaceae) a synoptical survey. *Botanical Museum Leaflets, Harvard University*, *27*(1), 1–43. https://doi.org/10.2307/41762810

INIA. (2008). *Programa de manejo en conservación ex situ en el sitio prioritario sector costero de Paposo*.

INIA. (2014). *Implementación de un plan de conservación ex situ, propagación y reintroducción de especies seleccionadas de la flora endémica del sitio prioritario sector costero de Paposo y su entorno*.

Isaac, N. J. B., Turvey, S. T., Collen, B., Waterman, C., & Baillie, J. E. M. (2007). Mammals on the EDGE: Conservation priorities based on threat and phylogeny. *PLoS ONE*, *2*(3), 1–7. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000296

IUCN. (1989). *IUCN policy statement on research involving species at risk of extinction*.

IUCN. (2001). *IUCN Red List categories and criteria: Version 3.1. Prepared by IUCN Species Survival Commission*. World Conservation Union. https://doi.org/10.1515/9780691195384-017

Jaffuel, F. (1936). Excursiones botánicas a los alrededores de Tocopilla. *Revista Chilena de Historia Natural*, *40*, 265–274.

Jara, P. A., Arancio, G., Moreno, R., & Carmona, M. R. (2006). Factores abióticos que influencian la germinación de seis especies herbáceas de la zona árida de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, *79*, 309–319. https://doi.org/10.4067/s0716-078x2006000300003

Johnston, I. M. (1927). Studies in the Boraginaceae. — VI . A revision of the South American Boraginoideae. *Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University*, *78*, 3–118.

Johnston, I. M. (1928a). Studies in the Boraginaceae. VII. *Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University*, *81*, 3–83.

Johnston, I. M. (1928b). The botanical activities of Thomas Bridges. *Contributions from the Gray Herbarium*, *81*, 98–106.

Johnston, I. M. (1929). Papers on the flora of northern Chile. *Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University*, *85*, 1–172.

Johnston, I. M. (1930). Some notes on the flora of northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, *34*, 228–234.

Johnston, I. M. (1932). New records for the flora of the nitrate coast. *Revista Chilena de Historia Natural*, *36*, 4–8. http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1932/1/Johnston_1932.pdf

Johnston, I. M. (1936a). A study of the Nolanaceae. *Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University*, *112*, 1–86.

Johnston, I. M. (1936b). A study of the Nolanaceae. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, *71*(1), 1–86.

Johnston, I. M. (1938). New or noteworthy plants from temperate South America. *Journal of the Arnold Arboretum*, *19*, 248–263. https://doi.org/10.2307/1222522

Johnston, I. M. (1944). Publication-dates of Gaudichaud's botany of the voyage of the Bonite. *Journal of the Arnold Arboretum*, *25*, 481–487. https://doi.org/10.2307/1222522

Johnston, I. M. (1947). Astragalus in Argentina, Bolivia and Chile. *Journal of the Arnold Arboretum*, *28*(3), 336–374.

Jorquera-Jaramillo, C. (2001). La agricultura regional y el deterioro de la vegetación nativa: Una visión actualizada. In F. A. Squeo, G. Arancio, & J. R. Gutiérrez (Eds.), *Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo* (pp. 239–251). Ediciones Universidad de La Serena.

Jorquera-Jaramillo, C. (2008). Agricultura y flora nativa en la Región de Atacama : ¿Es posible producir y conservar? In F. A. Squeo, G. Arancio, & J. R. Gutiérrez (Eds.), *Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama* (pp. 305–322). Ediciones Universidad de La Serena.

Kattermann, F. (1994). *Eriosyce (Cactaceae). The genus revised and amplified*. Succulent Plant Research 1. David Hunt, Richmond.

Larraín, B. C. (2007). *Relaciones florísticas entre oasis de neblina del desierto costero del norte de Chile*. Universidad de Chile.

Larraín, B. C., Faúndez, L., & Búrquez, A. (2018). Plant functional trait structure in two fog deserts of America. *Flora*, *243*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.03.005

Larridon, I., Walter, H. E., Guerrero, P. C., Duarte, M., Cisternas, M. A., Peña-Hernández, C., Bauters, K., Asselman, P., Goetghebeur, P., & Samain, M. S. (2015). An integrative approach to understanding the evolution and diversity of Copiapoa (Cactaceae), a threatened endemic Chilean genus from the Atacama desert. *American Journal of Botany*, *102*(9), 1506–1520. https://doi.org/10.3732/ajb.1500168

Larridon, I., Walter, H. E., Rosas, M., Vandomme, V., & Guerrero, P. C. (2018). Evolutionary trends in the columnar cactus genus Eulychnia (Cactaceae) based on molecular phylogenetics, morphology, distribution, and habitat. *Systematics and Biodiversity*, *16*(7), 643–657. https://doi.org/10.1080/14772000.2018.1473898

León-lobos, P., Sandoval, A., Bolados, G., Rosas, M., Stark, D., & Gold, K. (2014). Manual de recolección y procesamiento de semillas de especies forestales. *Boletín INIA*, *280*, 96.

Squeo, F. A., Gutiérrez, J. R., & Holmgren, M. (2011). Rapid root extension during water pulses enhances establishment of shrub seedlings in the Atacama Desert. *Journal of Vegetation Science*, *22*, 120–129. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01224.x

León, M., Ibacache, E., Navarro, J., & León, P. (2017). Regeneración natural de Balsamocarpon brevifolium (algarrobilla), la vida busca abrirse paso en el semiárido de Chile. *Chloris Chilensis*, *20*, 10.

Levins, R. (1969). Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin Ofthe Entomological Society OfAmerica*, *15*, 237–240.

LEVS. (2010). *Estudio de línea base Quebrada Miguel Díaz*.

Linnaeous, C. (1753). *Species Plantarum: exhibentes plantas rite cognitas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas* (1st ed.). Impensis Laurentii Salvii.

Lourtieg, A. (2000). Oxalis L. Subgéneros Monoxalis (Small) Lourt., Oxalis y Trifidus Lourt. *Bradea*, *7*(2), 201–629.

Lu, C., & Bridgen, M. P. (1996). Effects of genotype, culture medium and embryo developmental stage on the in vitro responses from ovule cultures of interspecific hybrids of Alstroemeria. *Plant Science*, *116*(2), 205–212. https://doi.org/10.1016/0168-9452(96)04385-3

Luebert, F. (2011). Hacia una fitogeografía histórica del Desierto de Atacama. *Revista de Geografia Norte Grande*, *133*(50), 105–133. https://doi.org/10.4067/s0718-34022011000300007

Luebert, F. (2013). A revision of Heliotropium sect. Cochranea (Heliotropiaceae). *Kew Bulletin*, *68*(1), 1–54. https://doi.org/10.1007/s12225-013-9432-6

Luebert, F., García, N., & Schulz, N. (2007). Observaciones sobre la flora y vegetación de los alrededores de Tocopilla (22ºS, Chile). *Boletín Del Museo Nacional de Historia Natural*, *56*, 27–52.

Luebert, F., & Pliscoff, P. (2006). *Sinopsis bioclimatica y vegetacional de Chile*. Editorial Universitaria.

Macaya-Berti, J. H., & Bustamante-Monroy, R. (2009). Sobre la posible extinción de la población más boreal de Copiapoa solaris (Ritter) Ritter (Cactaceae) de Chile. *Chloris Chilensis*.

Marticorena, C., Matthei, O., Rodríguez, R., Arroyo, M. T. K., Muñoz, M., Squeo, F. A., & Arancio, G. (1998). Catálogo de la flora vascular de la Segunda Región (Región de Antofagasta), Chile. *Gayana Bot.*, *55*(1), 23–28.

Marticorena, C., & Quezada, M. (1985). Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Bot.*, *42*(1–2), 5–157.

Marticorena, C., & Rodríguez, R. (1995). *Flora de Chile* (Vol. 1). Universidad de Concepción.

Menges, E. S., Guerrant, E. O., & Hamze, S. (2004). Effects of seed collection on the extinction risk of perennial plants. In O. J. Guerrant, K. Havens, & M. Maunder (Eds.), *Ex Situ Plant Conservation* (pp. 205–324). Island Press.

Mildner, R. A., & Rogers, C. M. (1978). Revision of the native South American species of Linum (Linaceae). *Phytologia*, *39*(5), 343–390.

MINAM. (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal*. https://www.gob.pe/minam

MMA. (2010). *Ficha de antecedentes para clasificación de Cistanthe cachinalensis*.

MMA. (2012). Ficha de Antecedentes de Especie: Prosopis tamarugo Phil. In *MMA*. http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas9proceso/FICHAS_INICIO_9o_PROCESO_PDF/Prosopis_tamarugo.pdf

MMA. (2013a). *Estrategia regional y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la Región de Antofagasta*.

MMA. (2013b). *Propuesta creación del Monumento Natural Paposo Norte*.

MMA. (2017). *Propuesta "Plan de Recuperación, Conservación y Gestión de la Flora Costera del Norte de Chile."*

Aprueba plan de recuperación, conservación y gestión de la flora costera del norte, (2018).

Montes-Recinas, S., Márquez-Guzmán, J., & Orozco-Segovia, A. (2012). Temperature and water requirements for germination and effects of discontinuous hydration on germinated seed survival in Tillandsia recurvata L. *Plant Ecol.*, *213*(7), 1069–1079. https://doi.org/10.1007/s11258-012-0066-9

Moreira-Muñoz, A., & Muñoz-Schick, M. (2013). *Carlos Reiche, fundador de la geografía botánica de Chile* (M. Rojas (ed.); 1° ed.). Cámara Chilena de la Construcción - Pontificia Universidad Católica de Chile - Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos.

Morente-López, J., García, C., Lara-Romero, C., García-Fernández, A., Draper, D., & Iriondo, J. M. (2018). Geography and environment shape landscape genetics of mediterranean alpine species Silene ciliata Poiret. (Caryophyllaceae). *Frontiers in Plant Science*, *9*, 1–15. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01698

Morrone, J. J. (1994). On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology*, *43*(3), 438–441. https://doi.org/10.1093/sysbio/43.3.438

Morrone, J. J. (2014). Biogeographic regionalisation of the Neotropical region. *Zootaxa*, *3782*(1), 1–110. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3782.1.1

Morrone, J. J. (2015). *Biogeographical regionalisation of the Andean region*. *June*. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3936.2.3

Muñoz-Schick, M. (1995). Revisión del género Cristaria (Malvaceae) en Chile. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile*, *45*, 45–110.

Muñoz-Schick, M., Pinto, R., Mesa, A., & Moreira-Muñoz, A. (2001). "Oasis de neblina" en los cerros costeros del sur de Iquique, Región de Tarapacá, Chile, durante el evento El Niño 1997-1998. *Revista Chilena de Historia Natural*, *74*(2), 389–405. https://doi.org/10.4067/s0716-078x2001000200014

Muñoz, M., Núñez, H., & Yañez, J. (1996). *Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad biológica en Chile*. Ministerio de Agricultura. Corporación Nacional Forestal, Unidad Patrimonio Silvestre.

Murúa, M., Cisterna, J., & Rosende, B. (2014). Pollination ecology and breeding system of two Calceolaria species in Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, *87*(7), 1–3. https://doi.org/10.1186/0717-6317-87-7

Nemeth, K., Breitkreuz, C., & Wilke, H. (2003). Volcano-sedimentary successions within an intra-arc related Jurassic Large Igneous Province (LIP): La Negra Formation, Northern Chile (a preliminary scientific report on the Br 997/22–1 DFG Pilot Project). *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése*, *2002*, 233–256.

Novoa, P., Espejo, J., Alarcón, D., Cisternas, M., & Domínguez, E. (2015). *Guía de Campo de las Orquídeas Chilenas Guía de Campo de las Orquídeas Chilenas* (Segunda ed). Corporación Chilena de la Madera.

Noy-Meir, I. (1973). Desert ecosystems environment and producers. *Annual Rev. Ecol. Syst.*, *4*, 25–51.

Oliveros, V., Féraud, G., Aguirre, L., Fornari, M., & Morata, D. (2006). The Early Andean Magmatic Province (EAMP): 40Ar/39Ar dating on Mesozoic volcanic and plutonic rocks from the Coastal Cordillera, northern Chile. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, *157*(4), 311–330. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2006.04.007

Olson, D. M., & Dinerstein, E. (2002). The Global 200: Priority Ecoregions for Global Conservation. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, *89*(2), 199–224. https://doi.org/10.2307/3298564

Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'Amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Louck, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., & Kassem, K. R. (2001). Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on earth. *BioScience*, *51*(11), 933–938. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051

Oltremari, A. J., Schlegel, F., & Schlatter, R. (1987). Perspectiva de Morro Moreno como área silvestre protegida. *Bosque*, *8*(1), 21–30. https://doi.org/10.4206/bosque.1987.v8n1-04

ONEMI. (2017). *Plan específico de emergencia por variable de riesgo - Remoción de masa*. https://www.onemi.gov.cl/wp-content/uploads/2018/09/PEEVR_REMOCION-EN-MASA_01.02.18.pdf

Orbigny, A. D. d'. (1847). *Voyage dans l'Amérique méridionale. 1826-33* (9 vols).

Ormazabal, C. S. (1989). Sitios de interés botánico y tipos vegetacionales con riesgo de extinción en Chile. In I. Benoit (Ed.), *Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile* (pp. 101–108). CONAF.

Orme, A. R. (2007). Tectonism, climate, and landscape change. In T. T. Veblenm, K. R. Young, & A. R. Orme (Eds.), *The Physical Geography of South America* (pp. 3–22). Oxford University Press.

Palma, B., & Mooney, H. (1998). Carbon isotope ratios of Atacama Desert plants reflect hyperaridity of region in northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, *71*, 79–86.

Pardo, J. (2018). Propagación de ocho arbustos nativos del desierto costero de Atacama-Chile. *Chloris Chilensis*, *21*, 8. http: www.chlorischile.cl (Accedido en julio 2020)

Philippi, R. A. (1860a). *Florula atacamensis*.

Philippi, R. A. (1860b). *Viage al desierto de Atacama*. Halle en Sajonia - Librería de Eduardo Anton.

Pinto, R. (2007). *Relevamiento de la flora de la Reserva Nacional La Chimba*.

Pinto, R. (2011). *Desarrollo vegetacional en la Reserva Nacional La Chimba, año 2011*.

Pinto, R., & Kirberg, A. (2005). Conservation status of Eriosyce (Cactaceae) in northernmost Chile. *Bradleya*, *23*, 7–16. https://doi.org/10.25223/brad.n23.2005.a3

Pinto, R., & Luebert, F. (2009). Datos sobre la flora vascular del desierto costero de Arica y Tarapacá, Chile, y sus relaciones fitogeográficas con el sur de Peru. *Gayana Bot.*, *66*(1), 28–49. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432009000100004

Pliscoff, P., Luebert, F., Hilger, H. H., & Guisan, A. (2014). Effects of alternative sets of climatic predictors on species distribution models and associated estimates of extinction risk: A test with plants in an arid environment. *Ecological Modelling*, *288*, 166–177. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.06.003

Puppo, P., & Novoa, P. (2012). Revisión de la sección Calceolaria (Calceolariaceae) en Chile. *Gayana*, *69*(2), 275–285. https://doi.org/10.4067/S0717-66432012000200007

QGIS Development Team. (2020). *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. http://qgis.osgeo.org

Quintanilla, V. G. (1977). Zonación altitudinal de la vegetación en el norte árido chileno, a la latitud del Trópico de Capricornio. *Norte Grande*, *5*.

Rahn, K. (1983). Plantago ser. Brasilienses, a taxonomic revision. *Nord. J. Bot.*, *3*, 331–342. https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1983.tb01946.x

Ratto, F., & Bartoli, A. (2020). Revisión de las especies sudamericanas de Gutierrezia (Asteraceae, Astereae, Solidagininae). *Bol. Soc. Argent. Bot.*, *55*(3), 411–470.

Rauh, W. (1985). The Peruvian- Chilean deserts. *Ecosystems of the World. 12A. Hot Deserts and Arid Shrublands, A*, 239–267.

Ravenna, P., Teillier, S., Macaya, J. H., Rodríguez, R., & Zöllner, O. (1998). Categoría de conservación de las plantas bulbosas nativas de Chile. *Boletín Del Museo Nacional de Historia Natural*, *47*, 46–68.

Rebelo, A. G. (1994). Iterative selection procedures: Centres of endemism and optimal placement of reserves. *Strelitzia*, *1*, 231–257.

Redding, D. W., Mazel, F., & Mooers, A. (2014). Measuring evolutionary isolation for conservation. *PLoS ONE*, *9*(12), 1–15. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113490

Reiche, K. (n.d.). *1896-1911. Flora de Chile* (6 volumene). Imprenta Cervantes.

Reiche, K. (1907). Grundzüge der pflanzenverbreitung in Chile. In A. Engler & O. Drude (Eds.), *Die Vegetation der Erde* (p. 374). Verlag von Wilhelm Engelman.

Reiche, K. (1911). Ein frühlingsausflug in das küstengebiet der Atacama (Chile). *Bot. Jahrb. Syst.*, *45*, 340–353. https://doi.org/10.1038/047413a0

Ricardi, M. (1957). Fitogeografía de la costa del Departamento de Taltal. *Boletín de La Sociedad de Biología de Concepción*, *32*, 3–9.

Ricardi, M. (1967). Revisión taxonómica de las Malesherbiáceas. *Gayana Bot.*, *16*, 1–139.

Riquelme, R., Martinod, J., Hérail, G., Darrozes, J., & Charrier, R. (2003). A geomorphological approach to determining the Neogene to recent tectonic deformation in the Coastal Cordillera of northern Chile (Atacama). *Tectonophysics*, *361*(3–4), 255–275. https://doi.org/10.1016/S0040-1951(02)00649-2

Riso Patrón, L. (1924). *Diccionario Jeográfico de Chile.* 975.

Ritter, F. (1980). *Kakteen in Sudamerika: Ergebnisse Meiner 20-jährigen Feldforschung. Chile* (Band 3). Friedrich Ritter Selbstverlag.

Rodríguez-Ríos, R. (2015). Notas taxonómicas sobre Pteridófitos chilenos. *Gayana Bot.*, *72*(1), 94–100. https://doi.org/10.4067/S0717-66432015000100012

Rodríguez, R., Marticorena, C., Alarcón, D., Baeza, C., Cavieres, L., Finot, V. L., Fuentes, N., Kiessling, A., Mihoc, M., Pauchard, A., Ruiz, E., Sanchez, P., & Marticorena, A. (2018). Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Bot.*, *75*(1), 1–430. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432018000100000

Rodríguez, R., Marticorena, C., Alarcón, D., Baeza, C., Cavieres, L., Finot, V. L., Fuentes, N., Kiessling, A., Mihoc, M., Pauchard, A., Ruiz, E., Sánchez, P., & Marticorena, A. (2018). Catalogue of the vascular plants of Chile. *Gayana Botánica*, *75*(1), 1–430.

Rodríguez, R. R. (1989). Pteridophyta de Chile continental amenazados de extinción. In I. L. Benoit (Ed.), *Libro Rojo de la Flora Nativa de Chile* (pp. 129–146). CONAF.

Rodwell, M. J., & Hoskins, B. J. (2001). Subtropical anticyclones and summer monsoons. *Journal of Climate*, *14*(15), 3192–3211. https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<3192:SAASM>2.0.CO;2

Roeckner, E., Bengtsson, L., Feichter, H., Lelieveld, J., Rowland, F. S., & Isaksen, I. S. A. (2000). Is El Niño changing? *Science*, *288*, 1997–2002.

Rollins, R. C. (1966). The genus Mathewsia (Cruciferae). *Acta Botanica Neerlandica*, *15*, 102–116.

Rossbach, R. P. (1943). El género Spergularia (Caryophyllaceae) en Chile. *Darwiniana*, *6*(2), 211–263. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Ruelle, S. (1995). *Etude d´impact de la pollution métallique sur le site de Paposo (II Région, Chili)*. University of Liège.

Rundel, P. W., Dillon, M. O., & Palma, B. (1996). Flora and vegetation of Pan de Azucar National Park in the Atacama desert of northern Chile. *Gayana Bot.*, *53*(2), 295–315.

Rundel, P. W., Dillon, M. O., Palma, B., Mooney, H. A., Gulmon, S. L., & Ehleringer, J. R. (1991). The phytogeography and ecology of the coastal Atacama and Peruvian Deserts. *Aliso*, *13*(1), 1–49. https://doi.org/10.5642/aliso.19911301.02

Rundel, P. W., & Mahu, M. (1976). Community structure and diversity in a coastal fog desert in northern Chile. *Flora*, *165*, 493–505. https://doi.org/10.1016/S0367-2530(17)31888-1

Rundel, P. W., Palma, B., Dillon, M. O., Sharifi, M. R., Nilsen, E. T., & Boonpragob, K. (1997). Tillandsia landbeckii in the coastal Atacama Desert of northern Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, *70*, 341–349.

Rundel, P. W., Villagra, P. E., Dillon, M. O., Roig-Juñent, S., & Debandi, G. (2007). Arid and semi-arid ecosystem. In T. T. Veblen, K. R. Young, & A. R. Orme (Eds.), *The Physical Geography of South America* (pp. 158–183). Oxford University Press.

Safi, K., Armour-Marshall, K., Baillie, J. E. M., & Isaac, N. J. B. (2013). Global Patterns of Evolutionary Distinct and Globally Endangered Amphibians and Mammals. *PLoS ONE*, *8*(5), 4–12. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063582

Salazar, D., Jackson, D., Guendon, J. L., Salinas, H., Morata, D., Figueroa, V., Manríquez, G., & Castro, V. (2011). Early evidence (ca. 12,000 BP) for iron oxide mining on the Pacific Coast of South America. *Current Anthropology*, *52*(3), 463–475. https://doi.org/10.1086/659426

Santana, A. R. (1967). El Río Salado y el sector oriental de la cuenca de Calama. *Bol. de La Asoc. de Geógrafos de Chile*, *3*, 21–27.

Scherson, R. A., Thornhill, A. H., Urbina-Casanova, R., Freyman, W. A., Pliscoff, P. A., & Mishler, B. D. (2017). Spatial phylogenetics of the vascular flora of Chile. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, *112*, 88–95. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2017.04.021

Schulz, N., Aceituno, P., & Richter, M. (2011). Phytogeographic divisions, climate change and plant dieback along the coastal desert of Northern Chile. *Erdkunde*, *65*(2), 169–187. https://doi.org/10.3112/erdkunde.2011.02.05

Schulz, N., Boisier, J. P., & Aceituno, P. (2012). Climate change along the arid coast of northern Chile. *International Journal of Climatology*, *32*(12), 1803–1814. https://doi.org/10.1002/joc.2395

Seal, C. E., Daws, M. I., Flores, J., Ortega-Baes, P., Galíndez, G., León-Lobos, P., Sandoval, A., Ceroni, A., Ramírez, N., Dávila-Aranda, P., Ordoñez-Salanueva, C. A., Yáñez-Espinosa, L., Ulian, T., Amosso, C., Zubani, L., Torres, A., & Pritchard, H. W. (2017). Thermal buffering capacity of the germination phenotype across the environmental envelope of the Cactaceae. *Global Change Biology*, *23*(12), 5309–5317. https://doi.org/10.1111/gcb.13796

SERNAGEOMIN. (2011). Atlas de faenas mineras: Regiones de Antofagasta y Atacama. *Mapas y Estadisticas de Faenas Mineras de Chile*, *7*, 156.

Solbrig, O. T. (1962). The South American species of Erigeron. *Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University*, *191*, 3–79.

Solbrig, O. T. (1966). The South American species of Gutierrezia. *Contributions from the Gray Herbarium of*

Harvard University, *197*, 3–42. http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Contributions+from+the+Gray+Herbarium+of+Harvard+University,#0

Squeo, F. A., Cavieres, L. A., Arancio, G., Novoa, J. E., Matthei, O., Marticorena, C., Rodríguez, R., Arroyo, M. T. K., & Muñoz-Schick, M. (1998). Biodiversidad de la flora vascular en la Region de Antofagasta, Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, *71*, 571–591.

Squeo, F. A., Holmgren, M., Jiménez, M., Albán, L., Reyes, J., & Gutiérrez, J. R. (2007). Tree establishment along an ENSO experimental gradient in the Atacama desert. *J. Veg. Sci.*, *18*, 195–202.

Squeo, F. A., Olivares, N., Valenzuela, A., Pollastri, A., Aguirre, E., Aravena, R., Jorquera, C., & Ehleringer, J. R. (2000). Fuentes de agua utilizadas por las plantas desérticas y su importancia en planes de manejo y restauración ecológica. *Bol. Soc. Bot. México*, *65*, 95–106. https://doi.org/10.17129/botsci.1600

Squeo, F. A., Stoll, A., García, P., López, D., & Arancio, G. (2010). *Catastro de formaciones xerofíticas en sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, en la Región de Antofagasta*.

SR. (2018). *Monitoreo de especies de flora amenazadas, reintroducidas en el sitio prioritario, sector costero de Paposo, comuna de Taltal, Región de Antofagasta*.

Stevens, P. F. (2001). *Angiosperm Phylogeny Website. Version 14*. http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/

Takhtajan, A. (1986). *Floristic regions of the world*. University of California Press. https://doi.org/10.2307/2995961

Tank, D. C., Eastman, J. M., Pennell, M. W., Soltis, P. S., Soltis, D. E., Hinchliff, C. E., Brown, J. W., Sessa, E. B., & Harmon, L. J. (2015). Nested radiations and the pulse of angiosperm diversification: Increased diversification rates often follow whole genome duplications. *New Phytologist*, *207*(2), 454–467. https://doi.org/10.1111/nph.13491

TFM. (2019). *Flora of the loma formations*. http://emuweb.fieldmuseum.org/botany/search_lomas.php

Toro-Núñez, O., Mort, M. E., Ruiz-Ponce, E., & Al-Shehbaz, I. A. (2013). Phylogenetic relationships of Mathewsia and Schizopetalon (Brassicaceae) inferred from nrDNA and cpDNA regions: Taxonomic and evolutionary insights from an atacama desert endemic lineage. *Taxon*, *62*(2), 343–356. https://doi.org/10.12705/622.4

Torres, R., Squeo, F. A., Jorquera, C., Aguirre, E., & Ehleringer, J. R. (2002). Evaluación de la capacidad estacional de utilizar eventos de precipitación en tres especies de arbustos nativos de Chile con distintos sistemas radiculares. *Revista Chilena de Historia Natural*, *75*, 737–749. https://doi.org/10.4067/s0716-078x2002000400009

Trenberth, K. E. (1997). The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *78*(12), 2771–2777. https://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<2771:TDOENO>2.0.CO;2

Tucker, C. M., Cadotte, M. W., Carvalho, S. B., Jonathan Davies, T., Ferrier, S., Fritz, S. A., Grenyer, R., Helmus, M. R., Jin, L. S., Mooers, A. O., Pavoine, S., Purschke, O., Redding, D. W., Rosauer, D. F., Winter, M., & Mazel, F. (2017). A guide to phylogenetic metrics for conservation, community ecology and macroecology. *Biological Reviews*, *92*(2), 698–715. https://doi.org/10.1111/brv.12252

UNARTE. (2005). *Levantamiento de información, estudio de línea base e instrumento legal para la conservación de la biodiversidad en los sitios priorizados en la ERB: Aguas Calientes IV y sector costero de Paposo, II Región de Antofagasta.*

UNARTE. (2006a). *Elaboración de un plan de manejo de los sitios prioritarios de la estrategia regional de biodiversidad: Península de Mejillones y sector costero de Paposo, II Región de Antofagasta* (Issue

December). https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2442.0726

UNARTE. (2006b). *Plan de manejo "Sector Costero de Paposo."*

UNARTE. (2007). *Situación actual de la flora nativa de la localidad de Paposo, Comuna de Taltal - II Región, y su relación con el aumento de la presencia de ganado caprino*.

van Nouhuys, S. (2016). Metapopulation ecology. In J. W. & Sons (Ed.), *eLS*. Ltd: Chichester. https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0021905.pub2

Vásquez, D. P. (2002). Multiple effects of introduced mammalian herbivores in a temperate forest. *Biological Invasions*, *4*, 175–191. https://doi.org/10.1023/A

Viruel, J., Segarra-Moragues, J. G., Pérez-Collazos, E., Villar, L., & Catalán, P. (2010). Systematic revision of the Epipetrum group of Dioscorea (Dioscoreaceae) endemic to Chile. *Syst. Bot.*, *35*(1), 40–63. https://doi.org/10.1600/036364410790862579

Walter, H., & Mächler, W. (2006a). An old acquaintance from the Guanillos Valley (Prov. de Atacama, Chile) is finally validated. *CactusWorld*, *24*(4), 185–192.

Walter, H., & Mächler, W. (2006b). An old acquaintance from the Guanillos Valley (Prov . de Atacama, Chile) is finally validated. *CactusWorld*, *24*(4), 185–192.

Wang, Y., Xie, S., Diego, S., & Xu, H. (2003). Regional model simulations of marine boundary layer clouds over the southeast Pacific off South America. Part I: Control Experiment. *Monthly Weather Review*, 1–45. https://doi.org/10.1175/1520-0493(2004)132<0274

Weberbauer, A. (1911). Die pflanzenwelt der peruanischen Anden. In A. Engler & O. Drude (Eds.), *Vegetation der Erde* (p. 355). Verlag von Wilhelm Engelman.

Werdermann, E. (1929). Beiträge zur Kenntnis der Flora von Chile. *Notizblatt Des Königl. Botanischen Gartens Und Museums Zu Berlin*, *10*(97), 752–768.

Wulf, A. (2016). *The Invention of Nature: Alexander von Humboldt's New World*. Vintage. https://doi.org/10.1080/18626033.2017.1425324

Zizka, G., Schmidt, M., Schulte, K., Novoa, P., Pinto, R., & König, K. (2009). Chilean Bromeliaceae: Diversity, distribution and evaluation of conservation status. *Biodivers. Conserv.*, *18*(9), 2449–2471. https://doi.org/10.1007/s10531-009-9601-y

ZSL. (2008). *Edge of Existence programme*. http://www.edgeofexistence.org

Folio005304

Anexo objetivo II – Catastro de la flora más amenazada

Folio005305

Cuadro 136. Listado de especies incluidas en el catastro, indicando su categoría jerárquica y su estado de conservación según el RCE.

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
1	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Copiapoa krainziana* F. Ritter	CR
2	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Berberis litoralis* Phil.	EN
3	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Copiapoa conglomerata* (Phil.) Lembcke	EN
4	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Copiapoa solaris* (F. Ritter) F. Ritter	EN
5	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Croton chilensis* Müll. Arg.	EN
6	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Dalea azurea* (Phil.) Reiche	EN
7	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Dicliptera paposana* Phil.	EN
8	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Griselinia carlomunozii* M. O. Dillon & Muñoz-Schick	EN
9	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Malesherbia tocopillana* Ricardi	EN
10	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Rimacactus laui* (Luthy) Mottram	EN
11	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Tillandsia tragophoba* M. O. Dillon	EN
12	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Calceolaria paposana* Phil.	VU
13	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Deuterocohnia chrysantha* (Phil.) Mez	VU

Folio005306

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
14	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Eulychnia iquiquensis* (K. Schum.) Britton & Rose	VU
15	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Eulychnia taltalensis* (F. Ritter) Hoxey	VU (como E. iquiquensis)
16	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Gutierrezia taltalensis* Phil.	VU
17	1.- Priorizada en plan RECOGE	*Tigridia philippiana* I. M. Johnst.	VU
18	2.- Incluida en plan RECOGE	*Asplenium peruvianum* Desv.	CR
19	2.- Incluida en plan RECOGE	*Atriplex taltalensis* I. M. Johnst.	EN
20	2.- Incluida en plan RECOGE	*Bipinnula taltalensis* I. M. Johnst.	EN
21	2.- Incluida en plan RECOGE	*Cistanthe cachinalensis* (Phil.) Peralta & D. I. Ford	EN
22	2.- Incluida en plan RECOGE	*Copiapoa aphanes* Mächler & Helmut Walter	EN
23	2.- Incluida en plan RECOGE	*Copiapoa grandiflora* F. Ritter	EN
24	2.- Incluida en plan RECOGE	*Copiapoa laui* L. Diers	EN
25	2.- Incluida en plan RECOGE	*Copiapoa montana* F. Ritter	EN
26	2.- Incluida en plan RECOGE	*Copiapoa rupestris* F. Ritter	EN
27	2.- Incluida en plan RECOGE	*Copiapoa taltalensis* (Werderm.) Looser	EN

Folio005307

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
28	2.- Incluida en plan RECOGE	*Eriosyce esmeraldana* (F. Ritter) Katt.	EN
29	2.- Incluida en plan RECOGE	*Eriosyce occulta* Katt.	EN
30	2.- Incluida en plan RECOGE	*Eriosyce recondita* (F. Ritter) Katt.	EN
31	2.- Incluida en plan RECOGE	*Monttea chilensis* var. taltalensis Reiche	EN
32	2.- Incluida en plan RECOGE	*Oxyphyllum ulicinum* Phil.	EN
33	2.- Incluida en plan RECOGE	*Polypodium pycnocarpum* C. Chr.	EN (como P. masafuerae)
34	2.- Incluida en plan RECOGE	*Prosopis tamarugo* Phil.	EN
35	2.- Incluida en plan RECOGE	*Senna paposana* (Phil.) Zoellner & San Martin	EN
36	2.- Incluida en plan RECOGE	*Tropaeolum beuthii* Klotzsch	EN
37	2.- Incluida en plan RECOGE	*Viola johnstonii* W. Becker	EN
38	2.- Incluida en plan RECOGE	*Alstroemeria graminea* Phil.	VU
39	2.- Incluida en plan RECOGE	*Copiapoa boliviana* (Pfeiff.) F. Ritter	VU
40	2.- Incluida en plan RECOGE	*Copiapoa humilis* subsp. humilis (Phil.) Hutchison	VU

Folio005308

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
41	2.- Incluida en plan RECOGE	*Copiapoa humilis* subsp. tenuissima (F. Ritter) G. Charles	VU
42	2.- Incluida en plan RECOGE	*Copiapoa humilis* subsp. tocopillana (F. Ritter) G. Charles	VU
43	2.- Incluida en plan RECOGE	*Copiapoa longistaminea* F. Ritter	VU
44	2.- Incluida en plan RECOGE	*Eriosyce iquiquensis* (F. Ritter) Ferryman	VU
45	2.- Incluida en plan RECOGE	*Eriosyce malleolata* (F. Ritter) P. C. Guerrero & Helmut Walter	VU
46	2.- Incluida en plan RECOGE	*Eriosyce rodentiophila* F. Ritter	VU
47	2.- Incluida en plan RECOGE	*Eriosyce taltalensis* subsp. pygmaea R. Ferryman	VU
48	2.- Incluida en plan RECOGE	*Eriosyce taltalensis* subsp. taltalensis (Hutchinson) Katt.	VU
49	2.- Incluida en plan RECOGE	*Lycium boerhaviaefolium* L. f.	VU
50	2.- Incluida en plan RECOGE	*Nolana balsamiflua* (Gaudich.) Mesa	VU
51	2.- Incluida en plan RECOGE	*Oxalis caesia* Phil.	VU

Folio005309

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
52	2.- Incluida en plan RECOGE	*Palaua concinna* I. M. Johnst.	VU
53	2.- Incluida en plan RECOGE	*Puya boliviensis* Baker	VU
54	2.- Incluida en plan RECOGE	*Salvia tubiflora* Sm.	VU
55	2.- Incluida en plan RECOGE	*Synammia espinosae* (Weath.) G. Kunkel	VU
56	2.- Incluida en plan RECOGE	*Trichocereus deserticola* (Werderm.) Looser	VU
57	3.- Endémica local	*Adesmia gracillima* I. M. Johnst.	
58	3.- Endémica local	*Cistanthe chrysantha* (I. M. Johnst.) Peralta & D. I. Ford	
59	3.- Endémica local	*Copiapoa angustiflora* Helmut Walter, G. J. Charles & Mächler	
60	3.- Endémica local	*Copiapoa decorticans* N. P. Taylor & G. J. Charles	
61	3.- Endémica local	*Copiapoa desertorum* F. Ritter	
62	3.- Endémica local	*Copiapoa esmeraldana* F. Ritter	
63	3.- Endémica local	*Copiapoa rarissima* F. Ritter	
64	3.- Endémica local	*Cristaria leucantha* I. M. Johnst.	

Folio005310

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
65	3.- Endémica local	*Dioscorea biloba* subsp. biloba (Phil.) Caddick & Wilkin	
66	3.- Endémica local	*Heliotropium jaffuelii* I. M. Johnst.	
67	3.- Endémica local	*Lathyrus lomanus* I. M. Johnst.	
68	3.- Endémica local	*Linum cremnophilum* I. M. Johnst.	
69	3.- Endémica local	*Malesherbia humilis* var. taltalina (Ricardi) Gengler	
70	3.- Endémica local	*Mathewsia collina* I. M. Johnst.	
71	3.- Endémica local	*Plantago johnstonii* Pilg.	
72	3.- Endémica local	*Plantago nebularis* Hassemer	
73	3.- Endémica local	*Reyesia cactorum* (I. M. Johnst.) D'Arcy	
74	3.- Endémica local	*Senecio antofagastanus* Cabrera	
75	3.- Endémica local	*Senecio botijae* C. Ehrh.	
76	3.- Endémica local	*Spergularia cremnophila* I. M. Johnst.	
77	3.- Endémica local	*Viola taltalensis* var. glaberrima W. Becker	
78	4.- Endémica del segmento Paposo	*Astragalus paposanus* I. M. Johnst.	

Folio005311

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
79	4.- Endémica del segmento Paposo	*Calceolaria rinconada* Ehrh.	
80	4.- Endémica del segmento El Salado	*Copiapoa cinerea* var. columna-alba (F. Ritter) Backeb.	NT
81	4.- Endémica del segmento Paposo	*Cristaria concinna* Phil.	
82	4.- Endémica del segmento El Salado	*Cristaria fuentesiana* I. M. Johnst.	
83	4.- Endémica del segmento Paposo	*Cryptantha taltalensis* I. M. Johnst.	
84	4.- Endémica del segmento Paposo	*Dioscorea tenella* Phil.	
85	4.- Endémica del segmento Paposo	*Drymaria paposana* var. *paposana* Phil.	
86	4.- Endémica del segmento Paposo	*Eriosyce paucicostata* subsp. *paucicostata* (F. Ritter) Ferryman	NT
87	4.- Endémica del segmento El Salado	*Eulychnia saint-pieana* F. Ritter	
88	4.- Endémica del segmento Paposo	*Glandularia atacamensis* (Reiche) J. M. Watson & A. Hoffm.	
89	4.- Endémica del segmento Salar El Carmen	*Heliotropium eremogenum* I. M. Johnst.	
90	4.- Endémica del segmento Paposo	*Heliotropium philippianum* I. M. Johnst.	
91	4.- Endémica del segmento El Salado	*Heliotropium taltalense* (Phil.) I. M. Johnst.	LC

Folio005312

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
92	4.- Endémica del segmento Salar El Carmen	*Nolana clivicola* (I. M. Johnst.) I. M. Johnst.	
93	4.- Endémica del segmento Salar El Carmen	*Nolana dianae* M. O. Dillon	
94	4.- Endémica del segmento Paposo	*Nolana diffusa* I. M. Johnst.	
95	4.- Endémica del segmento El Salado	*Nolana flaccida* (Phil.) I. M. Johnst.	
96	4.- Endémica del segmento Salar El Carmen	*Nolana inconspicua* (I. M. Johnst.) I. M. Johnst.	
97	4.- Endémica del segmento Salar El Carmen	*Nolana lachimbensis* M. O. Dillon & Luebert	
98	4.- Endémica del segmento Paposo	*Nolana ramosissima* I. M. Johnst.	
99	4.- Endémica del segmento Salar El Carmen	Nolana tocopillensis (I. M. Johnst.) I. M. Johnst.	
100	4.- Endémica del segmento Salar El Carmen	*Ophryosporus anomalus* R. M. King & H. Rob.	
101	4.- Endémica del segmento Paposo	*Oxalis ericoides* R. Knuth	
102	4.- Endémica del segmento Paposo	*Oxalis matancillae* Lourteig	
103	4.- Endémica del segmento Paposo	*Oxalis ricardii* Lourteig	
104	4.- Endémica del segmento Paposo	*Palaua modesta* Reiche	

Folio005313

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
105	4.- Endémica del segmento Paposo	*Plectocephalus atacamensis* (Reiche) Penneck. & Chaura	
106	4.- Endémica del segmento El Salado	*Plectocephalus cachinalensis* (Phil.) N. García & Susanna	
107	4.- Endémica del segmento El Salado	*Senecio almeidae* Phil.	
108	4.- Endémica del segmento Paposo	*Senecio philippicus* Regel & Körn.	
109	4.- Endémica del segmento Paposo	*Senecio pseudalmeidae* Cabrera	
110	4.- Endémica del segmento Paposo	*Senna cumingii* var. *eremobia* (Phil.) H.S.Irwin & Barneby	
111	4.- Endémica del segmento Paposo	*Sibara dilloniorum* Al-Shehbaz	
112	4.- Endémica del segmento Paposo	*Sibara macrostachya* (Phil.) Al-Shehbaz	
113	4.- Endémica del segmento Salar El Carmen	*Spergularia aberrans* I. M. Johnst.	
114	4.- Endémica del segmento El Salado	*Spergularia denticulata* Phil.	
115	4.- Endémica del segmento Paposo	*Viola huesoensis* Martic.	
116	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Adesmia melanocaulos* Phil.	

Folio005314

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
117	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Astragalus cachinalensis* Phil.	
118	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Calandrinia taltalensis* I.M. Johnst.	
119	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Copiapoa cinerea* var. *cinerea* (Phil.) Britton & Rose	NT
120	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Cristaria ovata* Muñoz-Schick	
121	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Euphorbia lactiflua* Phil.	
122	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Gypothamnium pinifolium* Phil.	NT
123	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Heliotropium inconspicuum* Reiche	
124	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Heliotropium linariifolium* Phil.	
125	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Hypochaeris foliosa* (Phil.) Reiche	
126	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Nolana incana* (Phil.) I. M. Johnst.	
127	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Paposoa laeta* (Phil.) N. García	NT
128	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Polyachyrus cinereus* Ricardi & Weldt	

Folio005315

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
129	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Proustia cuneifolia* subsp. *tipia* (Phil.) Luebert	
130	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Sibara anethifolia* (Phil.) Al-Shehbaz	
131	5.- Endémica del Desierto Costero de Taltal	*Viola taltalensis* var. *taltalensis* W. Becker	
132	6.- Endémica regional	*Adesmia viscidissima* I. M. Johnst.	
133	6.- Endémica regional	*Calandrinia sitiens* I. M. Johnst.	
134	6.- Endémica regional	*Cistanthe lamprosperma* (I. M. Johnst.) Peralta & D. I. Ford	
135	6.- Endémica regional	*Dioscorea cylindrostachya* I. M. Johnst.	
136	6.- Endémica regional	*Erigeron paposanum* Phil.	
137	6.- Endémica regional	*Eriosyce paucicostata* subsp. *echinus* (F. Ritter) Ferryman	NT
138	6.- Endémica regional	*Eriosyce paucicostata* subsp. *floccosa* (F. Ritter) Ferryman	NT
139	6.- Endémica regional	*Gutierrezia espinosae* Acevedo	
140	6.- Endémica regional	*Gymnophyton foliosum* Phil.	

Folio005316

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
141	6.- Endémica regional	*Nolana elegans* (Phil.) Reiche	
142	6.- Endémica regional	*Nolana onoana* M. O. Dillon & M. Nakaz.	
143	6.- Endémica regional	*Nolana philippiana* M. O. Dillon & Luebert	
144	6.- Endémica regional	*Oxalis morenoensis* Lourteig	
145	6.- Endémica regional	*Peperomia doellii* Phil.	
146	6.- Endémica regional	*Paronychia johnstonii* var. *johnstonii* Chaudhri	
147	6.- Endémica regional	*Paronychia johnstonii* var. *scabrida* Chaudhri	
148	6.- Endémica regional	*Presliophytum sessiliflorum* (Phil.) R.H. Acuña & Weigend	
149	6.- Endémica regional	*Schizanthus lacteus* Phil.	
150	6.- Endémica regional	*Spergularia stenocarpa* (Phil.) I. M. Johnst.	
151	7.- Distribución disyunta	*Adiantum chilense* var. *hirsutum* Hook. & Grev.	
152	7.- Distribución disyunta	*Acaena trifida* var. glabrescens Regel et Körn	

Folio005317

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
153	7.- Distribución disyunta	*Ageratina glechonophylla* (B. Robinson) R. King & H. Robinson	
154	7.- Distribución disyunta	*Amauropelta argentina* (Hieron.) Salino & T.E. Almeida	
155	7.- Distribución disyunta	*Argylia radiata* (L.) D. Don	
156	7.- Distribución disyunta	*Atriplex glaucescens* Phil.	
157	7.- Distribución disyunta	*Atriplex imbricata* (Moq.) D. Dietr.	
158	7.- Distribución disyunta	*Berberis actinacantha* Martic.	
159	7.- Distribución disyunta	*Bidens andicola* var. *decomposita* Kuntze	
160	7.- Distribución disyunta	*Bidens triplinervia* var. *macrantha* Sherff	
161	7.- Distribución disyunta	*Bowlesia paposana* I. M. Johnst.	
162	7.- Distribución disyunta	*Calandrinia ciliata* (Ruiz & Pav.) DC.	
163	7.- Distribución disyunta	*Calceolaria pinnata* var. pinnata L.	
164	7.- Distribución disyunta	*Callitriche terrestris* subsp. *turfosa* (Bertero emend. Hegelm.) Bacigalupo	

Folio005318

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
165	7.- Distribución disyunta	*Castilleja laciniata* Hook. & Arn.	
166	7.- Distribución disyunta	*Cheilanthes hypoleuca* (Kunze) Mett.	
167	7.- Distribución disyunta	*Cicendia quadrangularis* (Lam.) Griseb.	
168	7.- Distribución disyunta	*Colliguaja odorifera* Molina	
169	7.- Distribución disyunta	*Cryptantha glomerata* subsp. *glomerata* Lehm. ex G.Don	
170	7.- Distribución disyunta	*Cyperus rigens* J. Presl & C. Presl	
171	7.- Distribución disyunta	*Dioscorea besseriana* var. besseriana Kunth	
172	7.- Distribución disyunta	*Eleocharis pseudoalbibracteata* S. González & Guagl.	
173	7.- Distribución disyunta	*Eragrostis attenuata* Hitchc.	
174	7.- Distribución disyunta	*Erodium chilense* I. M. Johnst.	
175	7.- Distribución disyunta	*Euphorbia amandi* Oudejans	
176	7.- Distribución disyunta	*Euphorbia tarapacana* Phil.	
177	7.- Distribución disyunta	*Facelis retusa* (Lam.) Sch. Bip.	

Folio005319

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
178	7.- Distribución disyunta	*Festuca acanthophylla* var. *scabriuscula* (Phil.) J.C. Ospina, Aliscioni & S. Denham	
179	7.- Distribución disyunta	*Galium corymbosum* Ruiz & Pav.	
180	7.- Distribución disyunta	*Gamochaeta deserticola* Cabrera	
181	7.- Distribución disyunta	*Gaultheria insana* (Molina) D. J. Middleton	
182	7.- Distribución disyunta	*Hoffmannseggia prostrata* DC.	
183	7.- Distribución disyunta	*Hypericum silenoides* Juss.	
184	7.- Distribución disyunta	*Ipomoea dumetorum* Willd. ex Roem. & Schult.	
185	7.- Distribución disyunta	*Jarava annua* (Mez) Peñail.	
186	7.- Distribución disyunta	*Junellia selaginoides* var. *selaginoides* (Kunth ex Walp.) Moldenke	
187	7.- Distribución disyunta	*Krameria lappacea* (Dombey) Burdet & B. B. Simpson	
188	7.- Distribución disyunta	*Lepidium auriculatum* Regel & Körn.	

Folio005320

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
189	7.- Distribución disyunta	*Lepidium johnstonii* C. L. Hitchc.	
190	7.- Distribución disyunta	*Linum prostratum* Dombey ex Lam.	
191	7.- Distribución disyunta	*Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze	
192	7.- Distribución disyunta	*Mentzelia scabra* subsp. *atacamensis* (Urb. & Gilg) Weigend	
193	7.- Distribución disyunta	*Myriopteris aurea* (Poir.) Grusz & Windham	
194	7.- Distribución disyunta	*Nasa urens* (Jacq.) Weigend	
195	7.- Distribución disyunta	*Nassella chilensis* var. *chilensis* (Trin.) É. Desv.	
196	7.- Distribución disyunta	*Nolana gracillima* (I. M. Johnst.) I. M. Johnst.	
197	7.- Distribución disyunta	*Oenothera arequipensis* Munz & I. M. Johnst.	
198	7.- Distribución disyunta	*Palaua inconspicua* I. M. Johnst.	
199	7.- Distribución disyunta	*Pellaea ternifolia* (Cav.) Link	LC
200	7.- Distribución disyunta	*Pleopeltis macrocarpa* (Bory ex Willd.) Kaulf.	LC
201	7.- Distribución disyunta	*Portulaca philippii* I. M. Johnst.	

Folio005321

N°	Priorización Catastro	Especie	Categoría conservación
202	7.- Distribución disyunta	*Salvia gilliesii* Benth.	
203	7.- Distribución disyunta	*Salvia rhombifolia* Ruiz & Pav.	
204	7.- Distribución disyunta	*Stachys grandidentata* Lindl.	
205	7.- Distribución disyunta	*Stellaria chilensis* Ped.	
206	7.- Distribución disyunta	*Stevia philippiana* Hieron.	
207	7.- Distribución disyunta	*Tiquilia atacamensis* (Phil.) A. T. Richardson	
208	7.- Distribución disyunta	*Tiquilia grandiflora* (Phil.) A. T. Richardson	
209	7.- Distribución disyunta	*Triodanis perfoliata* subsp. *biflora* (Ruiz & Pav.) Lammers	
210	7.- Distribución disyunta	*Triptilion spinosum* Ruiz & Pav.	
211	7.- Distribución disyunta	*Trisetum caudulatum* Trin.	
212	7.- Distribución disyunta	*Vicia modesta* Phil.	
213	7.- Distribución disyunta	*Villanova oppositifolia* Lag.	
214	7.- Distribución disyunta	*Vulpia octoflora* (Walter) Rydb.	

Fuente: Elaboración propia.

Folio005322

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Cuadro 137. Listado de nombres y datos que completaron los asistentes al primer taller del catastro de especies más amenazadas que si enviaron la encuesta.

N°	1. Indique su nombre	2. Indique su correo electrónico	3. Indique su género	4. Indique su ciudad y país de procedencia	5. ¿Dónde se desempeña actualmente?
1	Carlos Iriarte Marín	CIRIARTE@TALTAL.CL	Masculino	TALTAL-CHILE	Servicio Público
2	Dorys Vega	dvega@goreantofagasta.cl	Femenino	Antofagasta	Servicio Público
3	Bárbara Fuentes	bfuentes@ucn.cl	Femenino	Antofagasta	Universidad
4	Beatriz Ramírez	bramirez@mma.gob.cl	Femenino	Antofagasta, Chile	Servicio Público
5	Roberto Villablanca	rvillablanca.2@mma.gob.cl	Masculino	Antofagasta. Chile	Servicio Público
6	Marco León Calderón	BIDEMA.ATF@INVESTIGACIONES.CL	Masculino	Antofagasta, CHILE	Servicio Público
7	Lorena Herrera	lorena.herrera@mop.gov.cl	Femenino	Antofagasta, Chile	Servicio Público
8	Fernanda Orellana Silva	fernanda.orellana@sag.gob.cl	Femenino	Antofagasta, Chile	Servicio Público
9	Pablo Castillo	castillopablo3@gmail.com	Masculino	Antofagasta	Servicio Público
10	José Luis Jara	jose.jara@conaf.cl	Masculino	Antofagasta - Chile	Servicio Público
11	July Florez	july.flores@ucn.cl	Femenino	Antofagasta, Chile	Universidad
12	Francisco Andreas Gómez	fgomez@fundacionkennedy.cl	Masculino	Antofagasta, Chile	ONG
13	Miguel lagos Covarrubias	mlagos@goreantofagasta.cl	Masculino	Antofagasta	Servicio Público
14	Karina Araya López	karaya@mma.gob.cl	Femenino	Antofagasta Chile	Instituto de Investigación
15	Sergio Ibañez	sergiotibanez@gmail.com	Masculino	Vicuña	Instituto de Investigación
16	Carolina Pañitrur	carolina.panitrur@inia.cl	Femenino	Vicuña, Chile	Instituto de Investigación
17	Ana Sandoval	ana.sandoval@inia.cl	Femenino	Vicuña, Chile	Instituto de Investigación
18	Mauricio Mora	ma.moracareno@gmail.com	Masculino	Antofagasta, Chile	Universidad
19	Leonora Rojas	lrojas@mma.gob.cl	Femenino	Santiago	Servicio Público
20	Beatriz Helena	beatriz.helena@uantof.cl	Femenino	Antofagasta	Universidad

Fuente: Elaboración propia.

Folio005323

Cuadro 138. Respuestas categorizadas sobre los niveles de validación del catastro.

N°	6. Respecto a su apreciación; ¿Qué porcentaje de la flora amenazada del litoral de la Región de Antofagasta es incluida a partir de la clasificación expuesta en este catastro?	7. ¿Está usted de acuerdo con los criterios de jerarquización propuestos para el catastro florístico?	10. ¿Está de acuerdo con el listado de especies propuesto en el catastro florístico?
1	Suficiente (50 a 75%)	De acuerdo	De acuerdo
2	Suficiente (50 a 75%)	De acuerdo	De acuerdo
3	Suficiente (50 a 75%)	De acuerdo	Muy de acuerdo
4	Muy alto (75 a 100%)	De acuerdo	De acuerdo
5	Muy alto (75 a 100%)	Muy de acuerdo	Muy de acuerdo
6	Suficiente (50 a 75%)	Muy de acuerdo	Muy de acuerdo
7	Suficiente (50 a 75%)	De acuerdo	De acuerdo
8	Suficiente (50 a 75%)	Muy de acuerdo	Muy de acuerdo
9	Suficiente (50 a 75%)	Muy de acuerdo	Muy de acuerdo
10	Suficiente (50 a 75%)	De acuerdo	De acuerdo
11	Suficiente (50 a 75%)	De acuerdo	De acuerdo
12	Suficiente (50 a 75%)	De acuerdo	De acuerdo
13	Suficiente (50 a 75%)	De acuerdo	De acuerdo
14	Suficiente (50 a 75%)	Muy de acuerdo	Muy de acuerdo
15	Suficiente (50 a 75%)	Muy de acuerdo	Muy de acuerdo
16	Muy alto (75 a 100%)	Muy de acuerdo	Muy de acuerdo
17	Muy alto (75 a 100%)	Muy de acuerdo	De acuerdo
18	Suficiente (50 a 75%)	De acuerdo	De acuerdo
19	Suficiente (50 a 75%)	De acuerdo	De acuerdo
20	Suficiente (50 a 75%)	De acuerdo	De acuerdo

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 139. Respuestas de los asistentes a la pregunta 9.

N°	9. ¿Propone algún otro criterio específico para detectar de manera preliminar especies amenazadas?
1	PRESENCIA DE GANADO O MASAS GANADERAS
2	desconozco
3	altitud msnm
4	No soy experta en el tema
5	Ninguno
6	No
7	No tengo la expertiz para hacer una sugerencia
8	Presión de herbivoría e importancia trófica para algunas especies de vertebrados
9	No
10	Especies que estén en exposición en zonas de material particulado, como también al dióxido de carbono (CO2), el nitrógeno (N), el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos no quemados (HC), los óxidos de nitrógeno (NOx) y los óxidos de azufre (SOx).
11	Considero que los que se encuentran en el catastro son pertinentes para abordar el estudio.
12	Sensibilidad a cambios climáticos y/o disponibilidad de humedad.
13	No soy especialista, no tengo el conocimiento
14	Son suficientes
15	no
16	-
17	Unicidad filogenética quizás agregaría, me refiero a especies que quizás no estén tan amenazadas o de distribución tan restringida, pero que sean las únicas representantes de su familia o género en la flora de Chile.

Folio005324

N°	9. ¿Propone algún otro criterio específico para detectar de manera preliminar especies amenazadas?
18	Me parecen adecuados los criterios priorizados.
19	La consulta a comunidades locales y considerar el aporte de los profesionales de la región
20	no

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 140. Respuestas de los asistentes a la pregunta 12.

N°	12. Si considera que falta alguna especie, no considerada en el catastro, por favor indicar cuál y por qué:
1	
2	
3	
4	No soy experta en el tema
5	
6	
7	
8	
9	
10	sin comentarios
11	
12	
13	
14	Están todas las de mi interés
15	
16	
17	Me aseguraría que todas las Copiapoas queden dentro, no se si faltarán algunas especies. Salvia tubiflora o las otras salvias nativas, pero que sólo crecen ahí, casos similares al ejemplo del helecho tropical. Monttea no la vi, quizás como una disyunta no tan disyunta.
18	
19	
20	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 141. Respuestas de los asistentes a la pregunta 13.

N°	13. Respecto a "cactáceas" ¿Conoce algún sitio en particular donde sea evidente la degradación de poblaciones de alguna especie en particular? Por favor, comente que especie y explique brevemente por qué.
1	LADERA PONIENTE CERRO MIRADOR PAPOSO, TERMOELECTRICA
2	desconozco
3	no
4	En los alrededores de Michilla
5	Sector Caleta El Cobre, alta mortalidad de Copiapoa solaris, probablemente por disminución del aporte hídrico
6	NO
7	Camino a Las Tórtolas, sector Taltal, es el sector que mejor recuerdo porque vi hace tiempo, un amplio sector con ejemplares negros; como quemados.
8	Quebrada del diablo, sector costero de Michilla, poblaciones de Eulychnia iquiquensis con alrededor de 90% de mortalidad
9	Camino a Taltal ingresando a Paposo
10	Reserva Nacional La chimba, por el material volátil de plásticos y similares

Folio005325

N°	13. Respecto a "cactáceas" ¿Conoce algún sitio en particular donde sea evidente la degradación de poblaciones de alguna especie en particular? Por favor, comente que especie y explique brevemente por qué.
11	No tengo conocimiento al respecto
12	Parque nacional Morro Moreno, Eulychnia iquiquensis, disminución en la intensidad de niebla costera (camanchaca) probablemente, como efecto del cambio climático.
13	No conozco sitios costeros con lo consultado
14	Taltal
15	no
16	-
17	no
18	Reserva Nacional La Chimba, donde las especies Eulychnia iquiquensis y Copiapoa boliviana se han visto los últimos años con % de mortalidad muy altos. También en sectores colindantes que hoy en día no están protegidos por el SNASPE. Además, los signos de cambio climático parecen estar afectando de forma importante al ecosistema ahí presente, poniendo en riesgo las demás especies registradas (88 sp. de flora nativa según catastro FIC-R).
19	
20	Se sugiere chequear Reserva la Chimba y Morro Moreno

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 142. Respuestas de los asistentes a la pregunta 14.

N°	14. Respecto a otras especies ("no cactáceas") ¿Conoce algún sitio en particular donde sea evidente la degradación de poblaciones de alguna especie en particular? Por favor, comente que especie y explique brevemente por qué.
1	LADERA PONIENTE CERRO MIRADOR PAPOSO, TERMOELECTRICA
2	desconozco
3	no
4	No
5	Quebradas al norte y sur de Paposo por la presencia de especies exóticas invasoras (Brassica, Mesembryanthemum)
6	NO
7	No
8	no
9	.
10	En los faldeos de la Reserva Nacional La Chimba, específicamente Nolanas, en épocas de floración se ven afectadas por la intervención antrópica
11	No conozco de un sitio en particular a parte de los que se encuentran incluidos.
12	no
13	No tengo conocimiento
14	Reserva Nacional La Chimba
15	no
16	-
17	no
18	Pareciera existir un pequeño oasis de niebla detrás del sector Coviefi en Antofagasta que sería muy interesante revisar y poner en valor, así como evaluar alguna alternativa de protección. Algunas especies con rangos de distribución muy acotados presentes en la Reserva Nacional La Chimba parecen también estar presentes en este sector, por tanto sería valioso catastrar y proteger estas poblaciones.
19	
20	En Seminario del Magíster MAyDES (estudiantes multidisciplinarios), se conversó en alguna oportunidad que en la Chimba están siendo afectadas las Eulychnia iquiquensis (detrás del ex-vertedero).

Fuente: Elaboración propia.

Folio005326

Cuadro 143. Respuestas de los asistentes a la pregunta 15.

N°	**15. Por favor si tiene cualquier otra observación que permita mejorar el catastro propuesto, indicar:**
1	DETERMINAR LA INCIDENCIA ANTROPICA SOBRE LA MASA VEGETACIONAL
2	no tengo
3	ninguna
4	Sugiero poner una opción de respuesta, No sabe o No responde
5	Ninguna
6	NO
7	Ninguna
8	Considerar el efecto que ejercen algunas personas que ilegalmente extraen recursos (agua) en algunas quebradas, el tránsito constante de sus vehículos pesados (camionetas y camiones) en actividades extractivas (micro minería)
9	trabajar directamente con las comunidades aumentará nivel de información.
10	No por el momento
11	Considero que el trabajo está muy bien estructurado y aborda adecuadamente los objetivos.
12	Evaluar importancia de la cantidad y calidad de la "Camanchaca" para ciertas especies que pueden ser más sensibles.
13	Ninguna
14	Excelente trabajo
15	no tengo
16	-
17	ninguna
18	Existen varias especies que se pudieron confirmar en el catastro de flora FIC-R 2019 con presencia en la Reserva Nacional La Chimba y que no aparecen mencionadas con dicha presencia en el Cuadro de especies priorizadas. Algunos ej que alcancé a observar: Calceolaria rinconada, Nolana diffusa, Eryosice recondita (se menciona norte de Antofagasta), Eryosice rodentiophila (se menciona Quebrada Matancilla como límite de distribución norte), Atriplex taltalensis (se menciona Miguel Díaz como límite de distribución norte, no obstante, existe un registro confirmado de M. Dillon en la década del 80 en Quebrada La Chimba). Por otra parte, se menciona Nolana lachimbensis con presencia desde Morro Moreno hasta La Chimba, no obstante M. Dillon y Luis Faúndez mencionan que no se puede confirmar que se traten ambas de la misma especie por presentar una diferencia en la pubescencia.
19	
20	Se sugiere considerar el estado de salud de la vegetación y/o condición fitosanitaria (atacados por patógenos). Conocer qué porcentaje de la vegetación se ha visto amenazada por la actividad antrópica (efecto del material particulado enriquecidos por metales pesados), entre otras.

Fuente: Elaboración propia.

Folio005327

Anexo objetivo IV – Priorización de áreas y especies / Cuadros de atributo de la cartografía

Folio005328

Cuadro 144. Resumen del diagnóstico de la condición de la flora costera de la Región de Antofagasta.

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
1	*Heliotropium jaffuelii*	7	-	2	-	106.99848	7.55565	Expansión urbana y erosión	Estable	2	1
2	*Rimacactus laui*	25	90,000	1	-	126.05912	8.28767	-	Estable	0	0
3	*Malesherbia tocopillana*	100	25,000	2	-	120.765672	8.26062515	Erosión	Estable	2	1
4	*Dioscorea biloba subsp. biloba*	294	67,500	1	-	119.93916	2.71482	-	Estable	0	0
5	*Linum cremnophilum*	-	-	2	-	9.391395	0.102055	-	Disminuyendo	0	0
6	*Copiapoa conglomerata*	243,363	27,500,000	1	-	4.99307	2.50303	Expansión urbana y erosión	Estable	0	0
7	*Cistanthe chrysantha*	-	-	6	-	18.4245933	1.298905	-	Disminuyendo	0	0
8	*Tillandsia tragophoba*	115	-	1	-	118.93457	5.51362	-	Estable	1	1
9	*Plantago johnstonii*	47	30,000	1	-	46.20952	4.63115	-	Estable	1	1
10	*Adesmia gracillima*	55		2	-	56.7755267	4.79670333	-	Aumentando	0	0
11	*Plantago nebularis*	36	678	1	-	17.69855	21.05087	-	Estables	2	1
12	*Reyesia cactorum*	2		2	-	31.6273741	4.43351824	Erosión	Aumentando	0	0
13	*Calandrinia sitiens*	-		1	-	66.65712	4.94529	-	Disminuyendo	0	0
14	*Copiapoa decorticans*	3,720	60,000	1	-	4.99307	2.50303	-	Estable	0	0

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
15	*Lathyrus lomanus*	32	45,000	2	-	2.42883	2.89065	Obras civiles	Aumentando	0	0
16	*Oxalis ricardii*	-	-	4	-	60.525985	3.6631225	-	Disminuyendo	0	0
17	*Nolana onoana*	57	50,000	6	-	40.469138	10.878646	Obras civiles y basurales	Disminuyendo	0	0
18	*Mathewsia collina*	6	-	3	-	66.21845	6.06163	-	Disminuyendo	0	0
19	*Copiapoa montana*	2,483,445	65,404,014	10	ES	86.15904	5.20141769	Ganadería extensiva	Aumentando	1	1
20	*Sibara dilloniorum*	18	153,600	4	-	11.378745	5.138692	-	Disminuyendo	0	0
21	*Spergularia aberrans*	215	312,500	6	-	78.67921	15.2663667	-	Disminuyendo	0	0
22	*Senecio botijae*	2	-	2	-	8.756655	3.3287	Erosión	Estable	0	0
23	*Dioscorea cylindrostachya*	-	-	4	-	30.6539333	8.90934667	-	Disminuyendo	0	0
24	*Griselinia carlomunozii*	5	-	3	-	88.898466	5.195964	Ganadería extensiva	Aumentando	0	0
25	*Calceolaria rinconada*	14	-	7	-	59.7566843	9.02496857	-	Disminuyendo	1	1
26	*Bipinnula taltalensis*	-	-	2	-	60.6817	4.202135	-	Disminuyendo	0	0
27	*Copiapoa humilis subsp. tenuissima*	-	-	5	-	30.7906467	6.65038833	-	Disminuyendo	0	0

Folio005329

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
28	*Nolana lachimbensis*	257,831	810,000	2	-	51.4260521	21.3708947	-	Estable	2	2
29	*Eriosyce recondita*	33,186	2,500,000	2	-	27.69615	20.36095	Erosión	Disminuyendo	0	0
30	*Palaua modesta*	42,481,932	107,094,784	8	8pm	66.89001	4.752296	Obras civiles y erosión	Aumentando	0	0
31	*Oxalis ericoides*	2,122	30,000	3	-	29.36488	4.39276	-	Aumentando	1	1
32	*Copiapoa grandiflora*	132,063	800,000	7		13.4245492	0.17599615	-	Disminuyendo	3	1
33	*Plectocephalus atacamensis*	30,962	1,750,000	6	-	94.18753	4.70287333	Obras civiles	Aumentando	1	1
34	*Plectocephalus cachinalensis*	5		4	-	5.72959	0.06172333	Ganadería extensiva y erosión	Disminuyendo	0	0
35	*Dalea azurea*	295	11,250,000	5	-	76.264026	5.100088	Ganadería extensiva y herbivoros nativos	Disminuyendo	2	1
36	*Copiapoa laui*	888	2,000	5	-	15.90184	0.22047	Obras civiles	Disminuyendo	0	0
37	*Drymaria paposana var. paposana*	-	-	8	-	82.2988543	6.04702714	-	Disminuyendo	0	0
38	*Alstroemeria graminea*	-	-	19	PREC5	87.1191041	4.24266976	-	Disminuyendo	2	1
39	*Viola taltalensis*	-	-	7	-	102.29967	2.76405	-	Disminuyendo	1	1

Folio005330

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
40	*Spergularia cremnophila*	-	-	3	-	7.660105	0.18505	-	Disminuyendo	0	0
41	*Monttea chilensis var. taltalensis*	3,168,248	649,131,121	17	ES	54.6300929	4.312254	-	Disminuyendo	0	0
42	*Berberis litoralis*	40	3,600	3	-	54.2315733	4.45253667	Ganadería extensiva	Disminuyendo	0	0
43	*Nolana dianae*	43,326	2,450,000	5	-	71.950352	14.384686	-	Aumentando	1	1
44	*Nolana philippiana*	159,155	12,000,000	2	-	35.56678	3.90541667	Obras civiles	Aumentando	0	0
45	*Palaua concinna*	982,295	65,401,290	18	P	68.5445136	4.67065182	Erosión	Disminuyendo	2	2
46	*Heliotropium inconspicuum*	1,110,962	1,256,468,664	13	BIO3	36.2666526	1.59716	-	Disminuyendo	0	0
47	*Proustia cuneifolia subsp. tipia*	2,483,445	6,488,095,727	14	My	75.4479392	4.4070625	-	Aumentando	1	1
48	*Eulychnia saint-pieana*	967,982	1,373,356,668	7	BIO3	17.7129177	0.31726	Aumento herbivoros nativos	Aumentando	1	1
49	*Cryptantha taltalensis*	-	-	3	-	101.753513	2.979025	-	Disminuyendo	0	0
50	*Copiapoa humilis subsp. tocopillana*	-	-	3	-	30.7906467	6.65038833	-	Disminuyendo	0	0
51	*Calandrinia taltalensis*	14,774,287	537,104,632	10	ES	62.7408175	4.55921917	Obras civiles y ganadería extensiva	Aumentando	0	0

Folio005331

Folio005332

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
52	*Dicliptera paposana*	552	21,600	7	-	74.5320657	4.92539429	Ganadería extensiva	Disminuyendo	3	3
53	*Heliotropium philippianum*	106,103	12,000,000	13	-	52.2402289	4.30403889	Aumento herbivoros nativos	Disminuyendo	2	2
54	*Oxalis matancillae*	-	-	4	-	55.5584657	4.64997857	-	Disminuyendo	0	0
55	*Copiapoa angustiflora*	9,903	160,000	1	-	15.27489	0.18505	Obras civiles	Estable	0	0
56	*Copiapoa aphanes*	-	-	1	-	129.13353	2.24368	-	Disminuyendo	0	0
57	*Copiapoa krainziana*	42,441	200,000	1	-	104.24512	3.18984	Basurales	Estable	1	1
58	*Copiapoa desertorum*	2,829	20,000	1	-	94.26495	1.43564	Obras civiles	Estable	0	0
59	*Copiapoa esmeraldana*	-	-	1	-	6.55005	0.0612	Obras civiles	Disminuyendo	0	0
60	*Copiapoa longistaminea*	7,073,553	50,000,000	6	-	27.120425	0.3064525	Obras civiles y erosión	Disminuyendo	2	1
61	*Copiapoa rarissima*	-	-	1	-	125.75436	5.48513	-	Disminuyendo	0	0
62	*Croton chilensis*	2,158,383	312,290,942	9	fMH	88.594628	5.265786	Ganadería extensiva	Disminuyendo	1	1
63	*Nolana tocopillensis*	517,254	9,000,000	9	-	56.7092267	7.76778	Actividades productivas	Disminuyendo	0	0
64	*Nolana elegans*	11,817,218	528,120,096	13	ES	65.8802865	4.67218588	Erosión	Estables	1	1

Folio005333

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
65	*Cristaria leucantha*	174	13.500.000	2	-	12.52024	4.15437	Ganadería extensiva	Estables	0	0
66	*Heliotropium taltalense*	11.781.346	412.037.865	21	ES	94.5959981	5.32426872	Ganadería extensiva	Disminuyendo	2	1
67	*Tropaeolum beuthii*	429.738	67.037.592	13	ES	70.0108436	4.58331929	-	Disminuyendo	0	0
68	*Senna paposana*	91	2.080.000	6	-	69.17911	4.88705733	-	Disminuyendo	2	2
69	*Nolana balsamiflua*	18.900	1.280.000	7	-	59.495775	14.3080233	Actividades productivas	Estables	1	1
70	*Eulychnia taltalensis*	5.698.122	940.168.013	29	My	70.6127112	4.22219732	Ganadería extensiva	Disminuyendo	1	1
71	*Oxalis caesia*	84.883	3.200.000	10	-	106.955217	5.45579879	-	Disminuyendo	0	0
72	*Eriosyce esmeraldana*	95	800.000	5	-	13.478656	0.187322	Obras civiles	Disminuyendo	0	0
73	*Eriosyce malleolata*	-	-	5	-	76.485715	1.22981	-	Disminuyendo	0	0
74	*Eriosyce taltalensis subsp. pygmaea*	35	6.300	6	-	6.67258333	0.07994667	-	Disminuyendo	0	0
75	*Viola johnstonii*	-	-	4	-	91.647698	5.320468	-	Disminuyendo	1	1
76	*Copiapoa solaris*	27.743.776	2.362.761,428	4	BIO2	17.755545	11.486666	Actividades productivas y obras civiles	Disminuyendo	0	0

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
87	*Puya boliviensis*	5,511,930	10,860,360,681	23	8pm	62.8240131	4.83530231	Ganadería extensiva	Disminuyendo	3	2
88	*Eriosyce taltalensis subsp. taltalensis*	8,648,397	2,238,239,524	9	My	67.2335318	2.21876636	Expansión urbana	Disminuyendo	1	1
89	*Tigridia philippiana*	3,991,720	571,459,469	12	ES	49.2875119	10.052582	Expansión urbana	Disminuyendo	2	2
90	*Deuterocohnia chrysantha*	31,996,610	4,941,090,803	22	TMIN4	31.5624087	2.97770273	Obras civiles	Disminuyendo	2	1
91	*Eriosyce iquiquensis*	64	8,000,000	8	-	57.12913	10.0647933	Erosión	Disminuyendo	1	1
92	*Atriplex taltalensis*	53,518,323	3,668,351,399	15	fMH	42.3289796	7.96875571	Ganadería extensiva y erosión	Disminuyendo	2	1
93	*Gutierrezia taltalensis*	7,220,391	1,649,711,183	16	Se	61.5456221	4.28805857	Erosión	Disminuyendo	1	1
94	*Eulychnia iquiquensis*	3,615,775	6,195,979,165	15	My	48.689625	15.096669	Actividades productivas a pequeña escala	Disminuyendo	0	0
95	*Prosopis tamarugo*	6,239,694	1,626,020,234	65	BIO12	4.041615	0.2002775	-	Estable	0	0
96	*Cistanthe cachinalensis*	25,184,492	981,072,607	37	O	72.5848448	7.13378714	Ganadería extensiva y erosión	Disminuyendo	2	2
97	*Polypodium pycnocarpum*	-	-	4	-	44.0821	8.23547	-	Disminuyendo	0	0

Folio005334

Folio005335

N	Especie	Número de individuos estimados	Superficie (m2)	Número de localidades registradas	Variable climatica más relevante	Valor influencia minería	Valor influencia proyectos con impacto ambiental	Amenaza más frecuente	Tendencia	Accesiones conservadas	Poblaciones conservadas
98	*Salvia tubiflora*	707.370	190,480,269	12	Se	81.766308	5.244908	Erosión	Disminuyendo	3	3
99	*Asplenium peruvianum*	18	2,700	3	-	52.5548733	10.35272	-	Disminuyendo	0	0
100	*Lycium boerhaviaefolium*	936.618	504,423,815	7	My	70.4516663	21.0623678	Herbivoros nativos	Disminuyendo	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Folio005336

Cuadro 145. Cuadro de atributos de las capas de vegetación. Para cada capa se indica su número de identificación (ID), el tipo de vegetación y nombre de la formación (ver Cuadro 25).

Nombre de la capa	ID	Tipo	Formación
Oasis de niebla	1	Oasis de niebla	Matorral poco denso con suculentas de *Nolana ramosissima* y *Eulychnia taltalensis*
Desierto de Taltal	2	Desierto costero de Taltal	Matorral muy claro de *Nolana villosa* y *Gypothamnium pinifolium*
	3	Desierto costero de Taltal	Matorral muy claro de *Tetragonia maritima* y *Heliotropium pycnophyllum*
Formación de Copiapoa	4	Formaciones de Copiapoa	Matorral escaso con suculentas de *Cristaria integerrima* y *Copiapoa gigantea*
Desierto de Tocopilla	5	Desierto costero de Tocopilla	Matorral claro con suculentas de *Copiapoa solaris* y *Heliotropium pycnophyllum*
	6	Desierto costero de Tocopilla	Matorral muy escaso de *Tetragonia maritima* y *Nolana peruviana*
	7	Desierto costero de Tocopilla	Matorral muy claro de *Solanum brachyantherum* y *Nolana sedifolia*
	8	Desierto costero de Tocopilla	Matorral muy escaso de *Philippiamra amaranthoides* y *Huidobria fruticosa*
Área sin vegetación	9	Sin vegetación	Sin vegetación

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 146. Diccionario de campos de las capas de cobertura de vegetación.

DESCRIPCIÓN DE LOS ATRIBUTOS O CAMPOS DE INFORMACIÓN VECTORIAL		
CAMPO:	ID	
DESCRIPCIÓN:	Número correlativo identificador de cada objeto espacial	
Tipo de datos	Integer	
Dominio de datos		
	1	Numeración correspondiente a la vegetación del tipo "oasis de niebla"
	2 y 3	Numeración correspondiente a la vegetación del tipo "desierto de Taltal"
	4	Numeración correspondiente a la vegetación del tipo "formación de Copiapoa"
	5 a 8	Numeración correspondiente a la vegetación del tipo "desierto de Tocopilla"
	9	Numeración correspondiente a la vegetación del tipo "áreas sin vegetación"
CAMPO:	Tipo	
DESCRIPCIÓN:	Nombre del tipo de vegetación de la capa correspondiente.	
Tipo de datos	CharacterString	
Dominio de datos		

Folio005337

DESCRIPCIÓN DE LOS ATRIBUTOS O CAMPOS DE INFORMACIÓN VECTORIAL

Oasis de niebla	Formación que se encuentra en sitios con mayor incidencia de la humedad costera, lo que permite un profuso desarrollo de la vegetación. Se encuentra formando una franja continua entre la Quebrada La Plata en el norte hasta Taltal en el sur. Además, presenta algunos parches aislados en Miguel Díaz y Las Lomitas en el Parque Nacional Pan de Azúcar. Altitudinalmente, se detectó esta formación entre los 200 a los 1.000 msnm.
Desierto de Taltal	Este tipo vegetacional comprende la extensión de la formación del mismo nombre determinada por Gajardo (1994). En este estudio, este tipo vegetacional se extiende continuamente desde Paposo en el norte hasta el límite regional, probablemente extendiéndose más hacia la Región de Atacama. Sin embargo, se encuentra discontinuamente en sitios con alta incidencia de niebla hasta la Península de Mejillones, reemplazando a la vegetación de oasis de niebla.
Formación de Copiapoa	Esta formación se encuentra en los bordes de los oasis de niebla, extendiéndose por la costa desde el sur de Cifuncho hasta las cercanías de El Cobre, alejándose un poco del nivel del mar. Altitudinalmente, se encuentra desde los 0 hasta más de los 1.000 msnm. Sin embargo, esta formación evita las altitudes medias, donde más incide la niebla.
Desierto de Tocopilla	Este tipo vegetacional se encuentra desde los alrededores de Paposo en el sur, hasta el límite regional en el norte, probablemente extendiéndose más hacia la Región de Tarapacá. Se detectaron parches de esta formación al sur de la Región, adyacente al PN Pan de Azúcar.
Área sin vegetación	Sitios carentes de vegetación, o solo con vegetación azonal.

CAMPO: Formación
DESCRIPCIÓN: Unidades COT definidas a partir del analisis floristico
Tipo de datos CharacterString

Dominio de datos

Folio005338

DESCRIPCIÓN DE LOS ATRIBUTOS O CAMPOS DE INFORMACIÓN VECTORIAL	
Matorral poco denso con suculentas de *Nolana ramosissima* y *Eulychnia taltalensis*	Formación que se encuentra en sitios con mayor incidencia de la humedad costera, lo que permite un profuso desarrollo de la vegetación. Se encuentra formando una franja continua entre la Quebrada La Plata en el norte hasta Taltal en el sur. Además, presenta algunos parches aislados en Miguel Díaz y Las Lomitas en el Parque Nacional Pan de Azúcar. Altitudinalmente, se detectó esta formación entre los 200 a los 1.000 msnm.
Matorral muy claro de *Tetragonia maritima* y *Heliotropium pycnophyllum*	Esta formación se encuentra principalmente en el sur de la Región de Antofagasta, aunque también corresponde a la continuación de la formación anterior hacia el norte, con presencia incluso en el Morro Moreno. Altitudinalmente se ha registrado desde alrededor de los 0 hasta aproximadamente los 800 msnm.
Matorral muy claro de *Nolana villosa* y *Gypothamnium pinifolium*	Esta formación se encuentra principalmente en el sur de la Región de Antofagasta, extendiéndose hasta Paposo hacia el norte, hasta la zona de la Aguada de Jacinto Díaz. Altitudinalmente se encuentra desde alrededor de los 200 hasta aproximadamente los 900 msnm, siempre más alejado de la costa que la siguiente formación.
Matorral escaso con suculentas de *Cristaria integerrima* y *Copiapoa gigantea*	Esta formación se encuentra en los bordes de los oasis de niebla, extendiéndose por la costa desde el sur de Cifuncho hasta las cercanías de El Cobre, alejándose un poco del nivel del mar. Altitudinalmente, se encuentra desde los 0 hasta más de los 1.000 msnm. Sin embargo, esta formación evita las altitudes medias, donde más incide la niebla.
Matorral claro con suculentas de *Copiapoa solaris* y *Heliotropium pycnophyllum*	Esta formación se encuentra de manera discontinua en dos franjas. La primera entre Miguel Díaz al norte de El Cobre, mientras que la segunda se encuentra entre Caleta Hornos hasta el sur de Michilla. Altitudinalmente, se encuentra entre los 600 a los 800 msnm.

Folio005339

DESCRIPCIÓN DE LOS ATRIBUTOS O CAMPOS DE INFORMACIÓN VECTORIAL	
Matorral muy escaso de *Tetragonia maritima* y *Nolana peruviana*	Esta formación se encuentra en los bordes de la formación de Solanum brachyantherum y Nolana sedifolia, entre la Península de Mejillones en el sur hasta el norte de Tocopilla. Esta formación también se encuentra en el PN Pan de Azúcar, en la zona de Pampa Blanca. Altitudinalmente, se encuentra entre los 40 a los 1.000 msnm, aunque concentrada en menores altitudes, desde el límite inferior hasta los 400 msnm.
Matorral muy claro de *Solanum brachyantherum* y *Nolana sedifolia*	Esta formación se encuentra desde la zona de Paposo en el sur hasta las cercanías de Tocopilla, pudiendo alcanzar grandes altitudes, aunque también presente cercana al nivel del mar. También se encuentra en la zona de Esmeralda, en un afloramiento de arenisca rico en sílice, lo que permite una gran diversidad de especies de Copiapoa. Altitudinalmente, se encuentra entre los 40 a los 1.800 msnm, localizándose en los sitios donde más incide la niebla en el norte de la Región.
Matorral muy escaso de *Philippiamra amaranthoides* y *Huidobria fruticosa*	Esta formación se encuentra en el límite interior de la vegetación, tanto en el sur como en el norte de la Región. Altitudinalmente, se encuentra entre los 800 a los 1.700 msnm.
Sin vegetación	Sitios carentes de vegetación, o solo con vegetación azonal.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 147. Diccionario de campos de las capas de presencias de especies.

DESCRIPCIÓN DE LOS ATRIBUTOS O CAMPOS DE INFORMACIÓN VECTORIAL	
CAMPO:	ID
DESCRIPCIÓN:	Número correlativo identificador de cada objeto espacial
Tipo de datos	Integer
CAMPO:	Especie
DESCRIPCIÓN:	Nombre del taxón del cual se indica la presencia
Tipo de datos	CharacterString

Folio005340

DESCRIPCIÓN DE LOS ATRIBUTOS O CAMPOS DE INFORMACIÓN VECTORIAL	
CAMPO:	Este (X)
DESCRIPCIÓN:	Coordenada UTM, indicando la distancia en metros al este
Tipo de datos	double
CAMPO:	Norte (Y)
DESCRIPCIÓN:	Coordenada UTM, indicando la distancia en metros al norte
Tipo de datos	double
CAMPO:	Tipo
DESCRIPCIÓN:	Naturaleza de la representación del punto respectivo
Tipo de datos	CharacterString
Dominio de datos	
GI:	Grupo de individuos; representa la localización de poblaciones o un número indeterminado de individuos
I:	Individuos; representa la localización exacta de plantas individuales registradas en terreno

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 148. Diccionario de acrónimos usados para los indicadores de humedad relativa en los archivos raster.

DESCRIPCIÓN DE LOS ARCHIVOS RASTER	
CAPA RASTER:	PA
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas de humedad relativa durante el año 2020.
Tipo de datos	Double
Banda 1	
0 a 100	Promedio anual de la humedad relativa.
CAPA RASTER:	DS
DESCRIPCIÓN:	Desviación estandar de la humedad relativa. Desviación estandar de todas las lecturas de humedad relativa durante el año 2020.
Tipo de datos	Double
Banda 1	
0 a 4472	Desviación estandar de la humedad relativa.
CAPA RASTER:	CV
DESCRIPCIÓN:	Desviación estandar dividido en el promedio anual, multiplicado por 100
Tipo de datos	Double
Banda 1	
0 a 100	Coeficiente de variación de la humedad relativa
CAPA RASTER:	ES
DESCRIPCIÓN:	Humedad relativa promedio del cuarto de año más seco

Folio005341

DESCRIPCIÓN DE LOS ARCHIVOS RASTER		
	Tipo de datos	Double
	Banda 1	
	0 a 100	Humedad relativa de la estación más seca
CAPA RASTER:	Hma	
DESCRIPCIÓN:	Promedio de las lecturas más altas de humedad relativa registradas de cada día del año	
	Tipo de datos	Double
	Banda 1	
		Promedio de la humedad relativa máxima del día
CAPA RASTER:	Hmi	
DESCRIPCIÓN:	Promedio de las lecturas más bajas de humedad relativa registradas de cada día del año	
	Tipo de datos	Double
	Banda 1	
		Promedio de la humedad relativa mínima del día
CAPA RASTER:	MH	
DESCRIPCIÓN:	Valor más alto de los promedio de todas las lecturas de humedad relativas de cada mes	
	Tipo de datos	Double
	Banda 1	
		Promedio de la humedad relativa del mes más húmedo
CAPA RASTER:	MS	
DESCRIPCIÓN:	Valor más bajo de los promedio de todas las lecturas de humedad relativas de cada mes	
	Tipo de datos	Double
	Banda 1	
		Promedio de la humedad relativa del mes más seco
CAPA RASTER:	O	
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas registradas desde el 20 de marzo 2020 al 20 de junio 2020	
	Tipo de datos	Double
	Banda 1	
		Humedad relativa de otoño
CAPA RASTER:	I	
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas registradas desde el 20 de junio 2020 al 22 de septiembre 2020	
	Tipo de datos	Double
	Banda 1	
		Humedad relativa de invierno
CAPA RASTER:	P	
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas registradas desde el 22 de septiembre 2020 al 21 de diciembre 2020	

Folio005342

DESCRIPCIÓN DE LOS ARCHIVOS RASTER	
Tipo de datos **Banda 1**	Double Humedad relativa de primavera
CAPA RASTER:	Ab
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas registradas durante el mes de abril
Tipo de datos **Banda 1**	Double Humedad relativa en el mes de abril
CAPA RASTER:	My
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas registradas durante el mes de mayo
Tipo de datos **Banda 1**	Double Humedad relativa en el mes de mayo
CAPA RASTER:	Jl
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas registradas durante el mes de julio
Tipo de datos **Banda 1**	Double Humedad relativa en el mes de julio
CAPA RASTER:	Se
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas registradas durante el mes de septiembre
Tipo de datos **Banda 1**	Double Humedad relativa en el mes de septiembre
CAPA RASTER:	No
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas registradas durante el mes de noviembre
Tipo de datos **Banda 1**	Double Humedad relativa en el mes de noviembre
CAPA RASTER:	2am
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas del año registradas a las 2:00 am
Tipo de datos **Banda 1**	Double Promedio anual de la humedad relativa a las 2:00 am
CAPA RASTER:	5am
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas del año registradas a las 5:00 am
Tipo de datos	Double

Folio005343

DESCRIPCIÓN DE LOS ARCHIVOS RASTER	
	Banda 1
	Promedio anual de la humedad relativa a las 5:00 am
CAPA RASTER:	8am
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas del año registradas a las 8:00 am
Tipo de datos	Double
Banda 1	
	Promedio anual de la humedad relativa a las 8:00 am
CAPA RASTER:	8pm
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas del año registradas a las 8:00 pm
Tipo de datos	Double
Banda 1	
	Promedio anual de la humedad relativa a las 8:00 pm
CAPA RASTER:	11pm
DESCRIPCIÓN:	Promedio de todas las lecturas del año registradas a las 11:00 pm
Tipo de datos	Double
Banda 1	
	Promedio anual de la humedad relativa a las 11:00 pm
CAPA RASTER:	fMH
DESCRIPCIÓN:	Numero de lecturas que alcanzan el 100% de humedad relativa dividido por el numero total de lecturas durante el mes más humedo del año registrado
Tipo de datos	Double
Banda 1	
	Probabilidad de registro del punto de rocío en el mes más húmedo
CAPA RASTER:	freqJl
DESCRIPCIÓN:	Numero de lecturas que alcanzan el 100% de humedad relativa dividido por el numero total de lecturas durante el mes julio
Tipo de datos	Double
Banda 1	
	Probabilidad de registro del punto de rocío en el mes de julio

Fuente: Elaboración propia.

CENTRO DE ECOLOGIA APLICADA

Informe Final

Diagnóstico del caudal ambiental del río Loa, región de Antofagasta

CODIGO BIP 30130919-0

Centro de Ecología Aplicada Ltda. · Julio 2020

Gobierno Regional
Región de Antofagasta
Gobierno de Chile

Gobierno Regional
de Antofagasta

CONTROL DEL DOCUMENTO			
Versión	**Fecha**	**Elaborado por**	**Aprobado por**
0	04/05/2020	Alejandro Aguado Anaysa Elgueta Andrés Charrier Benjamín González César Herrera Cristián Godoy Elizabeth Chihuailaf Eduardo Rubio (Eridanus) Felipe Díaz Ghia Durán Gonzalo Parada Italo Serey Jorge Wicha Leopoldo Fuentes Salvador López Valentina Carmona Werther Kern Yovana Leal	José Peralta
1	01/07/2020	Alejandro Aguado Anaysa Elgueta Andrés Charrier Benjamín González César Herrera Cristián Godoy Elizabeth Chihuailaf Eduardo Rubio (Eridanus) Felipe Díaz Ghia Durán Gonzalo Parada Italo Serey Jorge Wicha Leopoldo Fuentes Salvador López Valentina Carmona Werther Kern Yovana Leal	José Peralta

Folio005346

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe corresponde al informe final asociado al desarrollo del estudio "Diagnóstico del caudal ambiental del río Loa, Región de Antofagasta" por parte del Centro de Ecología Aplicada (CEA), en respuesta al llamado a licitación del Gobierno Regional de Antofagasta, a raíz del diagnóstico preliminar del deterioro de la calidad ambiental del curso fluvial, debido a múltiples razones.

La metodología de la totalidad del estudio se divide en 4 etapas que corresponden a 4 objetivos específicos muy concretos. La primera, de recopilación y sistematización de información disponible y levantamiento de aquella no disponible o faltante; la segunda, de análisis hidrológico y de construcción de un modelo ecohidrológico y cálculo de caudal ambiental en diversos tramos de interés ambiental en el río, lo que incluye la modelación de series hidrológicas teniendo en consideración el cambio climático y diferentes escenarios; la tercera, de evaluación económica y de análisis de costo/beneficio del establecimiento de diversos caudales ambientales, dados los diversos servicios ecosistemas que entrega el curso fluvial y, la cuarta, de difusión y transferencia de información relevante levantada en el estudio, lo que incluye diversas actividades de difusión, de capacitación y de transferencia tecnológica a la comunidad. Esta etapa incluye, como una forma de aportar en la solución de las múltiples causas que producen el deterioro de este cuerpo de agua, la elaboración de una cartera de proyectos para ser utilizada en postulaciones a financiamiento posterior.

Folio005347

CENTRO DE ECOLOGIA APLICADA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 1-1
1.1 Área de Estudio 1-2
1.2 Objetivos 1-3
1.2.1 Objetivo General 1-3
1.2.2 Objetivos Específicos 1-3
2 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL ESTUDIO 2-1
2.1 Enfoque para el desarrollo del estudio 2-1
2.1.1 Involucramiento de los actores del territorio 2-1
2.1.2 Estrategia Técnica 2-2
2.2 OE-0: Ajuste metodológico y desarrollo de Plan de Trabajo Definitivo 2-5
2.3 OE-1: Realizar un diagnóstico ambiental de la cuenca del río Loa y sus tributarios 2-6
2.3.1 Levantamiento de información disponible 2-7
2.3.2 Levantamiento de información complementaria en terreno 2-14
2.3.3 Diagnóstico integrado del estado ambiental actual de la cuenca del río Loa y sus tributarios 2-31
2.4 OE-2: Construir un modelo eco hidrológico integrado, determinando caudales ambientales 2-33
2.4.1 Análisis de modelos hidrológicos 2-33
2.4.2 Determinación de Caudal Ambiental 2-34
2.4.3 Elaboración del Modelo hidrológico integral 2-44
2.4.4 Análisis de escenarios para regímenes futuros de caudal 2-44
2.4.5 Construcción de Guía Metodológica para la estimación de Caudal Ambiental 2-47
2.5 OE-3: Analizar los costos/beneficios de la implementación de caudales ambientales en la cuenca del río Loa 2-49
2.5.1 Selección de los servicios ecosistémicos 2-49
2.5.2 Valoración de servicios ecosistémicos y evaluación costo/beneficio 2-50
2.5.3 Evaluación macroeconómica 2-50

Folio005348

2.6 OE-4: Realizar una transferencia y difusión de la metodología para la evaluación del caudal ambiental, incluyendo el desarrollo de una cartera de proyectos. 2-52
2.6.1 Actividades de difusión.....2-52
2.6.2 Actividades de capacitación 2-53
2.6.3 Cartera de Proyectos 2-53
3 DESARROLLO OE-1.....3-1
3.1 Levantamiento de información disponible.....3-1
3.1.1 Descripción de la cuenca 3-1
3.1.2 Estaciones de monitoreo existentes 3-18
3.1.3 Análisis de la actual red fluviométrica y de calidad de agua de la cuenca del río Loa. 3-40
3.1.4 Recursos hídricos en la cuenca.....3-51
3.1.5 Caracterización socio productiva de la cuenca 3-61
3.1.6 Sectores productivos 3-68
3.1.7 Descripción de actores estratégicos.....3-69
3.1.8 Identificación de servicios ecosistémicos.....3-96
3.1.9 Identificación de problemas y conflictos.....3-99
3.1.10 Registro de emisiones del RETC 3-100
3.1.11 Antecedentes topográficos 3-130
3.2 Resultados de las campañas de muestreo.....3-132
3.2.1 Levantamiento de información de algunos componentes hidráulicos del río. 3-134
3.2.2 Monitoreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua. 3-140
3.3 Diagnóstico integrado del estado ambiental actual de la cuenca del río Loa y sus tributarios 3-234
3.3.1 Análisis geomorfológico de la cuenca del río Loa y sus tributarios.....3-234
3.3.2 Análisis geográfico de presiones 3-245
3.3.3 Análisis hidrológico de la cuenca.....3-266
3.3.4 Análisis Ecológico.....3-293
3.3.5 Diagnóstico integrado 3-304
4 DESARROLLO OE-2.....4-1

Folio005349

4.1 Análisis de modelos hidrológicos 4-1
4.1.1 Modelo de Tanque (“TANK MODEL”) 4-1
4.1.2 Modelo de Cuenca UBC 4-9
4.1.3 Sistema de Modelación de precipitación-Escorrentía (PRMS) 4-14
4.1.4 Sistema de Evaluación y Planificación del Agua (WEAP) 4-19
4.1.5 Elección del modelo hidrológico a utilizar 4-22
4.2 Modelación de escenarios de cambio climático 4-25
4.2.1 Antecedentes generales de modelos globales de cambio climático 4-25
4.2.2 Análisis de escenarios de modelación atmosférica 4-26
4.3 Modelo de simulación operacional WEAP desarrollado 4-30
4.3.1 Generalidades de la Modelación Hidrológica con WEAP 4-31
4.3.2 Modelo Hidrológico (WEAP) 4-32
4.3.3 Modelo Operacional de la Situación Actual (WEAP) 4-79
4.3.4 Resultados del Modelo Operacional 4-126
4.3.5 Escenarios de Cambio Climático para la cuenca 4-146
4.3.6 Brechas y Recomendaciones 4-174
4.3.7 Conclusiones 4-175
4.4 Determinación del Caudal Ambiental 4-177
4.4.1 Etapa 1: Recopilación/levantamiento de información para la descripción del sistema fluvial 4-178
4.4.2 Etapa 2: Definición de variables relevantes del sistema y determinación de la condición no alterada o “natural” del sistema 4-185
4.4.3 Etapa 3: Análisis de la biota y servicios ecosistémicos del sistema 4-192
4.4.4 Etapa 4: Definición de ecosistemas en condición de referencia (“natural”) y actual 4-199
4.4.5 Etapa 5: Evaluación del estado de hábitat y servicios ecosistémicos en condición “natural”, definición del criterio y estimación del régimen del caudal ambiental 4-208
4.5 Evaluación del caudal ambiental 4-246
4.5.1 Etapa 6: Configuración actual del sistema y definición de escenarios futuros de la disponibilidad de agua para la evaluación. 4-247

Folio005350

4.5.2 Etapa 7: Evaluación de la condición actual y futura, considerando escenarios futuros de disponibilidad de agua. Comparación mediante valoración de la presencia de la biota y del desarrollo de los servicios ecosistémicos de escenarios respecto del caudal ambiental definido.....4-253

4.5.3 Etapa 8: Optimización y mejora en el uso del recurso según la priorización de los servicios ecosistémicos, realizada en base al criterio y objetivo establecido por parte de usuarios y actores relevantes. 4-260

5 DESARROLLO OE-3.....5-1

5.1 Selección de los servicios ecosistémicos 5-1

5.1.1 Servicios ambientales: Marco definitorio.....5-1

5.1.2 Aproximacion conceptual descriptiva de los servicios ambientales de la cuenca del río Loa 5-6

5.1.3 Marco objetivo: La clasificación CICES 5-11

5.1.4 Servicios Ecosistémicos Recopilados en Taller realizado junto a actores locales 5-13

5.1.5 Selección experta de servicios ambientales de la cuenca del río loa de acuerdo a la clasificación CICES. 5-17

5.2 Valoración de servicios ecosistémicos y evaluación costo beneficio.....5-22

5.2.1 Sistema de clasificación 5-23

5.2.2 Generalidades del Rio Loa 5-24

5.2.3 Valoración de Servicios de Aprovisionamiento 5-27

5.2.4 Valoración de Servicios de Mantención y Regulación.....5-34

5.2.5 Valoración de Servicios Culturales 5-41

5.2.6 Síntesis general.....5-44

5.2.7 Conclusiones.....5-46

5.3 Evaluación macroeconómica.....5-47

5.3.1 Valor económico del caudal ambiental 5-47

5.3.2 Estimacion de efectos macroeconómicos de la recuperación parcial del caudal ambiental del río Loa.....5-56

6 DESARROLLO OE-4.....6-1

6.1 Actas de talleres de trabajo/actividades de difusión 6-1

6.1.1 Reuniones 6-1

6.1.2 Charlas y Capacitaciones 6-3

Folio005351

6.2 Material de difusión 6-13
6.2.1 Vídeo Educativo 6-13
6.2.2 Tríptico 6-13
6.2.3 Guía Caudal Ambiental 6-15
6.2.4 Afiche 6-16
6.2.5 Publicación en medios loacales 6-17
6.3 Cartera de Proyectos 6-20
6.3.1 Matriz PESTAL 6-20
6.3.2 Análisis de involucrados 6-32
6.3.3 Diagnóstico 6-35
6.3.4 Objetivos 6-58
6.3.5 Poblaciones 6-59
6.3.6 Beneficiarios 6-89
6.3.7 Estrategia de intervención 6-90
6.3.8 Indicadores 6-98
6.3.9 Presupuesto del programa 6-102
6.3.1 Carta Gantt 6-104
7 REFERENCIAS 7-1
7.1 General 7-1
7.2 OE-1 7-3
7.2.1 Recopilación antecedentes 7-3
7.2.2 Biológica 7-8
7.2.3 Anfibios y Reptiles 7-11
7.2.4 Vegetación y Flora 7-12
7.2.5 Biota 7-12
7.2.6 Caracterización geomorfológica 7-14
7.2.7 Caracterización hidrológica 7-15
7.2.8 Vulnerabilidad 7-16
7.3 OE-2 7-19
7.3.1 Modelo hidrológico 7-19

Folio005352

7.3.2 Caudal ambiental 7-20
7.4 OE-3 7-21
7.4.1 Servicios Ecosistémicos y su valoración 7-21
7.5 OE-4 7-25
7.5.1 Cartera de Proyectos 7-25
8 ANEXOS 8-1
8.1 Tablas de Datos 8-2
8.2 Perfiles topobatimétricos obtenidos de campaña Agosto-Septiembre de 2018 8-6
8.3 CRITERIOS CICES V 5.1 8-15
8.4 Anexos certificados 8-23
8.4.1 Permiso captura con fines de investigación C. Herrera 8-23
8.4.2 Permiso captura con fines de investigación A. Charrier 8-25
8.4.3 Permiso de Pesca 2018 8-29
8.4.4 Permiso de Pesca 2019 8-39
8.5 Anexo equipo de trabajo 8-49
8.6 Correo aprobación de puntos de monitoreo 8-51
8.7 Correo aprobación de propuestas cartera de proyectos 8-53

Folio005353

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al informe final asociado al desarrollo del estudio titulado “Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta”, código BIP 30130919-0, el cual corresponde al definitivo luego de tres informes de avance, según lo definido en los Términos de Referencia del estudio. El objetivo principal de este estudio es realizar un diagnóstico ambiental de la cuenca del río Loa y sus tributarios, determinando el caudal ambiental, la valorización económica-social de los servicios ecosistémicos asociados a éste y la construcción de un modelo de gestión que contribuya a la sustentabilidad y protección de este sistema acuático. Como elementos relevantes del estudio, se debe indicar que el río Loa es un cuerpo fluvial de gran extensión territorial, que se extiende por más de 400 km por una de las zonas más desérticas del mundo, y cuyas aguas nacen desde la alta cordillera de la región de Antofagasta, en el volcán Miño, hasta desembocar en el mar, a unos 140 km al sur de Iquique, en la frontera regional entre las regiones de Antofagasta y Tarapacá

Actualmente, la cuenca del río Loa se encuentra expuesta a una elevada presión de uso, especialmente asociada al desarrollo minero de este territorio, al desarrollo agrícola en las zonas aledañas a los poblados de Chiu-Chiu y Calama, y al consumo humano. Esta continua presión de uso, sumado al bajo caudal medio anual del río Loa, contribuye a la degradación de los ecosistemas acuáticos, lo que puede traer como consecuencia un aumento en las condiciones de estrés sobre la biota y la pérdida de biodiversidad. Además, puede generar la pérdida de servicios ecosistémicos y una disminución de los recursos hídricos disponibles para otros fines productivos.

Así, el caudal ambiental se entiende como aquel caudal que permite que se puedan desarrollar y sostener los servicios ecosistémicos de interés. Este no necesariamente es un único caudal para toda la cuenca ni para todas las épocas del año, si no que puede variar en los distintos tramos del río y sus afluentes, además de variar según mes o estación del año.

El río Loa pertenece a una cuenca muy particular, ya que los eventos de precipitación se concentran en la parte alta de la cuenca y en la época estival. Además, corresponde al río de mayor extensión de Chile, y que se desarrolla en una de las zonas más áridas del mundo. Por lo anterior, el análisis del caudal ambiental del sistema es necesario para poder determinar cuál es la condición actual del sistema intervenido respecto de la condición deseable (caudal ambiental), poder evidenciar la posible existencia de recursos disponibles para ser utilizados, visibilizar la necesidad de una reparación del sistema, proyectar el uso futuro, entre otras.

Folio005354

1.1 Área de Estudio

La zona que comprende el estudio corresponde a la cuenca del río Loa (Región de Antofagasta) representado por subcuencas (río Loa Alto, río Loa Medio y río Loa Bajo) y sus tributarios, los ríos Chela, San Pedro de Inacaliri, Salado y San Salvador (Figura 1.1).

El río Loa es el principal curso de agua que recorre el Desierto de Atacama y el único que desemboca en el mar. Su hoya hidrográfica abarca las comunas de Calama, María Elena y parte de la comuna de Tocopilla, donde el poblado urbano más grande corresponde a la ciudad de Calama. En las zonas altas de la cuenca se emplazan diversas localidades con presencia de comunidades indígenas, principalmente atacameñas, pertenecientes al Área de Desarrollo Indígena Alto el Loa, mientras que en las cercanías de la desembocadura del río se encuentra el poblado de Quillagua (DGA, 2016).

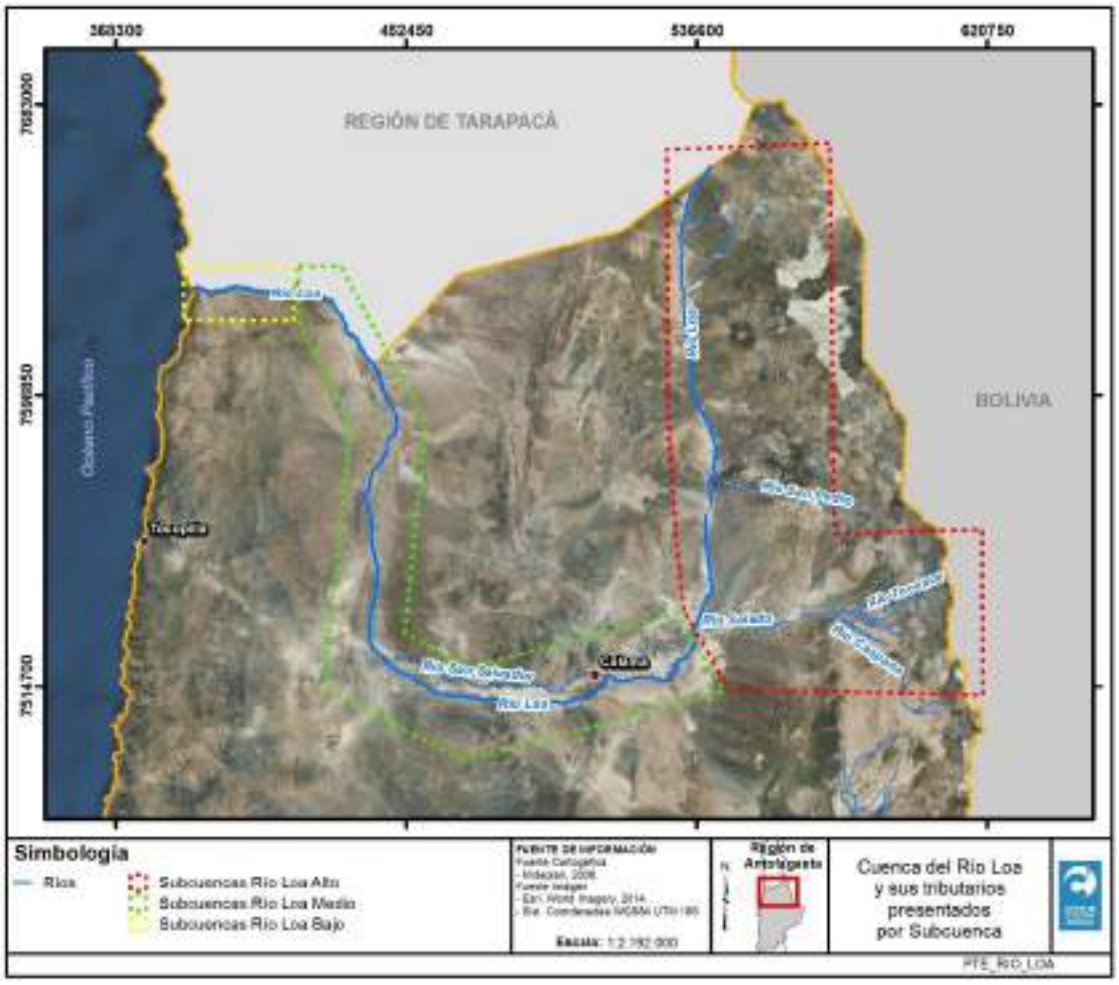


Figura 1.1. Ubicación geográfica de la cuenca del río Loa y sus tributarios, presentado por Subcuenca (río Loa Alto, Medio y Bajo), Región de Antofagasta.

Folio005355

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Realizar un diagnóstico ambiental de la cuenca del río Loa y sus tributarios, determinando el caudal ambiental, la valorización económica-social de los servicios ecosistémicos asociados a éste y la construcción de un modelo de gestión que contribuya a la sustentabilidad y protección de este sistema acuático.

1.2.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos (OE) de la propuesta son los siguientes:

- OE-1. Realizar un diagnóstico ambiental de la cuenca del río Loa y sus tributarios.
- OE-2. Construir un modelo ecohidrológico integrado y determinación de caudales ambientales
- OE-3. Analizar los costos/beneficios de la implementación de caudales ambientales en la cuenca del río Loa.
- OE-4. Realizar una transferencia y difusión de la metodología para la evaluación del caudal ambiental.

Folio005356

2 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL ESTUDIO

2.1 Enfoque para el desarrollo del estudio

2.1.1 Involucramiento de los actores del territorio

Dado que todo proyecto o estudio debe nacer desde una necesidad o requerimiento y que a través de sus objetivos y actividades soluciona o contribuye a solucionar un problema que da origen a esta necesidad, es necesario en este estudio en particular incorporar activamente a los actores del territorio desde antes de su inicio.

Según las bases y el árbol de problemas, el estudio contribuye a resolver la degradación del recurso hídrico que a su vez produce como efecto la pérdida de los servicios ecosistémicos que presta el cuerpo de agua. Estos servicios ecosistémicos se definen como "la contribución directa e indirecta de los ecosistemas al bienestar humano" (TEEB 2010), por lo tanto, su afectación involucra a las comunidades directamente y, por esto, deben estar involucradas en todo estudio o proyecto que conduzca a su mejoramiento o desarrollo.

La experiencia de CEA en varios proyectos desarrollados a nivel nacional ha demostrado que el trabajar con la comunidad, antes, durante y en forma posterior al desarrollo de iniciativas que buscan resolver problemas complejos, es una estrategia necesaria para asegurar resultados perdurables, continuidad de las iniciativas y satisfacción del conjunto (mandante-actores-ejecutor) que está involucrado en el estudio o proyecto.

Normalmente, los problemas complejos se generan por razones múltiples, las cuales son parte de la percepción de un segmento de los involucrados. Por lo tanto, desde la perspectiva de una búsqueda de soluciones, el lograr nivelar a los actores con la información disponible es un elemento clave que los hace mirar el problema desde una perspectiva única. Luego, el tema de los intereses particulares es otro elemento por develar, por su impacto en los caminos a tomar para lograr las soluciones. Entonces, en el momento que el conjunto de actores se para en un conocimiento común y compartido de las causas de un problema, y que compartan los intereses, el transitar hacia las soluciones efectivas se simplifica.

Ese modelo de trabajo, de tipo colaborativo, donde se mezclan posiciones, intereses, opciones y criterios objetivos permite generar acuerdos y propuestas mejores que las logradas sin acuerdo previo.

Volcando nuestra experiencia en el manejo de proyectos que involucran actores diversos e intereses, en muchos casos, divergentes, proponemos una estrategia de trabajo que consiste en que, en cada etapa de desarrollo del estudio, las comunidades involucradas estén informadas adecuadamente y que sus opiniones e intereses sean consideradas, dentro de lo posible, en los aspectos metodológicos, de evaluación y de diseño y ejecución de las actividades asociadas al estudio.

Folio005357

Dado lo anterior, se propuso incorporar al estudio de hitos adicionales asociados a lograr este trabajo colaborativo con las comunidades y los actores asociados al territorio. Estos acuerdos deberán ser vinculantes, en la medida de lo posible y sin infringir los requerimientos de las bases de licitación, en modificar actividades o acciones predefinidas en la propuesta de trabajo o en las bases de licitación.

Por lo tanto, las actividades solicitadas han sido estructuradas por objetivo, donde además los proponentes incorporaron un conjunto de nuevas actividades que complementan el estudio y sus resultados.

2.1.2 Estrategia Técnica

El proyecto busca realizar un diagnóstico ambiental de la cuenca del río Loa y sus tributarios, determinando el caudal ambiental, la valorización económica-social de los servicios ecosistémicos asociados a éste y la construcción de un modelo de gestión que contribuya a la sustentabilidad y protección del sistema acuático.

Dado este objetivo, el proyecto se divide en 3 etapas de desarrollo técnico y una cuarta etapa de Difusión y Transferencia, claramente identificadas, las cuales se pueden observar en la Figura 2.1 y Figura 2.2:

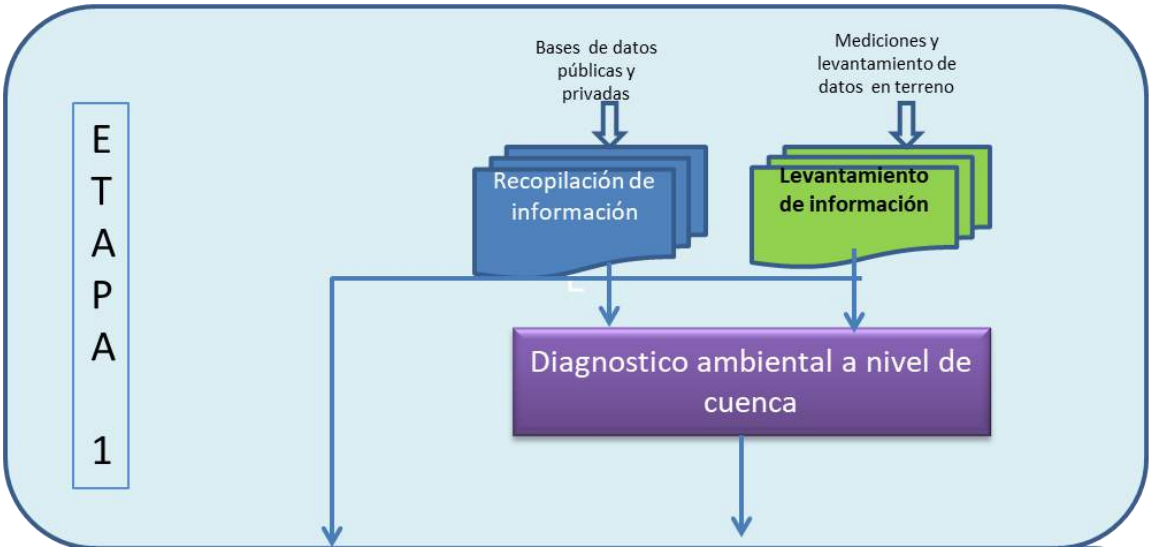


Figura 2.1. Etapa de recopilación y análisis de información para efectuar un diagnóstico ambiental. (Fuente: Elaboración propia)

Folio005358

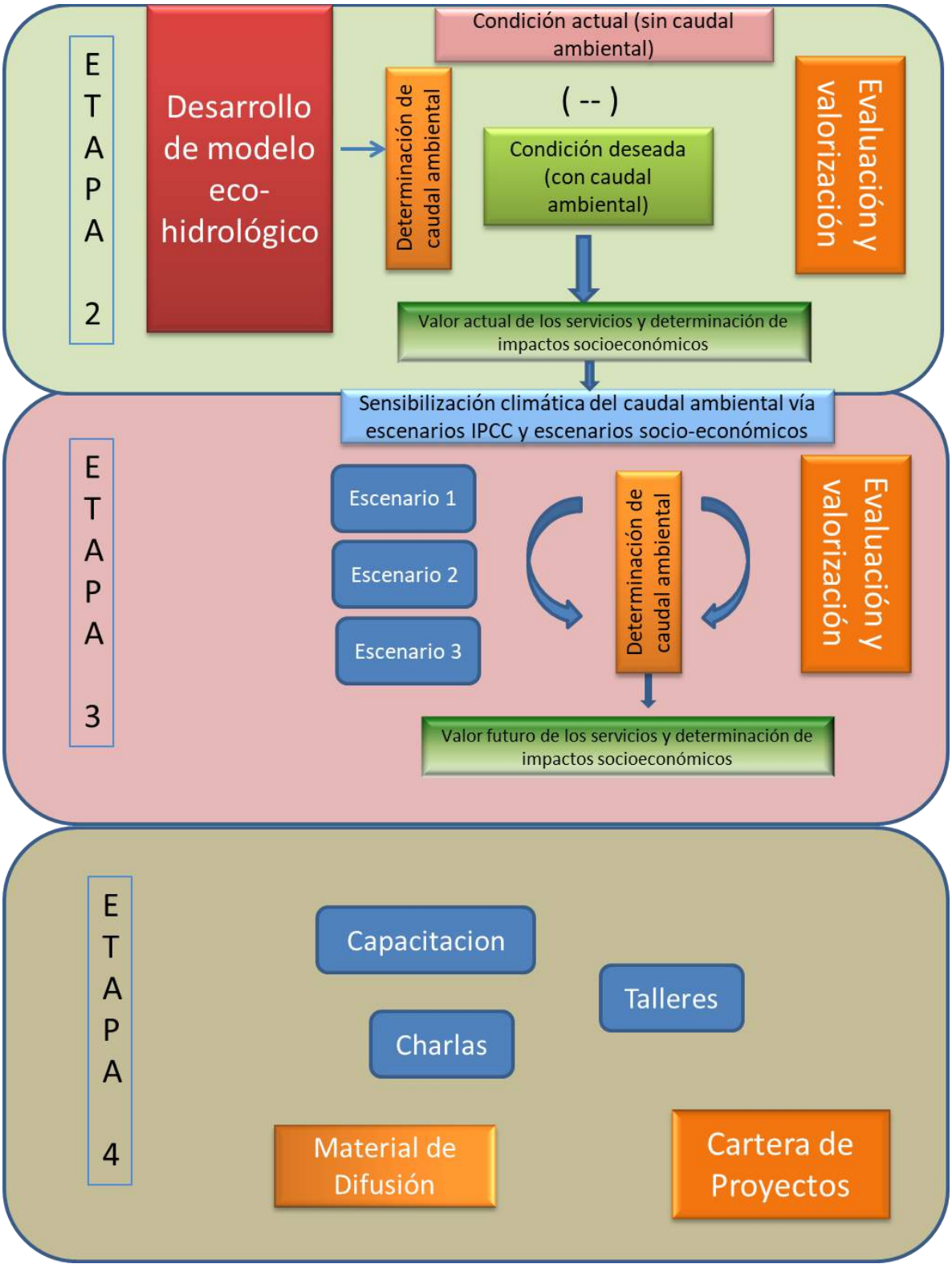


Figura 2.2. Desarrollo conceptual del estudio, mostrando etapas y actividades centrales. (Fuente: Elaboración propia)

Folio005359

Para cumplir con los todos los objetivos propuestos, según bases de la licitación, se identificaron un total de 15 actividades, las cuales dan respuesta a los objetivos específicos del estudio y, a su vez, dan cuenta del objetivo general. Estas actividades son las siguientes:

i. Recopilación y sistematización de la información disponible de la cuenca del río Loa, a partir de revisión bibliográfica de estudios, documentos técnicos, publicaciones, entre otros. Además, se realizará un análisis crítico de la actual red de medición fluviométrica y calidad de agua de la cuenca del río Loa.

ii. Análisis de modelos hidrológicos integrales para la planificación de cuencas. Para ello deberá revisarse y analizarse el estado del arte respecto a la utilización de modelos hidrológicos integrales para el apoyo en la toma de decisiones de gestión de recursos hídricos en cuencas hidrográficas.

iii. Diagnóstico integrado del estado actual de la cuenca del río Loa y sus tributarios. Para ello se deberá realizar un análisis y levantamiento de información de los componentes del sistema fluvial que no cuenten con información suficiente para determinar el actual estado ambiental del río Loa y sus tributarios (aspectos hidrológicos, geomorfológicos, químicos, biológicos y socio-productivo).

iv. Identificación de sitios de interés para análisis específicos y evaluación de caudal ambiental. Para ello se identificarán los sitios de la cuenca del rio Loa que presenten mayor relevancia dado sus componentes ecológicos, hidrológicos y socio-productivos y se analizarán las incidencias del flujo de caudal sobre esas variables y tramos. Los sitios seleccionados deberán representativos de la cuenca del río Loa y sus tributarios considerando sus subcuencas Alta, Media y Baja.

v. Construcción de guía metodológica para la estimación de caudal ambiental, acorde a las características de la cuenca del rio Loa. Para ello deberá considerar el desarrollo de un taller participativo que permita adquirir la opinión de expertos y adecuar la metodología al contexto de la cuenca.

vi. Desarrollo de un modelo hidrológico integral de la cuenca de río Loa y determinación del caudal ambiental en los sitios seleccionados. Para ello se seleccionará entre las distintas metodologías de modelo de simulación hidrológica, el que más se adecue a las características, necesidades de la cuenca, e información disponible. Se deben considerar los costos, facilidades de uso, facilidades para la ampliación de capacidades del modelo, capacidad de integración de componentes ecosistémicos. socioeconómicos, de calidad del agua, entre otros.

Folio005360

vii. Análisis de escenarios para regímenes futuros de caudal, validado con la contraparte técnica.

viii. Valoración económica-social de los servicios que presta el recurso hídrico y análisis de costo/beneficio de la implementación de caudales considerando proyecciones de desarrollo económico. Se deberán identificar los servicios ecosistémicos que provee la cuenca del río Loa y los actores relacionados, de modo de realizar una valorización económica y social de éstos.

ix. Elaboración de una cartera de proyectos de acuerdo con los resultados generados por el estudio, que involucre acciones destinadas a prevención de efectos adversos y uso sustentable del recurso hídrico, a nivel de perfil y términos de referencia acorde a la metodología del Sistema Nacional de Inversiones.

x. Realización de al menos 4 reuniones con la contraparte técnica para discusión y validación de los sitios de interés, análisis y validación de escenarios, validación de guía metodológica, valoración social y productiva de los servicios que presta el recurso. entre otros.

xi. Elaboración de informes: 3 informes de avance y un informe final

xii. Realización de al menos 2 capacitaciones sobre de la metodología para la evaluación del caudal ambiental, uso y programación del modelo hidrológico, entre otros temas.

xiii. Realización de 3 talleres de trabajo con organismos públicos y privados, académicos, organizaciones sociales y comunidades indígenas.

xiv. Desarrollo de al menos 2 charlas o actividades de difusión y un taller final de presentación del estudio.

xv. Elaboración de material de difusión.

Las actividades por desarrollarse se organizan de acuerdo con los objetivos específicos definidos.

2.2 OE-0: Ajuste metodológico y desarrollo de Plan de Trabajo Definitivo

Se denomina Etapa 0 a las primeras actividades del estudio, que corresponden al ajuste metodológico y al desarrollo de un Plan de Trabajo Definitivo, en acuerdo con el mandante y la contraparte técnica. Para esta Etapa se consideró una duración máxima de 30 días, desde la fecha de inicio de la consultoría. Este OE-0 responde directamente a la actividad (a) descrita en las bases técnicas del estudio Se propuso adicionar a esta etapa 60 días adicionales para sostener reuniones con los actores del territorio.

Paralelamente a la ejecución de este objetivo, y aplicando la estrategia de involucramiento de los actores del territorio, el proponente realizó una identificación y categorización de los

Folio005361

actores locales, sólo para su uso interno, debido a que este tipo de levantamiento de actores puede excluir a algunos, generando una dificultad importante en las confianzas. En primera instancia, los actores más relevantes (o actores clave para el éxito del estudio) se consideró que serían las comunidades locales, mientras que los actores secundarios, serían aquellos que tienen incidencia en los procesos de gestión, fiscalización y control de los servicios ecosistémicos que provee el sistema fluvial (servicios públicos con presencia local y regional).

Posterior a esta identificación, se realizaron reuniones y acercamientos con la comunidad en el territorio (actores clave), de forma tal de poder transmitir los objetivos y las actividades propuestas y comprometidas con el proyecto.

2.3 OE-1: Realizar un diagnóstico ambiental de la cuenca del río Loa y sus tributarios

Este objetivo responde a la Etapa 1 del estudio, la cual se muestra en la Figura 2.1. Para cumplir este objetivo se recopiló toda la información ambiental disponible, así como los instrumentos normativos, considerando para ello, entre otros, los organismos públicos competentes, empresas privadas emplazadas en el sector, centros académicos e investigación, etc., la cual fue sistematizada y analizada desde la perspectiva del objetivo general del estudio. Este OE responde directamente a la actividad (b) descrita en las bases técnicas del estudio".

Este objetivo consiste en tres actividades principales, las cuales son las siguientes:

a) *Levantamiento de información disponible*
b) *Levantamiento de información complementaria en terreno*
c) *Diagnóstico integrado del estado ambiental actual de la cuenca del río Loa*

A continuación, se describen cada una de las actividades anteriormente indicadas.

Folio005362

2.3.1 Levantamiento de información disponible

En esta actividad se realizaron las siguientes acciones, que se detallan a continuación. Básicamente consiste en una búsqueda exhaustiva de información disponible en todos aquellos aspectos que tengan relación con los ecosistemas asociados al sistema fluvial. Al final de esta actividad se hará un resumen de información en una matriz de análisis que permita identificar brechas de información, las cuales serán subsanadas en las campañas de terreno o de levantamiento de información complementaria (punto 5.3.2)

2.3.1.1 Revisión Bibliográfica

Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica de estudios, documentos técnicos, publicaciones científicas y de extensión que hicieran referencia al área de estudio y a las temáticas asociadas a este estudio en particular. En la región existen abundantes estudios, relativamente actuales, que dan cuenta y hacen un diagnóstico de los recursos hídricos regionales. Cabe destacar, entre otros, los documentos generados por el Ministerio de Obras Públicas como el “Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad: Cuenca Río Loa”, de 2004 y el denominado “Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta”, de 2016 (S.I.T. N°379). En ambos documentos se realiza una exhaustiva descripción de la zona de estudio, sus características fisiográficas, de población, etc. la que será actualizada.

2.3.1.2 Recopilación de Información asociada al ecosistema fluvial

Para llevar a cabo esta recopilación se hizo una búsqueda de información de carácter pública (o hecha pública) referente a los aspectos del ecosistema fluvial del río Loa y asociada a los siguientes temas (no exhaustivo):

Folio005363

i. Estudios de Impacto Ambiental (EIA), Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) existentes en la zona del estudio;

ii. Programas de Vigilancia Ambiental (PVAs) de las empresas;

iii. Registros de fiscalizaciones y monitoreos de emisiones hídricas la SISS, SMA y Autoridad Sanitaria;

iv. Informes de estudios que recogen la sistematización de los datos anteriores (PVAs, monitoreos públicos y privados, etc.); Acuerdos de Producción Limpia (APL) que tengan incidencia en el área y componentes involucrados en el estudio;

v. Publicaciones científicas y estudios técnicos desarrollados por Organismos Públicos, Universidades y Privados;

vi. Imágenes satelitales de libre acceso, que sean un aporte a nivel regional de ciertos parámetros sobre la zona de estudio;

vii. Información proporcionada por el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC);

viii. Antecedentes recopilados de los análisis y resultados de estudios aportados por la Contraparte Técnica;

ix. Denuncias llevadas a cabo por la ciudadanía respecto al área y componentes del estudio;

x. Estudios e investigaciones realizados en la cuenca del Río Loa;

xi. Estudios de casos en ríos de similares características;

xii. Otro tipo de información que contribuya para la caracterización física, química y biológica de las aguas y del ambiente fluvial del río Loa y sus tributarios.

xiii. Estudios y bases de datos con información hidrológica, de geomorfología, de calidad de agua y caracterización biótica del sistema fluvial.

xiv. Estudios, documentos, bases de datos u otros que den cuenta de la dimensión socioeconómica del área de estudio

La información recopilada y sistematizada fue incorporada en un sistema de base de datos (geodatabase) y analizada utilizando herramientas cualitativas y cuantitativas de tipo estadística descriptiva e inferencial. Esta geodatabase se construyó en base a las especificaciones técnicas que impone el MMA para los productos cartográficos (MMA, 2015).

Folio005364

2.3.1.3 Levantamiento de información meteorológica

Se hizo una búsqueda y recopilación de información meteorológica local (series de tiempo de registros meteorológicos) de fuentes disponibles (DGA, INIA, otros), la cual fue sistematizada en una base de datos única, para ser utilizada en el análisis hidrológico a nivel de cuenca.

2.3.1.4 Levantamiento de información fluviométrica y de calidad de agua

Dentro de los aspectos más relevantes en el análisis del sistema fluvial es la disponibilidad de información, de buena calidad, de caudales y de parámetros de calidad asociados, de forma tal de estimar con la mayor precisión posible los tramos del río que puedan presentar dificultades en términos de mantener las características de calidad necesarias para los usos definidos. Dado lo anterior, se hizo una recopilación exhaustiva y análisis crítico tanto del número de estaciones fluviométricas disponibles, como su distribución espacial y los registros disponibles. Lo mismo se realizó para aquellas estaciones que miden calidad de agua, es decir, se analizó su número, su distribución espacial, los parámetros de calidad que entregan y la frecuencia de medición. Los datos de calidad de agua disponibles se sistematizaron en una base de datos única, similarmente a los datos meteorológicos.

La Figura 2.3 muestra las estaciones fluviométricas y de calidad de agua asociadas al sistema fluvial del río Loa, usando un buffer de unos 3.000 m a su alrededor.

Folio005365

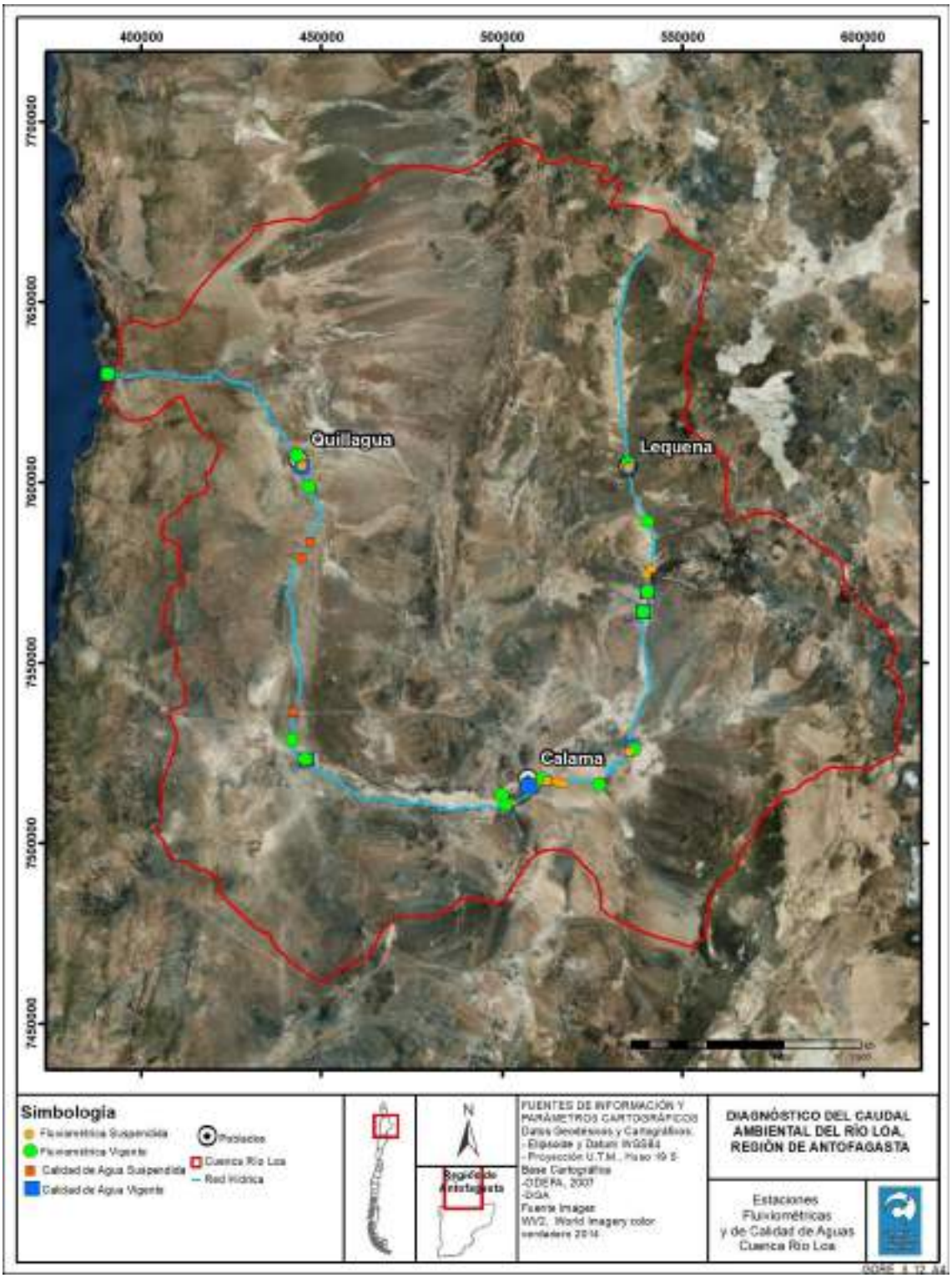


Figura 2.3. Estaciones fluviométricas y de calidad de agua, suspendidas y vigentes, a lo largo del río Loa, desde la desembocadura hasta su nacimiento. (Fuente: DGA)

Folio005366

La Tabla 2.1 muestra las estaciones fluviométricas y de calidad, vigentes a la fecha, en los alrededores del río Loa y en su curso.

Tabla 2.1. Estaciones fluviométricas y de calidad de agua ubicadas a lo largo del cauce del río Loa. (Fuente: DGA)

Estaciones vigentes	
Fluviométricas	**De calidad**
Río Loa antes junta San Salvador	Agua potable Calama
Río Loa antes represa Lequena	Río Loa antes junta río Salado
Río Loa antes zona agrícola Quillagua	Río Loa en desembocadura
Río Loa d. j. San Salvador (Chacance)	Río Loa en la finca
Río Loa d. j. San Salvador (M. Elena)	Río Loa en represa Lequena
Río Loa en Angostura	Río Loa en salida embalse Conchi
Río Loa en Catuncalla	Río Loa en vado Santa Bárbara
Río Loa en desembocadura	Río Loa en zona agrícola Quillagua
Río Loa en escorial	Río San Salvador antes junta río Loa
Río Loa en finca	
Río Loa en panamericana	
Río Loa en salida embalse Conchi	
Río Loa en vado Santa Bárbara	
Río salado antes junta Loa	
Río San Salvador antes junta Río Loa	
Vertiente Ojos de Opache	

2.3.1.5 Levantamiento de información socio-productiva y de servicios ecosistémicos

Se efectuó una revisión bibliográfica de estudios públicos, privados y académicos, documentos técnicos (proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)), y publicaciones, asociadas a la dimensión socio-productiva del área de estudio y se hizo un levantamiento teórico de servicios ecosistémicos del río, en sus diferentes tramos. Adicionalmente, se procederá a realizar un análisis del estado de arte, respecto a la utilización de métodos para la sustentación de la toma de decisión de gestión de recursos hídricos en cuencas hidrográficas en lo relativo a la valoración económica de servicios ecosistémicos y de caudales ambientales desde la perspectiva socio-productiva.

2.3.1.6 Identificación Teórica de Servicios Ecosistémicos

Por definición, los servicios ecosistémicos representan los beneficios que trae para el hombre el funcionamiento de los ecosistemas (Costanza et al., 1997; Millennium Ecosystem Assessment, 2003; WRI, 2008) y, han sido definidos formalmente por De Groot et al. (2002), como la capacidad de los procesos y componentes naturales para proveer bienes y servicios, satisfaciendo las necesidades humanas en forma directa o indirecta. La producción de un servicio ecosistémico dependerá, por tanto, de la estructura y de los procesos que componen un ecosistema en particular. Para el MMA y esta es la definición adoptada, están definidos como “la contribución directa e indirecta de los ecosistemas al bienestar humano” (TEEB 2014). Es decir, un servicio ecosistémico está relacionado con los componentes vivos (bióticos) y no vivos (abióticos) que interactúan a través de flujos, como energía y masa (Figura 2.4).

Folio005367

La estructura ecosistémica corresponde al conjunto de componentes que conforman un ecosistema (componentes bióticos y abióticos), junto a las interacciones entre estos componentes (procesos). Esta estructura es observador-dependiente y dinámica, por lo que varía en el tiempo.

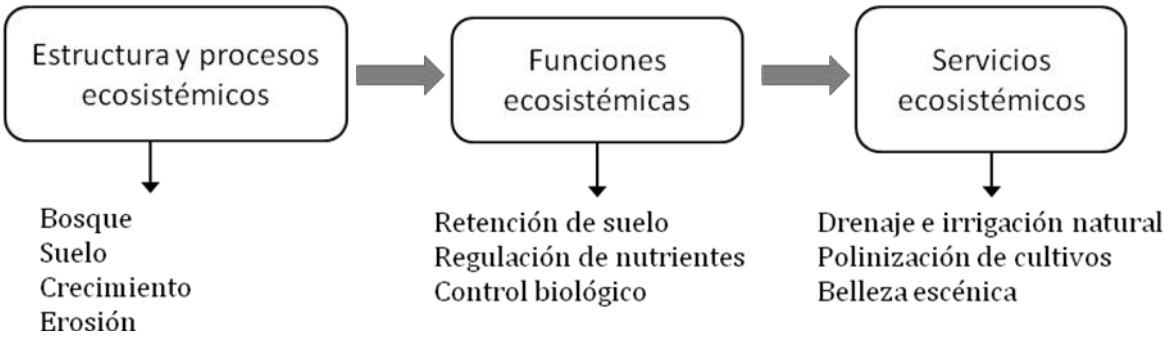


Figura 2.4. Producción de servicios de un ecosistema

Por lo tanto, las personas y comunidades aprovechan la capacidad de los procesos y componentes ecosistémicos (bióticos y abióticos) para generar servicios ecosistémicos que satisfagan las necesidades humanas, a través de las funciones ecosistémicas, las cuales pueden ser clasificadas en cuatro categorías según De Groot et al. (2002), a saber:

• Funciones de regulación: se refieren a la capacidad de los ecosistemas de regular procesos ecológicos y de permitir el desarrollo de los seres vivos a través de los ciclos biogeoquímicos. Estas funciones proveen de muchos servicios que benefician directa e indirectamente al hombre, como por ejemplo la producción de suelo, la retención de agua, el reciclaje de nutrientes, la prevención de la erosión del suelo, etc.

• Funciones de hábitat: estas funciones proveen de refugio y hábitat para que los organismos pueden reproducirse, por lo tanto, contribuyen a la conservación de la diversidad biológica y genética, así como a los procesos evolutivos. Un ejemplo de servicio proveído por estas funciones es: la caza, debido a la capacidad del ecosistema de generar un hábitat apropiado para la reproducción de organismos.

• Funciones de producción: están constituidas por la capacidad de los organismos autótrofos para realizar fotosíntesis e incorporar nutrientes, produciendo como resultado una variedad de estructuras orgánicas las cuales son utilizadas por los productores secundarios aumentando su biomasa. Los ecosistemas proveen una gran variedad de bienes y servicios basados en las funciones de producción, como por ejemplo: la madera de los bosques, los combustibles fósiles, etc.

Folio005368

• Funciones de información: constituyen la vía mediante la cual los procesos y la estructura de los ecosistemas son capaces proveer oportunidades para la reflexión, el enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo y la recreación, entre otros.

La clasificación de servicios ecosistémicos finales a utilizar en esta consultoría es la indicada en MMA (2014) y que se muestra a continuación.

Tabla 2.2. Clasificación de servicios ecosistémicos finales. Fuente: Haines-Young and Potschin (2012), en MMA (2014).

Sección	División	Grupo
Provisión	Nutrición	Biomasa
		Agua
	Materiales	Biomasa y fibra
		Agua
	Energía	Fuentes de energía de biomasa
		Energía Mecánica
Regulación y Mantención	Mediación de residuos, sustancias tóxicas y otras molestias	Mediación vía biota
		Mediación vía ecosistemas
	Mediación de flujos	Flujos de masa
		Flujos líquidos
		Flujos gaseosos/aire
	Mantenimiento de las condiciones físicas, químicas, biológicas	Mantención de ciclo de vida, habitat y protección de material genético
		Control de plagas y enfermedades
		Composición y formación del suelo
		Condiciones del agua
		Regulación del clima y la composición atmosférica
Cultural	Interacciones físicas e intelectuales con los ecosistemas y paisajes terrestres/marinos (configuración ambiental)	Interacciones físicas y experienciales
		Interacciones intelectuales y de representación
	Interacciones de tipo espiritual, simbólica y otras con los ecosistemas y paisajes terrestres/marinos (configuración ambental)	Espiritual o emblemáticos
		Otros productos culturales

Folio005369

La información disponible relativa a la definición de servicios ambientales y dimensión socio productiva de la gestión de la cuenca del Río Loa fue recopilada, analizada y sistematizada.

Juntamente con lo anterior, se identificó las presiones ambientales y de uso que se generan sobre el recurso hídrico, identificando las principales actividades productivas desarrolladas en la cuenca, con potencial de utilización en la evaluación de caudal ambiental.

2.3.1.7 Levantamiento de información disponible de hidrología, geomorfología, de química de aguas y aspectos bióticos.

Se recopiló documentación disponible técnica y científica, de las características geomorfológicas del área de estudio (Cuenca del Río Loa), de su hidrología, de las principales características de calidad de agua y de los aspectos bióticos. Esta información, en conjunto con aquella que fue levantada en campañas de terreno específicas, fue utilizada para hacer un diagnóstico integrado del estado actual del río Loa y sus tributarios.

2.3.2 Levantamiento de información complementaria en terreno

A partir del análisis de la información recopilada disponible, se analizaron las brechas de información y se determinó realizar campañas de terreno para complementar la información disponible y actualizar información existente a la fecha. Dentro de los elementos levantados en terreno se cuentan los siguientes:

- Levantamiento de percepciones e intereses de las comunidades locales respecto al sistema fluvial.
- Levantamiento de información de algunos componentes hidráulicos del río.
- Levantamiento y actualización de información de componentes físicos, químicos y biológicos de la calidad de la columna de agua.
- Componentes bióticos asociados al sistema fluvial.
- Información socio-productiva relevante.
- Levantamiento complementario de servicios ecosistémicos a partir de actores clave.

A continuación, se describen las principales actividades asociadas al levantamiento de información complementaria en terreno.

Folio005370

2.3.2.1 Levantamiento de percepciones e intereses de las comunidades locales respecto al sistema fluvial y servicios ecosistémicos.

Esta actividad se realizó desde el comienzo del estudio, debido a que el proponente considera es una acción determinante en el resultado final del estudio. Siguiendo la estrategia de involucramiento de los actores del territorio (punto 2.1.1), se realizaron reuniones de acercamiento con las principales comunidades involucradas (actores clave), donde mediante un sistema de consultas desestructuradas, se realizó un levantamiento de percepciones e intereses de éstas sobre el río y los recursos y servicios que el río les provee.

Estas primeras reuniones permitieron establecer un mapa de actores (definición de actores clave), su percepción sobre el estudio y, más importantemente, identificar aquellos grupos o comunidades que mostraron una actitud positiva y de colaboración, y en participar activamente en las actividades del estudio. Este mapa de actores tuvo carácter interno, por las razones ya expuestas.

Además, se solicitó a las comunidades receptivas ser colaboradores activos de las campañas de terreno asociadas a levantamiento de información de calidad de agua y biota acuática y ribereña. Esto permitió generar niveles de confianza superiores respecto a los datos y la información levantada in-situ (levantada en estaciones relevantes para la comunidad y la toma de muestra realizada por ellos mismos, en conjunto con el equipo de muestreo).

2.3.2.1.1 Levantamiento de servicios ecosistémicos con actores locales

Según lo establecido en el punto 2.3.1.6 se hizo un levantamiento teórico de los servicios ecosistémicos, el cual es un insumo importante para realizar la valoración ambiental de los mismos. No obstante, dado el hecho de que la valoración ambiental no es factible de realizarse sobre “todos” ellos, cobra importancia la identificación de éstos por los actores locales o la comunidad, quienes son los que finalmente hacen suyo dicho servicio a través de los beneficios que les presta.

Dado lo anterior, en las reuniones con la comunidad se realizaron talleres de levantamiento de servicios ecosistémicos, de forma tal de validar los elaborados en forma teórica en el paso anterior, o reconocer otros nuevos, no levantados aún. Se realizaron 2 talleres: una de las jornadas realizada con representantes de empresas, la otra jornada con organizaciones sociales, servicios públicos, agricultores, y representantes de comunidades indígenas.

Folio005371

2.3.2.2 Levantamiento de información de algunos componentes hidráulicos del río.

2.3.2.2.1 Perfiles batimétricos

Para caracterizar hidráulica e hidrológicamente el río Loa y sus tributarios, se requiere información batimétrica del cauce en estudio, por lo que se realizó una campaña de terreno en la cual se levantó 100 perfiles batimétricos en función de la importancia relativa de las zonas que se identificaron a lo largo del río Loa, en función de los usos actuales del agua (derechos de agua) y de las necesidades ecológicas del sistema.

Una vez seleccionados los sitios, se utilizó un GPS Navcom con señal Starfire para la obtención de la cota de los diferentes puntos de la sección transversal. El GPS tiene la ventaja de conectarse a la red satelital Starfire, y determinar la posición espacial de un punto y amarrarlo a un punto de referencia.

Figura 2.5. GPS Navcom con señal Starfire

Los datos obtenidos fueron usados posteriormente en el modelo HEC-RAS para determinar el perfil longitudinal hidráulico del río (y obtener un perfil similar al que se muestra en la Figura 2.6).

Folio005372

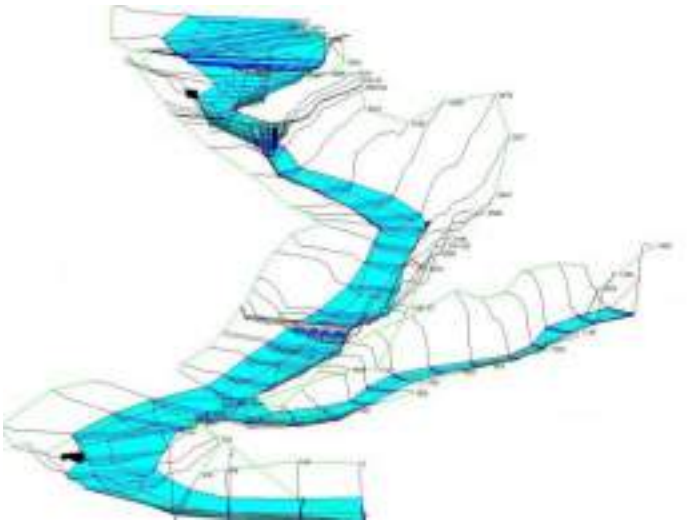


Figura 2.6. Esquema de un perfil longitudinal de un río (Fuente: http://www.hidrojing.com/modelizacion-hidraulica-de-propagacion-de-avenidas-1d-o-2d/)

2.3.2.2.2 Medición de Caudales

Se consideró realizar un mínimo de 10 aforos asociados a algunos de los perfiles transversales levantados en terreno. De este modo, se realizaron aforos de caudal en 19 de los 100 perfiles generados durante las campañas de batimetría, a fin de llevar a cabo una calibración del modelo hidráulico al conocer la altura de escurrimiento y el caudal instantáneo en la sección en cuestión. La metodología llevada a cabo para el aforo de caudales se describe a continuación.

La medición de los caudales o aforos se realizó mediante el método área-velocidad, en el cual se subdivide el área de la sección transversal en celdas (Figura 2.7). El caudal se calcula como la integración de los caudales de cada celda, como se indica en la ecuación a continuación:

$$Q = \int_{x_0}^{x_n} (\bar{v} \cdot z)\delta x$$

Esta integral se puede aproximar mediante la suma de trapezoides, de la siguiente forma:

$$Q \approx \sum_{i=1}^{n} \frac{\bar{v}_i \cdot z_i + \bar{v}_{i-1} \cdot z_{i-1}}{2} \cdot (x_i - x_{i-1})$$

Donde $\bar{v}_i$ corresponde a la velocidad media en la vertical en el punto de medición i, z_i a la profundidad en el punto de medición i y x_i a la distancia horizontal desde la ribera hasta el punto de medición i, como se esquematiza en la Figura 2.7. Además, para esta aproximación se considera $\bar{v}_0, z_0, x_o, \bar{v}_n, z_n = 0$.

Folio005373

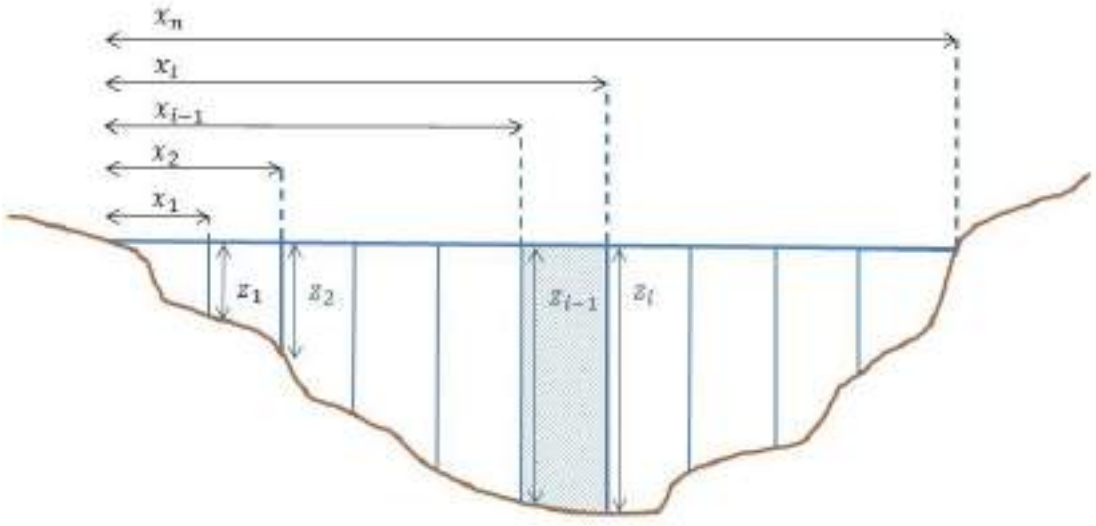


Figura 2.7. Esquema de la sección transversal y la subdivisión en celdas

Para la medición en terreno, en primer lugar, en cada sector se escogió una sección transversal que presentara profundidad suficiente para la medición y que fuera adecuada para el aforo, es decir, que contara con la menor cantidad de obstáculos e idealmente en un tramo recto. Una vez escogida la sección transversal, se procedió a realizar el aforo midiendo a lo largo de la sección transversal la distancia x, la profundidad H y la velocidad v. La cantidad de puntos de medición fue variable y depende de lo que permitiera cada sección transversal.

Para el cálculo de la velocidad media, se realizó distintas observaciones de velocidad en cada vertical dependiendo de la profundidad del curso de agua. Para secciones de poca profundidad (menores a 60 cm), se realizaron observaciones en cada vertical colocando el instrumento al 60% de la profundidad total por debajo de la superficie libre. En la Tabla 2.3 se presentan los métodos considerados para la estimación de la velocidad media según distintos rangos de profundidad (H), y se puede apreciar que para profundidades menores se puede estimar la velocidad media con una única medición en la vertical.

Tabla 2.3. Puntos de medición y estimación de la velocidad media

N° mediciones	Profundidad H [cm]	Puntos de observación (desde la superficie libre)	Velocidad media
1	0 – 60	0,6 H	$\bar{v} = v_{0,6}$
2	60 – 300	0,2 H y 0,8 H	$\bar{v} = 0{,}5 \cdot (v_{0,2} + v_{0,8})$
3	300 – 600	0,2 H, 0,6 H y 0,8 H	$\bar{v} = 0{,}25 \cdot (v_{0,2} + 2 \cdot v_{0,6} + v_{0,8})$

Para la medición de la velocidad se utilizó un Correntómetro Global Water, Modelo FP111 (ver Figura 2.8), el cual tiene una precisión de 0,05 m/s. Durante cada medición se esperó hasta que la medición mostrada en la pantalla digital se estabilizara en un valor constante.

Folio005374

Para cada medición se anotó la distancia horizontal desde el extremo del cauce utilizado como punto de inicio y la profundidad total de la columna de agua en el punto de medición.

Figura 2.8. Correntómetro Global Water, Modelo FP111

El error asociado a las mediciones se estimó a partir del error producido en las velocidades medidas (0,05 m/s).

Es importante tener en cuenta que al realizar mediciones con instrumentos, existen errores propios de la medición, los cuales se pueden propagar hacia el resultado final. Para considerar esto, se estiman los errores de cada medición y se calcula su propagación al realizar operaciones matemáticas con ellos. Las variables que se medidas según el procedimiento de aforo y sus respectivos errores adoptados son:

Tabla 2.4. Variables medidas y errores asociados

Variable	Error
Distancia transversal (x_i)	σ^2_x =0,005 [m]
Profundidad (z_i)	σ^2_z =0,005 [m]
Velocidad puntual (v_i)	σ^2_v =0,050 [m/s]

Con estas variables se realizan cálculos de sumas y/o multiplicación, cuyo error se propaga según las siguientes expresiones:

Tabla 2.5. Variables medidas y errores asociados

Función	Error
$f = aA \pm bB$	$\sigma_f^2 = a^2\sigma_A^2 + b^2\sigma_B^2$
$f = aAB$	$\left(\frac{\sigma_f}{f}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_B}{B}\right)^2$
$f = aA^{\pm b}$	$\frac{\sigma_f}{f} = b\frac{\sigma_A}{A}$

Donde A y B son variables independientes entre sí, mientras que a y b son constantes.

Folio005375

2.3.2.2.3 Levantamiento y actualización de información de componentes físicos, químicos y biológicos de la calidad de la columna de agua.

Se realizó un levantamiento de componentes físicos, químicos y biológicos de la calidad de la columna de agua, los cuales permitieron complementar la información recopilada en el punto 2.3.1 y levantar información no disponible en ciertos tramos del río. Como se puede observar en la Figura 2.3 y en la Tabla 2.1, la distribución de las estaciones fluviométricas y de calidad de agua actualmente vigentes, deja amplias zonas del río sin una cobertura espacial adecuada de información. Dado lo anterior, la estrategia de monitoreo tuvo dos campañas en puntos donde existe información actual (asociadas a estaciones DGA existentes) y 4 campañas en puntos descubiertos de información, por falta de estaciones de medición.

Los puntos de muestreo fueron los siguientes:

Tabla 2.6. Coordenadas de puntos de muestreo

Punto de muestreo	Coordenadas UTM (WGS84 Huso 19)	
	Este	Norte
S1_Rio_Loa	532469	7640132
S2_Rio_Loa	533083	7617237
S3_Rio_Loa	440947	7570933
S4_Rio_Loa	430939	7625704
S5_Quebrada_Amarga	420821	7631117
1_Rio_Loa	534984	7605268
2_Rio_Loa	540292	7589056
3_Rio_San_Pedro (Oficial)	550165	7573071
3_Rio_Loa (Alternativo) *	540346	7570066
4_Rio_Loa	539127	7563977
5_Rio_Loa	535749	7526811
6_Rio_Salado	536369	7526239
7_Rio_Loa	527000	7516301
8_Rio_Loa	511183	7517888
9_Rio_Loa	500986	7510906
10_Rio_Loa_	445607	7522999
11_Rio_San_Salvador	445953	7523068
12_Rio_Loa	441708	7528654
13_Rio_Loa	446382	7598572
14_Rio_Loa	443088	7607536
SS_de_Quetena**	501718	7517562

* Punto de muestreo alternativo. Definido para el caso que el punto “3_Río_San_Pedro”, se encuentrara sin agua

** Punto adicional solicitado excepcionalmente por contraparte técnica para analizar calidad de aguas bajo planta de tratamiento Tratacal en campaña de monitoreo de verano de 2019

Folio005376

Figura 2.9. Distribución de las estaciones de muestreo de calidad de agua, biota y aforos, realizados a lo largo del río Loa. Los puntos amarillos son los asociados a estaciones fluviométricas y los rojos a sitios donde no existe información. El punto verde corresponde a una estación de muestreo alternativa. El punto celeste corresponde a punto de muestreo bajo la planta de tratamiento Tratacal (pedido excepcionalmente para campaña Verano 2019).

Folio005377

La Figura 2.9 muestra, los puntos de muestreo tanto para las 2 campañas realizadas en puntos donde existían estaciones fluviométricas, como para las 4 campañas asociadas a los puntos donde no existía información disponible. Además, para la campaña de verano de 2019, la contraparte técnica solicitó excepcionalmente incluir un punto de muestreo bajo la planta de tratamiento Tratacal y poder analizar la calidad de aguas. Éste último, correspondiente al punto denominado "SS_de_Quetena" fue medido el 13/03/2019 en el Río San Salvador aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Quetena.

Por lo tanto, la estrategia de levantamiento de información fue la siguiente:

- Monitoreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos, en períodos hidrológicos de mayor y menor caudal, lo que incluiye aforos (2 campañas), donde hoy existe información.

- Monitoreo complementario de calidad de agua para levantar información no existente en ubicaciones aguas arriba de Lequena y aguas abajo de Quillagua (4 campañas en total)

i. Monitoreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos, en períodos hidrológicos de mayor y menor caudal (2 campañas)

Se realizó el muestreo de agua en 14 puntos o estaciones por campaña de monitoreo. El diseño del monitoreo, en cuanto a tramos y estaciones de monitoreo fueron validados por la contraparte técnica (ver anexo 8.6) incorporando una estación alternativa al punto "3_río_San_Pedro" ya que según lo indicado por la contraparte técnica en esa zona generalmente se presentaba sin agua. Las estaciones correspondientes al monitoreo que hoy hace la DGA, estaban incluidas en el diseño inicial. Se monitoreó la calidad del agua asociada a los siguientes parámetros: Temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), salinidad, nitrógeno total, fósforo total, clorofila a, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, plomo, mercurio, arsénico, cadmio, cromo, cobre, níquel, zinc boro, cloruros, RAS, sílice, coliformes fecales y totales.

Se realizaron dos campañas de monitoreo, coincidentes con los períodos hidrológicos de mayor caudal y menor caudal.

ii. Monitoreo complementario de calidad para las estaciones que mide la DGA con énfasis en monitoreo aguas arriba de Lequena y aguas debajo de Quillagüa (4 campañas en total)

Se realizó el muestreo de agua en 5 puntos o estaciones por campaña de monitoreo. El diseño del monitoreo, en cuanto a tramos y estaciones de monitoreo, al igual que los puntos asociados a estaciones DGA, fueron validados por la contraparte técnica (ver anexo 8.6). Se

Folio005378

consideró fijar 2 puntos aguas arriba de Lequena, un punto adicional entre Calama y Quillagua, y 2 puntos aguas debajo de Quillagua. Se monitoreó la calidad del agua asociada a los siguientes parámetros: Temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), salinidad, nitrógeno total, fósforo total, clorofila a, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, plomo, mercurio, arsénico, cadmio, cromo, cobre, níquel, zinc boro, cloruros, RAS, sílice, coliformes fecales y totales.

Se realizaron dos campañas de monitoreo, coincidentes con los períodos hidrológicos de mayor caudal y menor caudal, más dos campañas adicionales en las otras dos estaciones del año. Sólo se realizaron aforos en los puntos donde faltaba información fluviométrica ya que en los otros puntos se cuenta con datos de estaciones de medición.

Dado lo anterior, las campañas fueron realizadas de la siguiente forma:

Tabla 2.7.Cantidad de estaciones de muestreo por campaña

Campaña	Estaciones
Bajo caudal (mayo-junio 2019)	19
Caudal intermedio (septiembre-octubre 2018)	5
Alto caudal (diciembre-marzo 2019)	19
Caudal intermedio (septiembre-octubre 2019)	5

iii. Toma de muestras parámetros calidad de agua

La toma de muestras y preservación de los parámetros de calidad de agua, se realizó de acuerdo al procedimiento general de muestreo PGL-13 del Laboratorio CEA “Recomendaciones para el muestreo y preservación de muestras”, el cual está basado en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition (2005) y las normas chilenas NCh411/1.Of96 (Diseño y programa de muestreo), NCh411/2.Of96 (Técnicas de muestreo), NCh411/3.Of96 (preservación y manejo de muestras), NCh411/4.Of97 y NCh411/6.Of98. Las muestras fueron refrigeradas a una temperatura constante de 4°C, y posteriormente transportadas al laboratorio.

Para cumplir con los “holding time” críticos (24hr-48hrs) de los parámetros analizados, se trasladaron diariamente las muestras a los diferentes Laboratorios, de esta manera se aseguró la calidad de los diferentes analitos.

iv. Análisis de muestras

El análisis de las muestras de agua se realiza en laboratorios acreditados en el sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de normalización, INN, bajo la norma ISO NCh.17025 en el área fisicoquímica para aguas crudas y sedimentos. Los parámetros que no

Folio005379

cuentan con acreditación nacional, se externalizan a laboratorios internacionales acreditados bajo la norma ISO17025. En caso de que un parámetro no presente laboratorio nacional o internacional acreditado según norma ISO17025, se privilegiará el valor del límite de detección más bajo al momento de seleccionar el laboratorio a subcontratar.

Los laboratorios en los cuales se realizaron los análisis de las muestras corresponden a: CEA, ANAM e Hidrolab, cuyos certificados de acreditación se pueden encontrar en el Anexo Digital "OE 1 Recopilación y sistematización /OE1_Certificados_Laboratorios".

La Tabla 2.8 muestra los parámetros a analizar, los límites de detección, las unidades y la metodología de análisis de cada uno de los parámetros.

Folio005380

Tabla 2.8. Parámetros físicos, químicos y biológicos de la calidad de agua, sus límites de detección y las metodologías usadas de análisis

Parámetro	Unidad	LD	Metodología
Arsénico	mg/L	0.005	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B.
Bicarbonato y carbonato	mg/L	2.7	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 2320 B.
Boro	mg/L	0.007	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B.
Cadmio	mg/L	0.001	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B.
Clorofila "a"	µg/L	0.03	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 10200 h.
Cloruro	mg/L	1	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 4500 Cl- B.
Cobre	mg/L	0.003	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B.
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 9221 E
Coliformes totales	NMP/100mL	1.8	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 9221 B
Conductividad eléctrica	mS/cm	-	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 2510 B.
Cromo	mg/L	0.002	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B.
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 5210 B.
Fósforo total	µg/L	3	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 4500-P B y E.
Mercurio	mg/L	0.0001	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3112B.
Níquel	mg/L	0.003	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B.
Nitrógeno total	mg/L	0.02	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 4500-N A.
Plomo	mg/L	0.008	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B.
RAS	mg/L	-	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B.
Salinidad	g/L	-	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 2510 B.
Sílice	mg/L	0.006	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B.
Sólidos totales disueltos	mg/L	1	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 2540 C.
Sólidos totales suspendidos	mg/L	0.3	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 2540 D.
Sulfato	mg/L	2	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 4500-SO4-2 E.
Temperatura	°C	-	PTL-26, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 2550 B.
Zinc	mg/L	0.002	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 3120 B.

Folio005381

2.3.2.3 Componentes bióticos asociados al sistema fluvial.

2.3.2.3.1 Vegetación ribereña o ripariana

El levantamiento de información de flora y vegetación azonal, se realizó a través del "método de intercepto de puntos" (Mueller-Dumbois & Ellenberg, 1974), para esto, se establecieron transectos lineales de 20 m paralelos a cuerpo de agua (ríos, arroyos, etc.) en los cuales se registraron las especies que interceptaron la huincha en puntos ubicados cada 0,25 m de distancia, proyectando en cada punto una línea perpendicular al transecto y al suelo como lo señala la Figura 2.10:

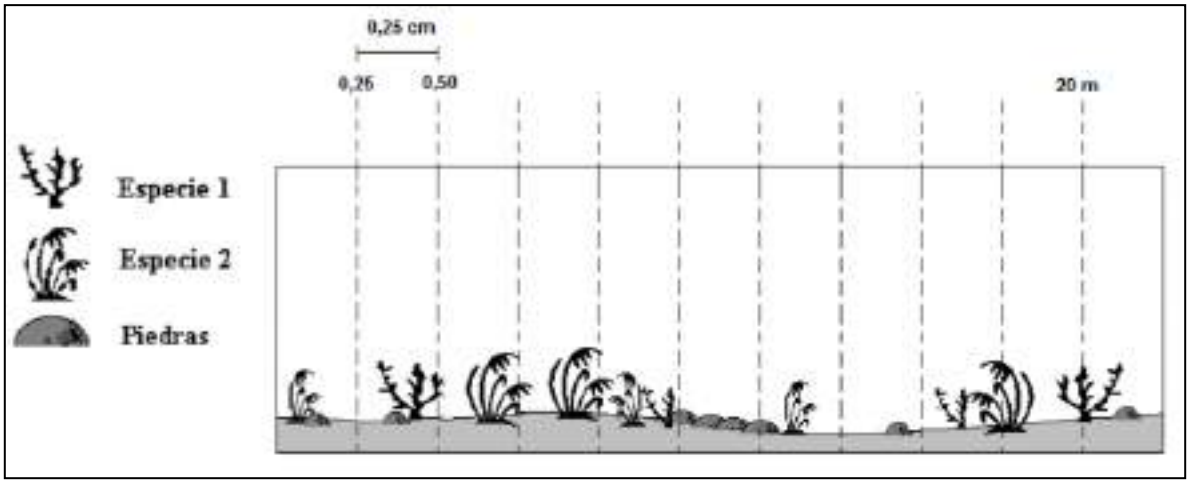


Figura 2.10. Esquema de una medición realizada mediante el método de intercepto de puntos. Fuente: Hernández et al. 2000.

Asumiendo que la probabilidad de que un taxa intercepte la huincha es función de la cobertura, la cobertura se calcula de la siguiente forma:

Cobertura absoluta de una especie (%)	=	Total de veces que una especie intercepta la huincha en un punto determinado en un transecto / Nº de puntos de intercepción por transecto	x 100

Cobertura absoluta de un transecto (%)	=	Sumatoria de las coberturas absolutas de todas las especies presentes en un transecto determinado

Promedio de la cobertura absoluta del sector (%)	=	Sumatoria de los porcentajes de cobertura absoluta de todos los transectos de un sector / Nº de transectos por sector

Cada transecto se georreferencia a través de coordenadas UTM (WGS84, huso 19 S) y se caracteriza según los siguientes parámetros: coordenadas UTM de inicio y fin del transecto, altitud (m.s.n.m.) y largo del transecto.

Folio005382

2.3.2.3.2 Muestreo de plantas acuáticas

Se consideró como primera opción un muestreo cuantitativo con la ayuda de un cuadrante de PVC de 0,5 m^2 con una cuadrícula de 100 puntos. Éste se ubica sobre las plantas acuáticas una sola vez en el punto de muestreo tomado con GPS y se listan todas las especies. Las especies no identificadas se deben recolectar para su posterior análisis en gabinete. Para determinar la abundancia se utilizó Point-quadrat en base a 100 puntos de contacto, de acuerdo con la siguiente formula:

$$\textbf{\textit{Cobertura absoluta de una especie (\%)}} = \frac{\text{Nº de puntos interceptados por la especie i}}{\text{Nº total de puntos de intercepción del transecto}} \times 100$$

$$\textbf{\textit{Cobertura absoluta de un cuadrante (\%)}} = \text{Sumatoria de las coberturas absolutas de todas las especies presentes en un cuadrante determinado}$$

Se tomaron fotografías de la ubicación general del cuadrante y del detalle de éste. Se deben contemplar fotografías de calidad de las especies de plantas acuáticas, sobre todo de las especies no reconocidas. Los registros fotográficos se entregan agrupados en una carpeta ordenado por campaña y punto de muestreo en anexos digitales (Anexos Digitales/OE 1 Recopilación y sistematización /OE1_Campañas de monitoreo).

De manera complementaria, se realizó un recorrido intensivo alrededor de los sistemas azonales colectando y fotografiando las especies de macrófitas (plantas vasculares) presentes. Estas colectas fueron herborizadas para su determinación taxonómica posterior. Este tipo de muestreo permite abarcar una gran superficie, recopilar la mayor cantidad de información posible y describir los componentes del medio desde la perspectiva de los elementos más conspicuos y representativos.

El total del material biológico colectado para ambas metodologías propuestas anteriormente, se pudo identificar utilizando la bibliografía disponible de la biblioteca del Centro de Ecología Aplicada S.A. (CEA). Posteriormente, se confeccionó un listado de especies pertenecientes al área de estudio. En base a esta información, se elaboró un catálogo florístico el cual se complementó con antecedentes como familia, forma de vida, tipo de macrófitas, origen fitogeográfico, nombre común y estado de conservación. La posición sistemática y nomenclatura taxonómica de las especies se definieron según Marticorena & Quezada (1985), y de manera complementaria la base especializada en línea -The Plant List- del Jardín Botánico de Kew y Missouri.

Las formas de vida de las macrófitas, se basa en el hábito proporcionado según Vila et al. (2006). De acuerdo con esta autora, se describen dos tipos de hábitos:

Folio005383

Hidrófitas: Pertenecen a plantas acuáticas con formas de vida clasificadas como sumergidas, natantes, flotantes libres que pueden estar o no arraigadas al sustrato del cuerpo de agua.

Helófitas: Son plantas acuáticas catalogadas como plantas palustres, su forma de vida es emergida, es decir, sus raíces están sujetas al fango, parte inferior de su vástago en el agua, pero mayoritariamente el tallo y las hojas emergen en el aire.

Adicionalmente, para aquellas especies que no se categorizan en ninguna de las definiciones anteriormente descritas, no obstante, son registradas mediante metodología de intercepto de puntos se utiliza el concepto de "terrífitas" el cual se define a continuación:

Terrífitos: Corresponden a especies vegetales que habitan en ambientes zonales y/o xeromórficos las cuales están limitadas por las condiciones ambientales del lugar; oscilaciones térmicas, capa de nieve, sustrato y el abastecimiento hídrico restringido exclusivamente a finales de primavera. Sin embargo, y debido a la dinámica hidromorfológica asociadas a cuencas (erosión, remoción de masas de tierra, etc.), estas especies quedan expuestas en la ribera del río.

El origen fitogeográfico de las especies se realiza según el "Catalogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur" (Zuloaga et al., 2008). Finalmente, las plantas son revisadas y clasificadas según su estado de conservación de acuerdo a los Decretos Supremos Nº 151/2007, 50/2008, 51/2008, 23/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES), y N° 33/2011, 41/2011, 42/2011, 19/2012, 13/2013, 52/2014 y 38/2015 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) que oficializan los procesos oficiales de clasificación de especies a nivel nacional derivados del Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres en estado de conservación (RCE), y en caso de no estar calificados se utiliza el Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Benoit, 1989).

2.3.2.3.3 Fitobentos

La composición y abundancia del fitobentos se evaluó mediante el análisis cuantitativo del principal grupo constituyente de las comunidades bentónicas, correspondiente a las diatomeas. Para ello se extrajeron muestras (3 réplicas) mediante un instrumento denominado perifitómetro, muestreador propuesto por Davies & Gee que permite el "raspado" o "cepillado" de los organismos adheridos a sustratos duros sin que estos sean arrastrados por la corriente. Por otra parte, en puntos donde dominó el sustrato blando se utilizó un Core (saca testigos) de aproximadamente 0,9 cm de diámetro. Las muestras fueron colectadas en tubos Falcón de 15 ml y fijados con formalina al 4% de volumen final, para posteriormente ser trasladadas al Laboratorio Ambiental del Centro de Ecología Aplicada. El método de análisis en el laboratorio consistió en la obtención de alícuotas de la muestra original, para posteriormente realizar preparaciones de microscopía óptica para la observación de los frústulos de diatomeas. El recuento de las células y clasificación taxonómica se realizó mediante microscopio fotónico estándar Zeiss Modelo Axioplan,

Folio005384

utilizando cámaras de sedimentación de 1 ml de volumen (Wetzel & Likens, 2000). Los resultados obtenidos se expresaron como listados de especies, abundancia total (cél/mm²) y abundancia relativa (%) de las microalgas presentes. La clasificación de los organismos se realizó en base a los trabajos de Rivera (1983), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1991), Round et al. (1996), Rumrich et al. (2000) y Lange-Bertalot (2001).

2.3.2.3.4 Macroinvertebrados bentónicos (Zoobentos)

En puntos de muestreo con sustrato duro, los macroinvertebrados bentónicos se muestrearon mediante una red tipo Surber, constituida por marcos metálicos cuadrados de 0,09 m2 y 250 µm de trama de malla, mientras que, en aquellos puntos con sustrato blando, el muestreo se realizó mediante un Corer de 0,004 m2, según corresponda al sustrato dominante. Se obtuvieron 3 muestras (réplicas) en cada punto de muestreo, considerando que con esa cantidad se obtiene una aproximación a la saturación en una curva taxa/área.

Las muestras fueron almacenadas en frascos plásticos de 200 ml, debidamente etiquetados y fijados con alcohol al 95%, para luego ser trasladadas al laboratorio en Santiago. Posteriormente se realizó la separación e identificación de organismos hasta el nivel taxonómico más bajo posible.

Las muestras fueron analizadas cualitativa y cuantitativamente mediante una lupa Zeiss Stemi 2000-C. La clasificación de los organismos se realizó en base a los trabajos de Bertrand (1995), Lopretto & Tell (1995), Lugo-Ortiz & McCafferty (1995, 1999), Merrit & Cummins (1996) y Fernández & Domínguez (2001), Jerez & Moroni (2006), Rojas (2006), Jara et al., (2006), Valdovinos (2006), Vera & Camousseight (2006), Camousseight (2006).

Adicionalmente, se llevó a cabo un muestreo exploratorio de organismos decápodos con la finalidad de evaluar de mejor manera la densidad de estos grupos de organismos, dado su estado de conservación en nuestro país. El muestreo se realizó mediante el uso de un cuadrante de 0,25 m², el cual se dispuso en un total de cinco puntos en el sustrato en la zona ribereña del río, a una profundidad variable, entre 10 a 50 cm.

2.3.2.3.5 Fauna íctica

Se evaluó la presencia de peces en el área de estudio mediante pesca eléctrica, con un equipo de pesca portátil modelo Samus y chinguillos, recolectando todos los individuos en un área aproximada de hasta 100 m^2 de ribera en cada punto de muestreo. Ocasionalmente esta área fue menor en los casos de restricciones de acceso a la ribera. El área de muestreo fue registrada en cada punto de muestreo de modo de obtener la abundancia de los peces en términos de CPUE (Captura Por Unidad de Esfuerzo), en este caso como ind/m^2. En algunos casos sólo se registró la presencia de peces, esto en casos de avistamientos sin colectas efectivas o de evidencia de peces colectadas por pescadores deportivos locales.

Folio005385

Los peces recolectados fueron identificados, medidos en su longitud total en centímetros (LT) y peso total en gramos (PT) in situ. Utilizando esta información morfológica, se estimó para cada ejemplar capturado el factor de condición (K), el cual corresponde a un índice de la "robustez" o "gordura" de los peces, y cuyo cálculo se efectúa utilizando la siguiente ecuación:

$$K = \frac{PT}{LT^3} * 1.000$$ (Lagler 1956, Nash et al., 2006)

Los peces una vez identificados y medidos fueron devueltos vivos al medio acuático en el mismo punto de captura.

Cabe destacar que CEA S.A., dispone de permisos de pesca genérico vigentes para los años 2018 y 2019 para la captura de peces (ver Anexo 8.4.3 Permiso de pesca 2018 y Anexo 8.4.4 Permiso de pesca 2019).

El estado de conservación de las especies descritas se determinó según la legislación vigente (RCE).

2.3.2.4 Anfibios

El muestreo de anfibios se realizó mediante transectos de longitud variable (200 m o más), de no más de 3 metros a cada lado, donde se removieron piedras, troncos o elementos que presentaran condición de microhábitat apropiado para esta clase de vertebrado, en pozas y sectores húmedos (como sectores de inundación lateral del ríos, vertientes y vegas, si las hubiere). En caso de ser observados, los ejemplares serían capturados manualmente, identificados y fotografiados. A modo complementario, y dependiendo de la posibilidad de efectuarse (por accesibilidad, permisos, condiciones de seguridad y estacionalidad), para los adultos, se efectuarán muestreos nocturnos (con linterna) y uso de playback (para registro auditivo, siguiendo la clave de Penna (s/f). Para las larvas (renacuajos) se revisó su presencia en los cuerpos de agua accesibles (ribera de río, pozas y vegas aledañas).

2.3.2.5 Reptiles

La determinación de reptiles se realizó mediante observación directa de los individuos, complementando un muestreo pasivo (recorrido pedestre con observación de ejemplares) y muestreo activo (remoción de piedras y revisión de arbustos). Los transectos o recorridos de muestreo serán de longitud variable (200 m o más), de no más de 3 metros a cada lado. En caso de ser observados, los ejemplares serán eventualmente capturados (manualmente o con lazo corredizo), identificados y fotografiados.

Para la identificación de las especies de reptiles y anfibios avistadas en terreno, se utilizaron las siguientes fuentes bibliográficas: Cei (1962), Donoso-Barros (1966, 1970), Veloso & Navarro (1988), Núñez & Jaksic (1992), Veloso et al. (1995), Formas (1995), Mella (2005), Pincheira-Donoso & Núñez (2005), Vidal & Labra (2008).

Folio005386

2.3.3 Diagnóstico integrado del estado ambiental actual de la cuenca del río Loa y sus tributarios

El diagnóstico integrado del estado ambiental actual de la cuenca del río Loa y sus tributarios se realizó en base a la información ambiental recopilada, generada y sistematizada en las actividades descritas en 2.3.1 y 2.3.2.

2.3.3.1 Análisis de calidad del componente agua del sistema ambiental.

En primer lugar, el diagnóstico integrado se inicia analizando el componente más importante del sistema ambiental, el que corresponde al agua. Para esto, se hizo una comparación temporal y espacial de la calidad física, química y biológica. En términos de calidad se realizó un análisis de los valores de diversos parámetros de calidad de agua con las normas disponibles, nacionales e internacionales. Dentro de las nacionales, se usa la NCh. 1333 y la norma primaria de calidad de aguas con contacto directo para aguas continentales (DS 143/2009 MINSEGPRES). Dentro de las internacionales se consideró el uso de la Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.

Para clasificar la calidad del agua se consideraron las recomendaciones de la Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales y marinas, la cual establece 4 clases de calidad, desde la de regular calidad a clase de excepción.

2.3.3.2 Análisis geomorfológico de la cuenca del río Loa y sus tributarios

Se realizó un análisis geomorfológico de la cuenca del río Loa y sus tributarios, utilizando las herramientas que entregan los sistemas de información geográfica, SIG.

Se determinó mediante el análisis del modelo digital de terreno, DEM, con precisión de 30m, los parámetros morfométricos generales del área. Posteriormente, se realizó una fotointerpretación usando las imágenes de Google Earth Pro de los diferentes elementos presentes en el territorio, con el fin de determinar los ambientes estructurales, denudación, ambientes fluviales, eólico, etc.

El análisis se realizó para obtener diferentes resultados a diferentes escalas espaciales, ya que en cada escala de observación se tienen propiedades particulares del relieve y de la dinámica de sus procesos. En términos prácticos, se determina, desde lo general a lo particular, la cuenca general, las vertientes, las laderas y las subcuencas de primer, segundo y tercer orden.

Se levanta por tanto, la red de drenaje de la cuenca, el uso del suelo y la cobertura vegetacional (por medio de análisis de imágenes satelitales disponibles gratuitas).

Folio005387

2.3.3.3 Análisis geográfico de presiones

Se realizó un análisis geográfico de presiones sobre el sistema fluvial, lo cual considera la presencia de derechos de agua superficiales, consuntivos y no consuntivos, derechos de aguas subterráneas, aguas arriba del curso fluvial, poblaciones humanas, áreas de pastoreo y otras. Posteriormente, para los distintos tramos del río, esto es utilizado para identificar índices de vulnerabilidad considerando presiones. Específicamente el índice de recuperación del sistema, que forma parte del índice integrado de vulnerabilidad, y que considera si las presiones son eventuales, recurrentes o permanentes. (ver acápite 3.3.5.3.1)

2.3.3.4 Análisis hidrológico de la cuenca

En términos de disponibilidad, se hizo un análisis combinado entre el régimen natural del caudal, las presiones asociadas a extracción y el régimen de precipitación. Según DGA (2005), el río Loa y sus afluentes tienen un régimen de caudales de tipo pluvial, y sus crecidas responden a eventos de intensa precipitación asociados al invierno altiplánico, en la alta cordillera. Adicionalmente, indica que sólo el 20% de la cuenca es activa hidrológicamente, es decir, que capta recursos hidrológicos de cordillera. Este análisis permitió identificar tramos del río con determinadas condiciones de caudal de tipo característico, los cuales son usados en análisis posteriores.

2.3.3.5 Diagnóstico integrado del estado actual de la cuenca del río Loa y sus tributarios

Se realizó un análisis integrado de los aspectos que influyen en el estado ambiental del río Loa y sus tributarios, entre ellos, los siguientes:

a) Presiones sobre el sistema fluvial

b) Calidad del agua (Conductividad eléctrica, niveles de nutrientes y clorofila a, entre otros)

c) Biota acuática y sus componentes

d) Hidrología fluvial (régimen del caudal, régimen de precipitaciones)

e) Geomorfología de la cuenca

f) Actividades productivas y entorno social

A partir de este análisis integrado se generaron índices de vulnerabilidad física y ecológica sobre el sistema fluvial, identificando tramos del río con diferente vulnerabilidad.

2.3.3.5.1 Vulnerabilidad ecológica

Una forma de evaluar la “Vulnerabilidad Ecológica” a lo largo del río Loa es a través de la elaboración de un índice de vulnerabilidad que combine distintos índices de clasificación.

Folio005388

Como por ejemplo: índices de calidad basados en macroinvertebrados bentónicos adaptados a Chile (Trent Biotic Index; TBI, Biological Monitoring Working Party; BMWP, Belgium Biotic Index; BBI, The River Invertebrate Prediction and Classification System; RIVPACS), presencia de organismos en categorías de conservación (ictiofauna, flora acuática o ripariana), en adición a la categorización del agua en base a criterios de aceptabilidad legal (valores umbrales para Riego y Vida Acuática, NCh1333). En último término la evaluación del estado trófico de las distintas secciones del río (Dodds et al., 1998) también puede alimentar dicho índice de vulnerabilidad.

En base a esta integración de indicadores, se evaluó la vulnerabilidad ecológica, tanto desde el punto de vista del impacto antrópico sobre la cadena trófica de los ecosistemas acuáticos, como de la variación de la calidad del agua.

2.3.3.5.2 Vulnerabilidad hidrológica

La vulnerabilidad hidrológica se determinaó utilizando metodologías basadas en metodologías como la que propone Rojas, et al, 2014 y otras similares donde mediante un análisis de Unidades Mínimas de Análisis o UMA, y el modelo de análisis DRSPI (fuerza motriz, presión, estado, impacto respuestas), establece indicadores de vulnerabilidad en varias dimensiones, entre ellas, la biofísica, la político-institucional, la económica-productiva y la sociocultural.

El diagnóstico integrado de la cuenca del río Loa entonces involucra una combinación polinómica entre las dimensiones asociadas a su vulnerabilidad ecológica con aquella hidrológica, lo cual le dará un valor a áreas definidas o tramos del río y de su cuenca, con diferentes expresiones de vulnerabilidad.

2.4 OE-2: Construir un modelo eco hidrológico integrado, determinando caudales ambientales.

Las actividades de este objetivo están orientadas a construir el modelo de simulación hidrológico solicitado, el cual se generó a partir de un proceso de selección de herramientas disponibles que más se adecuaran a las características y necesidades de la cuenca, considerando, entre otros aspectos, costos, facilidades de uso, facilidades para su ampliación de capacidades, la capacidad de integración de componentes ecosistémicos, aspectos sociales y productivos y de calidad de agua.

2.4.1 Análisis de modelos hidrológicos

Un modelo hidrológico es un conjunto de algoritmos matemáticos que tienen como objetivo aproximar las interacciones entre distintos elementos del ciclo hidrológico. Cada uno de los modelos disponibles en el mercado asume distintas aproximaciones para cada uno de los procesos involucrados, así como también distintas conceptualizaciones de una cuenca.

Folio005389

Es por eso por lo que la elección técnica de un modelo en particular, debe tener siempre presente primero cuál es el nivel de detalle o precisión que se desea, el nivel de detalle que se puede alcanzar teniendo en cuenta la información que existe y el tiempo disponible para obtener los resultados. Estas líneas no siempre se comunican, por cuanto la información disponible resulta ser importante en la elección del modelo y en la cuantificación de su incerteza.

Existen varios modelos generales de cuenca o de simulación hidrológica que se utilizan en diferentes lugares del mundo, donde las componentes individuales de estos modelos varían significativamente debido a la diversidad de propósitos que sirven (Singh & Frevert, 2005).

Dada la experiencia nacional en la zona, la herramienta WEAP ha probado ser de gran ayuda por cuanto es capaz de integrar en una misma plataforma la simulación hidrológica con la operación compleja de un sistema.

2.4.2 Determinación de Caudal Ambiental

La definición del caudal ambiental de un río utilizada en el presente estudio, es la misma de la "Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA" publicada por SEA en 2016 (SEA, 2016), y la cual corresponde a la desarrollada en la Declaración de Brisbane en el año 2007: *"los caudales ambientales (o ecológicos) son los flujos de agua, el momento de su aplicación y la calidad de las aguas precisos para mantener los ecosistemas de agua dulce y de los estuarios, así como los medios de subsistencia y bienestar de las personas que dependen del ecosistema"*. Pero a diferencia de esa guía, en la cual se busca poder realizar una evaluación ambiental de un proyecto en concreto, la presente tiene como objetivo el poder determinar un caudal ambiental asociado al sistema en su condición original, o en un punto más cercano a ella y que muchas veces no está dado por la actual condición del sistema. Así, determinando un escenario base desde el cual iniciar cualquier análisis de disponibilidad del recurso y condición del sistema (y de las otras partes que de él dependen), será posible realizar una evaluación igualitaria y comparable de todos los servicios ecosistémicos prestados y de las demandas externas de recursos (tanto actuales como futuras). Lo anterior posibilita el análisis de disponibilidad de recursos como la priorización de ellos, y evitar poner en riesgo los servicios y funciones críticas del ecosistema (O´Keeffe, 2012; Harwood et al., 2017).

Con lo anterior, la metodología planteada considera un primer análisis general del sistema, el cual incluye la totalidad del río y no solo un tramo o área de influencia de un proyecto cualquiera, considerándose así todas las dependencias, relaciones e interacciones existentes entre los distintos tramos y servicios. Así, se entenderá al río como un sistema integral y continuo, en donde (en general) existe una conexión de todas sus partes por medio de sus aguas, y nunca funcionará como un conjunto (o unión) de tramos de ríos que cuentan con comportamientos y condiciones independientes entre sí. Con lo anterior, será posible generar un análisis de la potencialidad del sistema como un todo, y a su vez, de cada

Folio005390

uno de sus sub-partes (tramos), la cual sentará la base contra la cual deberá ser comparada cualquier nueva condición de los tramos debido a una intervención y/o modificación del caudal pasante.

Respecto de la evaluación y posible priorización de los servicios y usos, se debe tener en cuenta que la determinación del caudal ambiental corresponde a un proceso científico pero con componentes sociales, siendo estas últimas (o debiendo ser) el centro de las decisiones, por lo que podrán determinarse diferentes caudales ambientales según sean los requerimientos y prioridades de los grupos de usuarios del sistema (O'Keeffe and Le Quesne, 2009), y teniendo siempre en mente que el manejo de los ríos conllevará una mezcla compleja entre compensaciones (trade-offs) y costos de oportunidad del recursos (Parker & Oates, 2016). Esto último, a modo de ejemplo, es ejemplificado en la Nota Técnica C.1 "Water Resources and Environment – Environmental Flows: Concepts and Methods" del Banco Mundial (Davis & Hirji, 2003), mostrando una relación tipo entre el uso del recurso (ver Figura 2.11), los beneficios generales obtenidos, el riesgo asociado y el tipo de uso (sustentable o no sustentable).

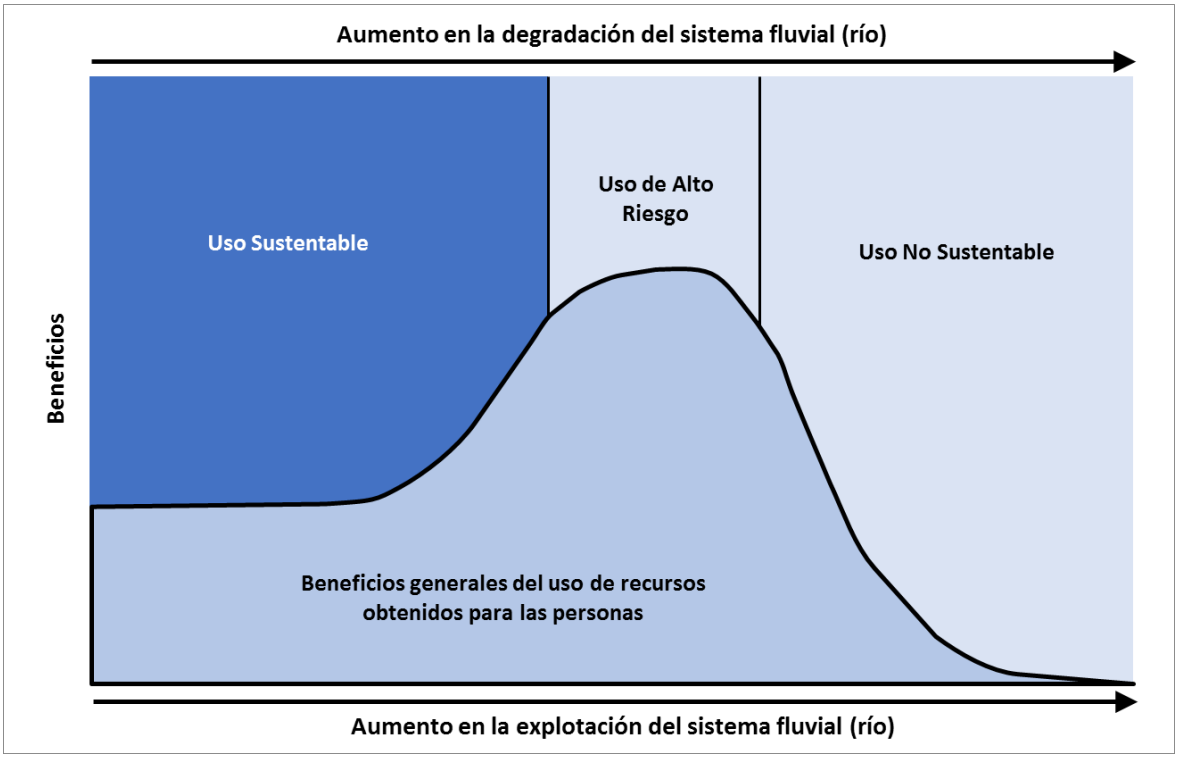


Figura 2.11. Esquema ilustrativo hipotético de la relación general que existe entre el uso del ecosistema (río y sus recursos) y la condición general de este como respuesta (Fuente: Adaptado de Davis & Hirji, 2003).

Además, los objetivos para la determinación de los caudales ambientales deberán estar alineados con las características del sistema, tanto en términos de las partes que el sistema sostiene (ecosistema que se desarrolla asociado al río) como de la hidrología del río (régimen de caudales), y no deberán establecerse objetivos que se alejen en demasía de la

Folio005391

condición más natural del mismo, o que puedan generar cambios en los tipos de ecosistemas presentes en el río. En la Figura 2.12 se muestran ejemplos entregados en O'Keeffe & Le Quesne (2009), donde los caudales ambientales están alineados con el tipo de río y los objetivos planteados, y donde es posible observar que la serie de caudal ambiental tendrá una relación muy estrecha con el hidrograma del sistema, donde los caso representan: a) en ríos desarrollados en áreas de conservación el énfasis debe estar puesto en mantener tanto caudal natural como sea posible y con ello minimizar la pérdida de biodiversidad por la extracción de agua, b) en ríos con desarrollo en áreas urbanas, el objetivo debe ser simplemente mantener la calidad del agua y parte de las áreas recreacionales, pudiendo reducirse el caudal base y reducir las inundaciones , c) en río alimentados por manantiales el énfasis está puesto en mantener un caudal base robusto (fuerte), y un aprovechamiento basado en el uso del agua de inundaciones, y d) en épocas de bajo caudal se reducirá considerablemente el caudal, y se mantendrán mayores flujos en los períodos de mayor caudal, considerando que la biodiversidad depende directamente de ellos.

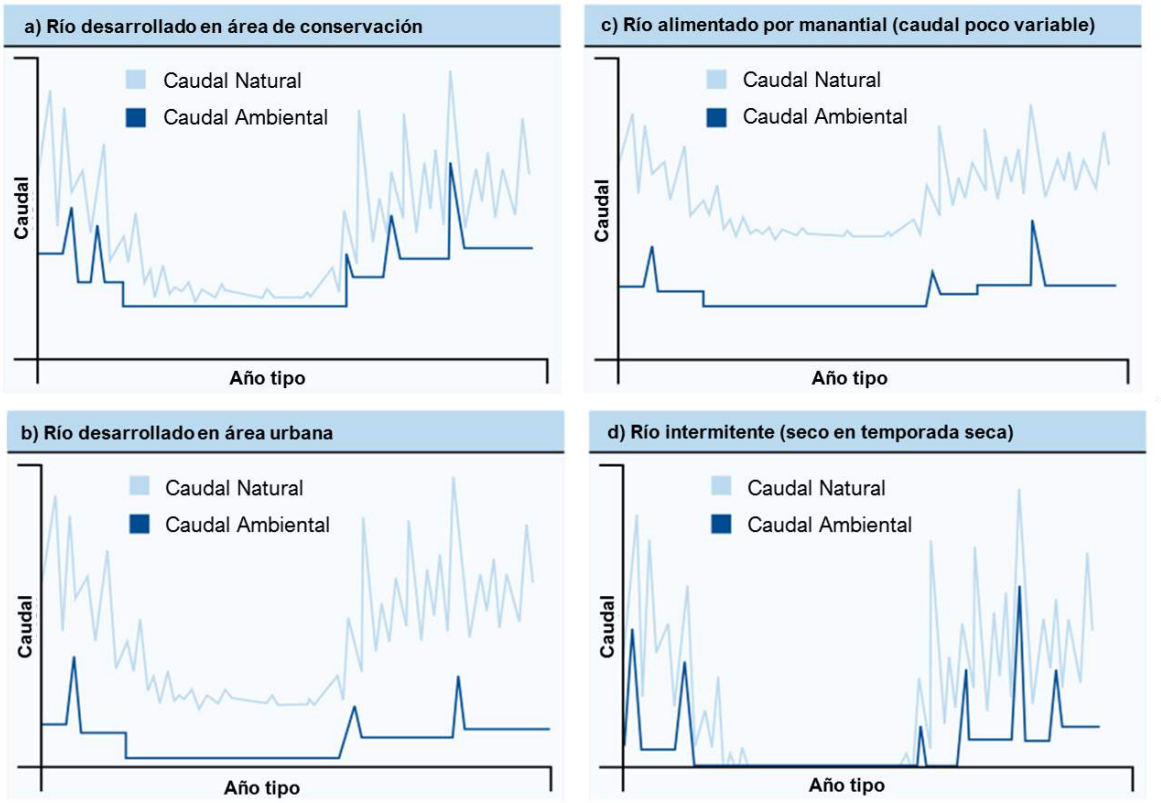


Figura 2.12. Diferentes caudales ambientales determinados según los objetivos planteados para cada tipo de río (Fuentes: Adaptado de O'Keeffe & Le Quesne, 2009).

Por lo anterior, cualquier estimación que sea realizada deberá tener de forma explícita (y deberá ser documentada), todos los criterios utilizados en la valoración y priorización utilizada como objetivo ambiental, ya que diferentes evaluaciones contarán con distintas

Folio005392

relaciones entre el grado de protección deseado del sistema y la cantidad de agua a ser destinada como recurso a explotar (diferentes objetivos ecológicos, sociales y económicos) (Davis & Hirji, 2003; O'Keeffe & Le Quesne, 2009; O'Keeffe, 2012).

De forma gráfica, el caudal ambiental puede ser entendido como la suma de componentes mostrado en la Figura 2.13, donde la primera componente corresponde al "caudal de supervivencia" y que es aquel caudal crítico mínimo durante el período de sequía; la segunda correspondiente a las cantidades encontradas en los períodos de bajo caudal y que están ligadas a períodos específicos de importancia ecológica (p.ej. estadio de vida específicos de la biota, desarrollo de procesos ecológicos) y caudales que son requeridos como parte de acciones/necesidades culturales o sociales. La tercera componente corresponde a los eventos de alto caudal, los cuales corresponden a pulsos de mayor intensidad o a eventos de inundación del sistema, los cuales tendrán por fin la mantención del sistema (p.ej. morfología del canal) o permitir el desarrollo de respuesta/procesos ecológicos (p.ej. desove o migración de los peces). (USAID, 2017)

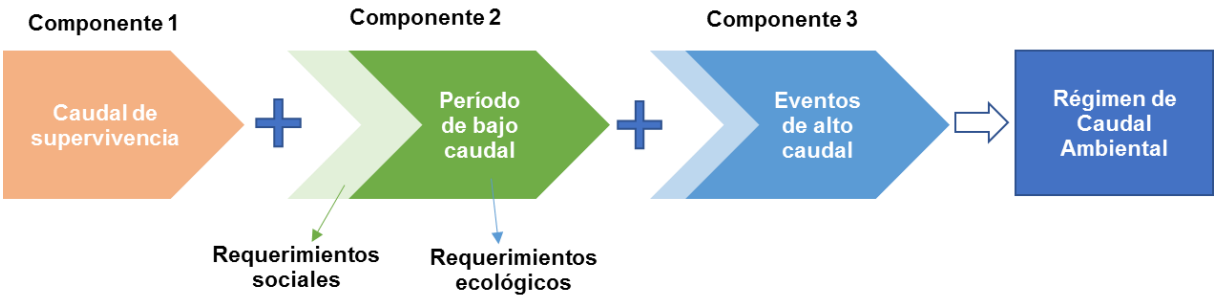


Figura 2.13. Caudales que componen el régimen de caudal ambiental (Fuente: Adaptado de USAID, 2017).

En cuanto a los sistemas a evaluar, los ríos corresponden a un tipo de humedal dentro de la clasificación de ellos, los que se definen como Humedales continentales (MMA-CEA, 2006). Dentro de la categoría de humedales continentales, los ríos se encuentran en el ecotipo "escorrentía", y sus características dependerán de su ubicación a lo largo del país. Ellos se diferenciarán tanto en sus regímenes y origen de sus aguas, como también en las características de ellas, siendo estas últimas las promotoras de todos los servicios ecosistémicos ofrecidos por el río. Así, las características de las aguas definirán tanto la biología y biodiversidad contenida en el río (según los tipos de ecosistemas desarrollados) como también los servicios ecosistémicos posibles de ser provistos (MMA-CEA, 2007).

En cuanto a su condición de humedal, ellos pueden ser representados como ecosistemas constituidos por componentes vivos (bióticos) y no vivos (abióticos), que interactúan activamente como una **unidad ecológica**. Numerosos autores señalan que los ecosistemas pertenecen a una clase más amplia que los sistemas físicos, ya que éstos son entidades

Folio005393

históricas, que poseen memoria de su desarrollo y de los eventos que afectan su comportamiento (SAG-CEA, 2006). Así, las características ecológicas de los ríos están definidas en gran medida por la estrecha interacción que se genera entre la morfología del cauce y el régimen de precipitaciones, las que definirán las condiciones hidrológicas e hidrodinámicas del sistema, obteniéndose múltiples configuraciones en el tiempo y espacio (Allan, 1995 en DGA-CEA, 2008).

A consecuencia de estos procesos, los ríos presentan una alta heterogeneidad espacial y temporal, las que en conjunto establecen las condiciones ambientales que modulan la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (DGA-CEA, 2008). A modo de ejemplo, los procesos climatológicos se asocian a la macroescala, y la cual determinan y fuerzan la dinámica del ecosistema, a diferencia de las condiciones locales del escurrimiento (velocidad, alturas) que controlan los procesos de intercambio entre las diferentes matrices (agua, sedimentos y atmósfera) e influyen de manera directa en la respuesta de los componentes biológicos en las diferentes escalas (Figura 2.14) (DGA-CEA, 2008).}

Lo anterior es evidenciado en el estudio “Determinación de caudales ecológicos en cuencas con fauna íctica nativa y en estado de conservación”, desarrollado por el CEA para la DGA (DGA-CEA, 2008), en donde se definen Hidroecoregiones. En cada una de ella se observa el vínculo existente entre la biología y los ecosistemas desarrollados en los ríos considerados como parte de la Hidroecoregión, no solo dependerá de las condiciones y características hidromorfológicas, sino que cuentan con una estrecha relación con las características fisicoquímicas de las aguas (calidad de aguas). Así, serán relevantes en la definición de las condiciones base, o las más naturales conocidas, variables como la salinidad, la temperatura o la presencia de materia orgánica. Además, el estudio concluye que “*es necesario realizar un análisis diferencial de ríos localizados en cuencas exorreicas a lo largo de Chile, ya que aun cuando las condiciones hidrológicas e hidrodinámicas constituyen el proceso que mantiene los ecosistemas acuáticos, se debe complementar el análisis con un balance de masa de sales (ríos zona norte), balance de masa de nutrientes (zona centro-sur) y balance térmico (zona austral)*”. Por lo anterior, es necesario realizar un análisis previo para la identificación de las variables relevantes de cada sistema, en términos de contar con evaluación de ellas como parte de las variables de estado/condición del hábitat y/o servicio ecosistémico. En el caso del río Loa que está presente en al Hidroecoregión “Loa-Camarones”, se tiene que uno de los conductores principales de la condición y biología del sistema recae en la salinidad y su distribución a lo largo del río (DGA-CEA, 2008).

Folio005394

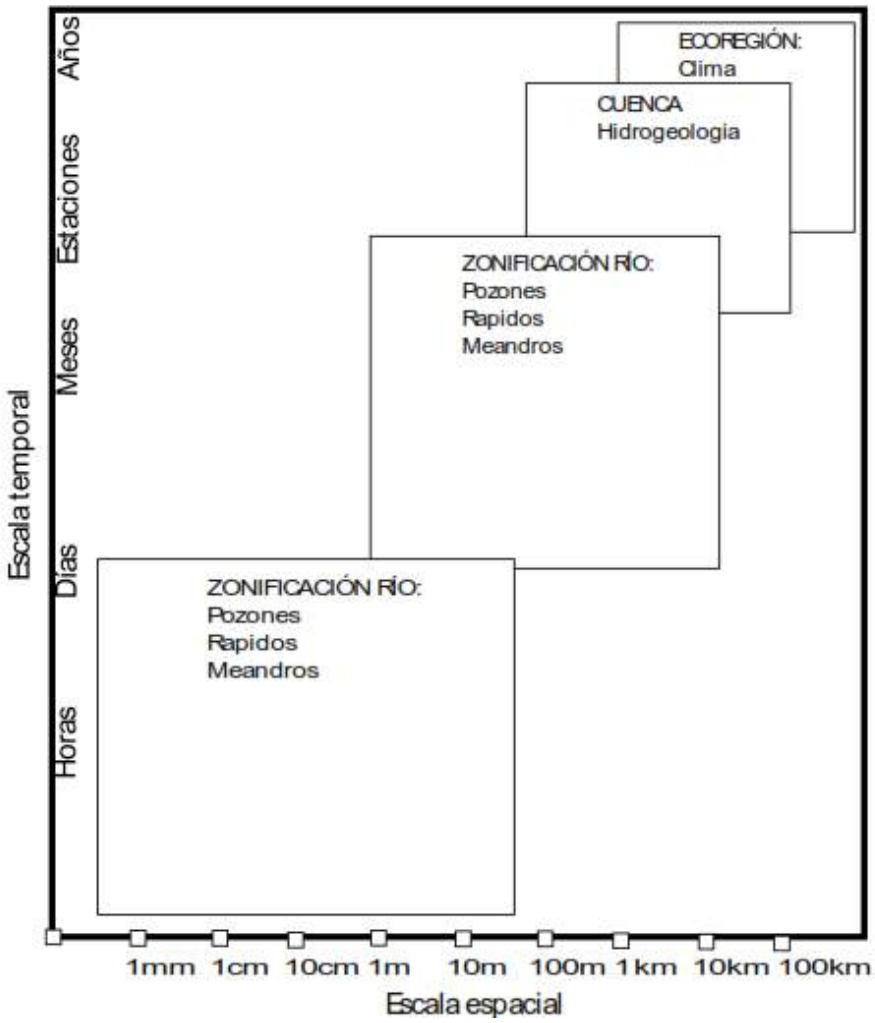


Figura 2.14. Esquema de diferentes escalas que interactúa en la dinámica espaciotemporal de ecosistemas lóticos (Fuente: DGA-CEA, 2008).

2.4.2.1 Desarrollo del caudal ambiental

El proceso completo para la estimación de un caudal ambiental es enmarcado como parte de una evaluación de caudales y estados ambientales del sistema, es decir, la determinación del caudal ambiental es parte del proceso de análisis y tiene como finalidad el poder definir una condición contra la cual realizar una comparación de la condición actual, cualquier otro escenario futuro posible de ser evaluado, y determinar el posible déficit o superávit del recurso existentes en el río. Para ello, se definen los pasos requeridos para le evaluación del caudal ambiental de un sistema natural (Figura 2.15), mediante el desarrollo de 9 pasos/actividades.

Los pasos por desarrollar son los indicados en la Figura 2.15, y se desarrollan a continuación.

i. Recopilación extendida y sistematización de información del sistema.

Folio005395

Se debe incluir información relacionada con hidrología, meteorología, morfología, biota y biología, fisicoquímica del agua, servicios ecosistémicos, usos antropogénicos del río, derechos de agua, y desarrollo de proyectos en base al río. Además de la información posible de ser obtenida desde registros bibliográficos y fuentes escritas, es necesario el levantamiento de información y conocimiento no escrito con que cuentan las comunidades y habitantes del lugar, la cual pueda entregar antecedentes sobre las condiciones históricas (anteriores) del sistema y de los usos dados al río. Esto último, permite contar con información específica sobre los ecosistemas existentes en el pasado.

ii. Determinación de una condición "natural" aproximada en base al conocimiento actual del sistema, y mediante la determinación del régimen de caudales sin extracciones y de las funciones de cambio de otras variables relevantes del sistema.

Se analiza la información hidrológica disponible junto con la información de derechos de aprovechamiento existentes, con lo cual se construye la hidrología del sistema sin extracciones. En el caso de las extracciones de agua históricas, las que estén asociadas tanto al desarrollo de actividades ancestrales por parte de la comunidad como también aquellas asociadas al consumo de agua, se deben analizar para su inclusión en el funcionamiento natural del río, por deberse a servicios (y derechos) prestados (servidos) por las aguas del río. En cuanto a las funciones de cambio de otras variables, se deben conceptualizar (al menos de forma aproximada) cuales son las funciones de cambio de la(s) variable(s) relevantes a lo largo del río, y con lo cual poder establecer una banda (rango) de sus valores en el río bajo la condición “natural”.

iii. Recopilación y análisis de información sobre biota y servicios ecosistémicos existentes y otros posibles de existir en el sistema (antecedentes actuales e históricos) para definir las curvas de habitabilidad y de desarrollo de los servicios ecosistémicos teóricas.

Se deben desarrollar curvas de habitabilidad teóricas para la biota posible de existir a lo largo del sistema. Junto con ellas, se construirán curvas de desarrollo de los servicios ecosistémicos identificados como con posibilidad de desarrollo.

iv. Definición de las características y condición del sistema en estado “natural” mediante la definición de ecosistemas potenciales en el río.

Se debe construir un modelo del río en toda su extensión para la condición “natural”, mediante el cálculo de las condiciones hidráulicas en cada tramo (p.ej. caudal pasante, y altura y velocidad media asociada) y la estimación de las otras variables relevantes. Con el modelo del río y sus características, se definen los ecosistemas posibles de ser desarrollados a lo largo del río.

Folio005396

Junto con lo anterior, se debe realizar una evaluación de las curvas de habitabilidad y de desarrollo de servicios ecosistémicos en el sistema, y con lo cual verificar y validar la anterior definición de los ecosistemas.

En cuanto a las áreas de análisis y a diferencia de la Guía del SEA (2016), en donde se define áreas de importancia basadas en la ecología o por ser relevantes a nivel antrópico (AIA: áreas de importancia ambiental), en la presente metodología el foco está puesto en el desarrollo de todos los ecosistemas del sistema. Es en estos ecosistemas en donde se desarrollan tanto la biota como los servicios ecosistémicos, por lo que la diferencia principal radica en que, para la evaluación del caudal ambiental del río es necesaria la evaluación de todos sus ecosistemas.

v. Evaluación de la condición de hábitat potencial y condición de desarrollo de servicios ecosistémicos bajo condición “natural”, y definición del criterio para el caudal ambiental respecto de la condición “natural” y estimación del régimen de caudal ambiental.

Utilizando como base la hidrología de la condición “natural” antes desarrollada, se debe evaluar la condición de hábitat potencial y condición de los servicios ecosistémicos por cada ecosistema definido. Por otra parte, para la estimación de un caudal ambiental se hace necesario establecer un criterio para la mantención del hábitat y de los servicios del río, y el cual deberá resguardar la integridad ecológica y biodiversidad en los ecosistemas, junto con asegurar de la mejor forma posible el desarrollo de los servicios ecosistémicos más relevantes. Cabe recordar que en la estimación de la condición “natural” debieran haber sido incluidos los servicios más básicos de provisión de aguas para actividades ancestrales de la comunidad y para agua de consumo, con lo que esos servicios cuenten con una condición idónea bajo el régimen de caudal ambiental.

vi. Definición de la configuración actual del sistema y de otras posibles de desarrollarse en el futuro, en términos de modificaciones de los caudales pasantes.

Se debe construir el esquema actual de extracción de aguas desde el sistema, y con el cual desarrollar la hidrología actual. Además, se debe definir cualquier otro esquema futuro de explotación que se desee evaluar para el sistema.

vii. Evaluación de la condición actual y futuras de la disponibilidad de agua, considerando las diferentes configuraciones de modificación de caudales, y contraste con respecto del caudal ambiental definido.

En los pasos anteriores ya fue definida la hidrología para la condición “natural” y actual, junto al régimen de caudales del caudal ambiental, por lo que para la condición futura restante se deben definir los escenarios a desarrollar y las consideraciones tras ellos. A

Folio005397

modo de ejemplo, puede desarrollarse la hidrología futura asociada a los escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC (2014). Una vez definidos los escenarios futuros (en términos de la disponibilidad del agua), se deben plantear los escenarios de extracción y uso de agua que se requieran evaluar. Con lo anterior, se realiza la estimación de las condiciones de hábitat y de los servicios ecosistémicos para la condición actual y para los escenarios futuros definidos. Todos los resultados obtenidos corresponden a los porcentajes de hábitat y condición de los servicios alcanzados en los diferentes ecosistemas y para cada uno de los escenarios.

viii. Comparación de los resultados entre escenarios, en base a la valoración de la presencia de la biota y del desarrollo de los servicios ecosistémicos.

Los resultados obtenidos antes para la condición actual y escenarios futuros, deben ser contrastados respecto de los resultados establecidos por la condición de caudal ambiental. Este contraste permite evidenciar la condición actual del río y la disponibilidad de recursos en el futuro. Se debe tener en cuenta que los resultados para las evaluaciones de escenarios futuros están supeditadas a los resultados obtenidos para la condición actual, es decir, la prioridad en la evaluación debe ser el asegurar que la condición actual (y futura cercana) sea superior o similar a la entregada por el caudal ambiental determinado.

ix. Optimización y mejora en el uso del recurso según la priorización de los servicios ecosistémicos, realizada en base al criterio y objetivo establecido por parte de usuarios y actores relevantes.

Se plantea la necesidad de realizar una optimización y mejora en el uso de los recursos según el criterio y necesidades a satisfacer de los usuarios y actores asociados al sistema, la cual depende del recurso disponible y de la planificación futura de necesidades. Así, todo depende en primer lugar de los resultados obtenidos de la comparación de la condición actual respecto del caudal ambiental, y en segunda instancia, de la situación futura proyectada. Así, la condición actual puede contar con una condición superior (mejor) a la de caudal ambiental, lo que permitiría la existencia de nuevos usos y extracciones desde el sistema (en escenarios futuros); y por el contrario, una condición deteriorada respecto de la establecida por el caudal ambiental, conllevará la necesidad de gestión y mejora del sistema por medio de la reposición de aguas y otras medidas de reparación, sin dejar espacio a nuevas extracciones.

Folio005398

Figura 2.15. Pasos y actividades definidas para la definición y evaluación de un caudal ambiental (Fuente: Elaboración propia).

Folio005399

2.4.3 Elaboración del Modelo hidrológico integral

A partir de la selección del modelo hidrológico a utilizar; la construcción del modelo hidráulico del río y, la determinación de los caudales ambientales para las especies objetivos y usos antrópicos obtenidas con PHABSIM, se elabora un modelo hidrológico integral que recoje los resultados mencionados anteriormente, además del uso de suelos, derechos de agua y otras actividades que se desarrollan alrededor del río. De esta manera se adecua a las características y necesidades de la cuenca. Para esto es necesario evaluar el efecto que tienen distintos caudales en determinadas zonas del río, sobre los distintos usos o servicios ecosistémicos, aguas abajo de la misma, que pueden corresponder tanto a actividades antrópicas como necesidades ambientales de la flora y fauna propia de la zona. Así, la determinación del caudal ambiental integral, el cual considera los requerimientos de especies nativas, usos antrópicos, calidad de aguas y aspectos sociales y productivos, se lleva a cabo evaluando cuanto es el beneficio que se obtiene al considerar la extracción o inyección de caudal al río en una determinada zona, al afectar los distintos servicios ecosistémicos aguas abajo del punto mencionado.

2.4.4 Análisis de escenarios para regímenes futuros de caudal

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) es una organización establecida por primera vez en 1988, su misión es la de entregar evaluaciones científicas comprensivas sobre los resultados de investigación de la comunidad científica, respecto del cambio climático, y resumiendo en informes técnicos de evaluación las potenciales consecuencias medioambientales y socioeconómicas de estos cambios. Junto con ello, evalúan las posibles opciones para adaptarse a esas consecuencias o mitigar los efectos asociados al cambio climático.

En este sentido, el IPCC en su informe del 2007 define el cambio climático como: “todo cambio producido en el clima a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de la actividad humana”. Este uso difiere del adoptado en la Convención Marco sobre Cambio Climático, donde por cambio climático se entiende “un cambio atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. Así, los análisis de cambio climático no se refieren sólo a los posibles efectos producto del aumento de emisiones a la atmósfera, sino que consideran también la variabilidad normal, sin intervención antrópica. En este contexto, los nuevos escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC, y desarrollados principalmente por el Coupled Modeling Inter Comparison Project 5 (CMIP5), no sólo miran hacia el futuro, sino que realizan un análisis de la historia pasada.

Los escenarios de cambio climático se resumen en tres grandes grupos:

Folio005400

• Simulaciones de décadas pasadas ("Decadal Hindcasts"): Estas simulaciones del pasado permiten testear la capacidad de los modelos globales de predecir o pronosticar los cambios en el clima, dado que sus resultados son comparables con las mediciones realizadas en las últimas décadas.

• Simulaciones de escenarios futuros utilizando escenarios de emisiones: Estas simulaciones de largo plazo consideran las Trayectorias de Concentración Representativas (RCPs, por sus siglas en inglés), lo que corresponde a considerar forzamientos debidos a distintos escenarios de emisión de gases a la atmósfera.

• Simulaciones de escenarios futuros considerando no sólo las emisiones (RCPs): En ellas, además de utilizar los escenarios de emisiones, se consideran también los cambios en la temperatura superficial del mar.

Estos modelos globales, denominados GCM, entregan resultados a escala global de modo que es preciso escalar ('downscaling') los resultados a una escala regional o local a través de un modelo atmosférico. A estos modelos se les denomina RCM por sus siglas en inglés. Este escalamiento es posible de ser realizado por dos diferentes vías, correspondiente a los métodos dinámicos (p.ej. mediante el uso del modelo WRF) y a los métodos estadísticos. El primero de ellos corresponde a una metodología altamente costosa en términos computacionales, requiriéndose del desarrollo de una calibración del método para la regionalización de la información para cada modelo GCM. Por el contrario, el segundo se centra en el desarrollo de ajustes en base a la estadística local, permitiendo generar un ajuste adecuado de contarse con información histórica y espacial suficiente. Es por ello, que de manera similar al desarrollo realizado en el estudio "Aplicación de la metodología de actualización del balance hídrico nacional en las cuencas de las macrozonas norte y centro – S.I.T. N° 435" desarrollado por la Dirección General de Aguas (DGA, 2018), se utiliza un método estadístico. Este tipo de método permite escalar las temperaturas diurnas máximas y mínimas de los GCM seleccionados, así como también escalar la precipitación, tomando como referencia la base de datos utilizada en el proceso de calibración (DGA, 2018).

En el contexto del desarrollo y evaluación para el río Loa, considerando que la modelación de cambio climático corresponde solamente a una parte de los inputs requeridos en el desarrollo de las evaluaciones futuras del sistema, se define como estrategia el utilizar fuentes de información de modelos globales para el "downscaling" que cuenten con utilización previa en estudios a nivel nacional y con una validación[1] de su aplicabilidad a la zona norte del país. Es por ello que se utilizan como base del análisis del cambio climático

[1] Se entiende por validación en su aplicabilidad el hecho de presentar resultados razonables, consistentes con la literatura, y que permitieron el desarrollo completo de los estudios que los utilizan.

Folio005401

los modelos "CSIRO-MK3-6-0[2]" y "MIROC-ESM[3]", los cuales han demostrado dar respuesta regional a modos globales de variabilidad climática (ENSO y SAM); sensibilidad climática y cambios regionales (DGA, 2017b; DGA, 2018).

Dado lo anterior se generó un modelo acoplado atmosférico-hidrológico, que permitió evaluar las series de precipitaciones futuras y disponibilidad hídrica en el río, siendo esta última el parámetro de entrada principal para los modelos hidráulico y de hábitat del río Loa.

Figura 2.16. Esquema modelo eco-hidrológico integrado. (Fuente: Elaboración propia)

[2] Desarrollado por "Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization-CSIRO" en colaboración con el Queensland Climate Change Centre of Excellence, Australia.
[3] Desarrollado por "Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute (University of Tokyo), y el National Institute for Environmental Studies, Japan.

Folio005402

Para validar los escenarios se realizó un taller de trabajo con las partes interesadas, entre los que se cuentan los servicios públicos competentes, académicos de universidades, ONG y organizaciones civiles donde se puso a discusión los escenarios para lograr su aceptación. Acta disponible en Anexos digitales:

OE4_Difusión\Talleres_de_trabajo_participativo\20191128_GOA002_MIN_Taller_Analisis_Escenarios_SSPP_CEA

2.4.5 Construcción de Guía Metodológica para la estimación de Caudal Ambiental

Actualmente, la cuenca del río Loa se encuentra expuesta a una elevada presión de uso, especialmente asociada al desarrollo minero de este territorio, al desarrollo agrícola en las zonas aledañas a los poblados de Chiu-Chiu y Calama, y al consumo humano. Esta continua presión de uso, sumado al bajo caudal medio anual del río Loa, contribuye a la degradación de los ecosistemas acuáticos, lo que puede traer como consecuencia un aumento en las condiciones de estrés sobre la biota y la pérdida de biodiversidad. Además, puede generar la pérdida de servicios ecosistémicos y una disminución de los recursos hídricos disponibles para otros fines productivos.

Por lo anterior, se desarrolló la guía metodológica para la determinación y evaluación del caudal ambiental en el río Loa, la cual busca el poder evaluar de forma más precisa los requerimientos del río. La definición del caudal ambiental considerada corresponde a la contenida en la Declaración de Brisbane del año 2007: *"los caudales ambientales (o ecológicos) son los flujos de agua, el momento de su aplicación y la calidad de las aguas precisos para mantener los ecosistemas de agua dulce y de los estuarios, así como los medios de subsistencia y bienestar de las personas que dependen del ecosistema"*.

Así, el caudal ambiental se entiende como aquel caudal que permite que se puedan desarrollar y sostener los servicios ecosistémicos de interés. Este no necesariamente es un único caudal para toda la cuenca ni para todas las épocas del año, si no que puede variar en los distintos tramos del río y sus afluentes, además de variar según mes o estación del año.

La guía desarrollada en el presente estudio establece las bases de la metodología para el cálculo del caudal ambiental en los distintos tramos de la red hídrica de la cuenca del río Loa, y guía su implementación. El anterior estándar en nuestro país, correspondía a la utilización de metodologías de cálculo de los requerimientos hídricos mediante métodos como el caudal ecológico de la DGA, el cual está basado principalmente en la estadística de caudales y la utilización de criterios de tipo experto.

Actualmente, existe un desarrollo previo respecto de la estimación de caudales ambientales asociados al desarrollo de proyectos de centrales hidroeléctricas, la cual corresponde a la "Guía Metodológica para Determinar el Caudal Ambiental para Centrales Hidroeléctricas en el SEIA" (SEA, 2016). Esta guía, en comparación con una metodología basada en estadística, presenta un enfoque más integral e incorpora variables ambientales del sistema al análisis,

Folio005403

en busca de una evaluación integrativa de los requerimientos de todas las componentes, tanto bióticas como abióticas que depende (y utilizan) del río.

La Guía del SEA contiene y compartirá con el presente desarrollo, muchas definiciones y conceptos sobre la ecología, funcionamiento, servicios ecosistémicos, condición y necesidades de un río, ya que ambas están basadas en el concepto de caudal ambiental. Aun así, la primera y fundamental diferencia entre ellas, está dada por el objetivo (y alcance del análisis) de fondo de la determinación del caudal ambiental.

La guía del presente estudio considera al río de forma integral, reconociendo su conectividad y dependencia entre los tramos y variables, lo que obliga a realizar un análisis completo del sistema sin el descartar a *priori* los efectos y respuestas sinérgicas, propias de un sistema continuo como lo son los ríos de nuestro país. Además, el análisis propuesto en la Guía del SEA está enmarcado en la evaluación de proyectos en el SEIA, el cual exige un análisis para la condición actual del sistema (Línea de base del proyecto) y no exige considerar una condición más natural del sistema, que en estricto rigor, es sobre la cual se deben realizar los análisis del caudal ambiental. Así, la presente guía basa el análisis en una condición "natural" (o lo más natural posible con el conocimiento del sistema) de los flujos en él, descontando las alteraciones externas y antrópicas del caudal.

En cuanto al uso de esta guía, ella podrá ser utilizada por los principales actores en la gestión del recurso hídrico en la cuenca, tales como servicios públicos asociados al tema, universidades, y todos aquellos actores con interés en participar en la mejora del uso del recurso del sistema. Esto tendrá beneficios directos sobre la gestión del recurso hídrico en la cuenca, considerando las distintas variables ambientales que conforman el sistema y que son evaluadas de forma integrativa en el desarrollo de la metodología.

El río Loa pertenece a una cuenca muy particular, ya que los eventos de precipitación se concentran en la parte alta de la cuenca y en la época estival. Además, corresponde al río de mayor extensión de Chile, y que se desarrolla en una de las zonas más áridas del mundo. Por lo anterior, el análisis del caudal ambiental del sistema es necesario para poder determinar cuál es la condición actual del sistema intervenido respecto de la condición deseable (caudal ambiental), poder evidenciar la posible existencia de recursos disponibles para ser utilizados, visibilizar la necesidad de una reparación del sistema, proyectar el uso futuro, entre otras.

Para poder documentar y validar la metodología a utilizar, se realizó un (1) taller de trabajo participativo con la participación de expertos (2) y los actores principales en la gestión de los recursos hídricos de la cuenca (servicios públicos competentes, académicos, entre otros). La validación final de la metodología de la Guía incluye las recomendaciones y resultados del taller de trabajo y de la contraparte técnica. De esta actividad se obtuvo el producto final de la Guía Metodológica, la cual fue impresa como un medio de difusión del estudio.

Folio005404

2.5 OE-3: Analizar los costos/beneficios de la implementación de caudales ambientales en la cuenca del río Loa.

Las actividades desarrolladas en este objetivo son las siguientes:

2.5.1 Selección de los servicios ecosistémicos

Esta actividad toma la información generada en el punto 2.3.2.1.1, y prioriza aquellos servicios en un esquema similar al utilizado en la Figura 2.17.

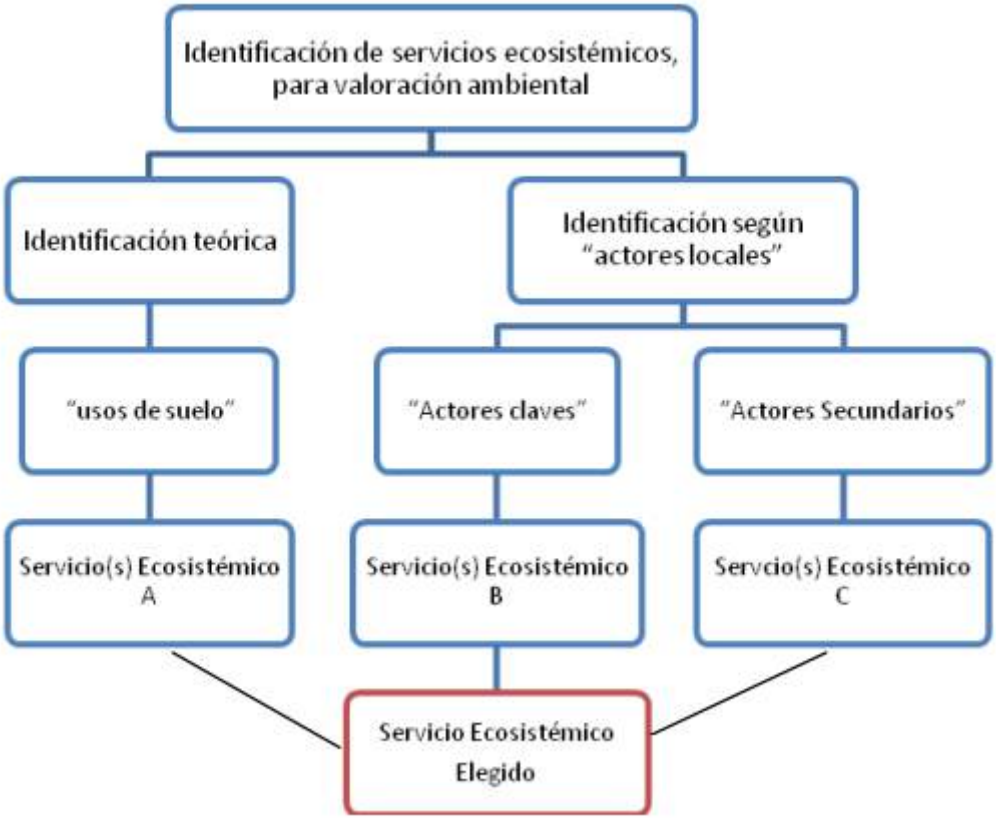


Figura 2.17. Modelo conceptual del proceso de selección de servicios ecosistémicos para valoración ambiental. Fuente: GORE Aysén, 2010. Diagnóstico Ambiental Cuenca del Río Aysén y Sector Costero Adyacente

La selección de los servicios ecosistémicos de la cuenca del Río Loa se realiza no sólo desde la perspectiva ambiental, sino que también desde las perspectivas socioeconómica y productiva.

Folio005405

2.5.2 Valoración de servicios ecosistémicos y evaluación costo/beneficio

A partir del punto anterior, se efectuó un ejercicio de valoración de servicios ecosistémicos de la cuenca, bajo el enfoque CICES y MMA (2014).

Dicho análisis se complementó con una evaluación costo/beneficio social de la implementación de los caudales ambientales determinados en el punto 0 y en diversos escenarios (punto 2.4.4). Se deriva de este análisis un marco propositivo respecto a la necesidad de levantar nueva información, la adquisición de bienes y activos, la modificación de estructuras hídricas y la construcción de obras, así como, la implementación de manejos operacionales por parte de los usuarios del recurso, como consecuencia de la revisión de los impactos productivos asociados.

En la evaluación de los beneficios se considera sus dimensiones hidrológicas, ecosistémicos, patrimoniales y socioculturales. Adicionalmente se desarrolla una evaluación macroeconómica de cada escenario, atendiendo a sus implicancias regionales en materia de desarrollo industrial, agrícola y urbano. Para este efecto se recurre a los criterios utilizados en la modelación clásica IS-LM-BP. Este análisis da lugar a recomendaciones respecto de la implementación de caudales ambientales en la cuenca.

2.5.3 Evaluación macroeconómica

Para la evaluación macroeconómica, en este contexto, se estima el impacto sobre la demanda y oferta agregada (consumo, inversión, empleo, producción), a nivel regional de la aplicación de caudales ambientales en diversos escenarios simulados, suponiendo como línea base la situación actual. Los posibles movimientos positivos o negativos de la oferta y demanda agregada generan cambios en los niveles de equilibrio de variables macroeconómicas relevantes, como tasa de interés, nivel de precios y tipo de cambio y, por tanto, pueden generar impactos predecibles grosso modo en el desarrollo del sector agrícola, industrial, así como en la economía de los sectores urbanos de la región. Este análisis permite generar recomendaciones para la implementación de caudales ambientales en la cuenca del río Loa.

Se operacionaliza el uso del modelo clásico IS-LM-BP, desde la perspectiva de una economía regional, primero cerrada y luego abierta al comercio interregional e internacional, para efectos de la construcción de escenarios y su posterior análisis, con arreglo a la estimación de la evolución de las variables macro ya señaladas, en el corto y largo plazo. El Modelo IS-LM-BP permite, de una forma práctica, definir la función de Demanda y Oferta Agregada y ver los efectos de shocks y políticas macroeconómicas, sobre su equilibrio. De tal manera, los modelos IS-LM e IS-LM-BP, integran el mercado de bienes, de dinero y le subyace el mercado laboral reflejando las interacciones entre macro-mercados.

Complementariamente, por medio de la metodología de la Evaluación Social de Proyectos, definiendo una línea base, se identifican, miden y valorizan los beneficios y costos de la

Folio005406

aplicación del caudal ambiental, desde el punto de vista del Bienestar Social. Para estos efectos se supone que el agente económico dueño del proyecto es el conjunto de la sociedad. Entre otros aspectos, se utilizan los precios y tasas de descuento sociales, se mide el aporte al ingreso nacional y el ingreso nacional sacrificado, presumiendo que los agentes económicos no perciben en su función de utilidad todos los costos y beneficios que sus acciones generan (por ejemplo, externalidades, efectos secundarios e indirectos).

Este análisis permite: Tomar decisiones sobre asignación de recursos escasos, comparar contra una situación base optimizada, Identificar, medir y valorar los beneficios y costos de la aplicación de caudales ambientales en diversos escenarios.

Este enfoque trata de determinar el mejor uso de los recursos escasos mediante: Identificar beneficios y costos sociales, medir beneficios y costos sociales y valorar beneficios y costos sociales

Se busca maximizar la Función de Bienestar Social (W); en definitiva, se busca la variación del bienestar social a causa de un proyecto.

Es importante considerar que esta función depende del nivel de bienestar (U) de cada integrante de la comunidad e incluye juicios de valor sobre la ganancia de bienestar social debida al aumento del bienestar individual de diferentes miembros participantes de la Región.

Se identifican:

• Los Costos Económicos, como pérdida de bienestar asociada a la menor disponibilidad para el resto de la economía de los factores e insumos que utilizará el proyecto.

• Los Beneficios Económicos, como incrementos del bienestar asociados a la producción que agregará el proyecto y a los ahorros de recursos.

Folio005407

2.6 OE-4: Realizar una transferencia y difusión de la metodología para la evaluación del caudal ambiental, incluyendo el desarrollo de una cartera de proyectos.

Este objetivo se separa en dos actividades principales, la primera asociada a la difusión de las actividades y resultados del proyecto, y la segunda a la capacitación y formación de capacidades permanentes en la región, en las materias asociadas a la relación entre los ecosistemas y las actividades humanas en el territorio.

2.6.1 Actividades de difusión

2.6.1.1 Material de Difusión

Elaboración de un video educativo: Se desarrolló un video educativo, didáctico, cuyo objetivo fue entregar información respecto al diagnóstico del estado actual en que se encuentran los cuerpos de agua, la valoración social y económica de los servicios que presta el recurso y las implicancias de determinar el caudal ambiental del río Loa, además de otros contenidos que pudiesen surgir a partir de las reuniones con la contraparte técnica.

Dado lo anterior, se llevó a cabo la obtención de material gráfico que incluye los muestreos, reuniones, talleres, entrevistas, entre otros eventos de interés a modo de presentar cada una de las actividades desarrolladas por la consultora. Se entregan 200 (doscientas) copias en formato pendrive.

Afiches: Se elaboró un afiche del proyecto, cuyo diseño gráfico fue consensuado con la contraparte técnica. Se entregó a la contraparte técnica el máster en original y 1.000 (mil) ejemplares del afiche 4/0 color en couché opaco de 200 gr, de tamaño 40x70 cm.

Tríptico: Se elaboró un tríptico del proyecto, cuyo diseño gráfico fue consensuado con la contraparte técnica. Se entregó a la contraparte técnica el máster en original y 1.000 (mil) ejemplares del afiche 4/4 color en couché opaco de 200 gr, de tamaño carta (21,6 x 27,9 cm).

Guía de Caudal Ambiental: Se generaron 200 ejemplares de la “Guía metodológica para la estimación del caudal ambiental en la cuenca del río Loa” en couche brillante 200 gr, tamaño carta (21,6 x 27,9 cm). Además, se entregó máster en formato original.

2.6.1.2 Charlas y talleres de difusión

Se realizaron 2 charlas de difusión de las actividades del estudio, orientadas a la comunidad en general, desarrolladas de común acuerdo con el mandante, y citadas por este último.

Adicionalmente se realizó un taller de presentación de resultados finales; siendo este el taller final donde se presentaron todos los puntos abordados por este estudio.

Folio005408

2.6.2 Actividades de capacitación

Se desarrollaron 3 capacitaciones, focalizadas en los siguientes tópicos u otros, definidos en conjunto con la contraparte técnica.

a) Uso de equipos y acercamiento de términos técnicos

b) Metodología para la evaluación de caudal ambiental

c) Uso y operación del modelo hidrológico seleccionado

Para las dos primeras capacitaciones se incluyó la participación de al menos un experto validado con la contraparte técnica, los cuales fueron parte del propio equipo consultor o externo y la metodología utilizada fue el desarrollo de una jornada capacitación, enfocada a los servicios públicos de los ministerios y entidades asociadas a las temáticas del proyecto (MMA, DGA, CONAF, u otros).

En la tercera capacitación se realizó la transferencia en el uso del software utilizado a lo largo del estudio a la contraparte técnica y a las personas que la contraparte definió. Debido a que el software es pagado, se hace entrega de una licencia al finalizar el contrato del estudio.

2.6.3 Cartera de Proyectos

A objeto de avanzar en la solución del problema definido en la Figura 2.18, se desarrolló una cartera de proyectos que abordó otras temáticas dentro de las causas del problema. Para ello, se identificaron los principales vacíos de información, mediante la proposición de una lista de estudios y/o proyectos (cartera de proyectos) que podrán contribuir a mejorar la calidad de la información, con sus respectivos objetivos y alcances, priorizando finalmente aquellos que son de mayor relevancia para complementar y mejorar la gestión medioambiental del río Loa y sus tributarios. Lo anterior, con el propósito de ajustar las acciones de mediano plazo propuestas en el siguiente plan de gestión, así como establecer aquellas que deben ser consideradas en el largo plazo.

Folio005409

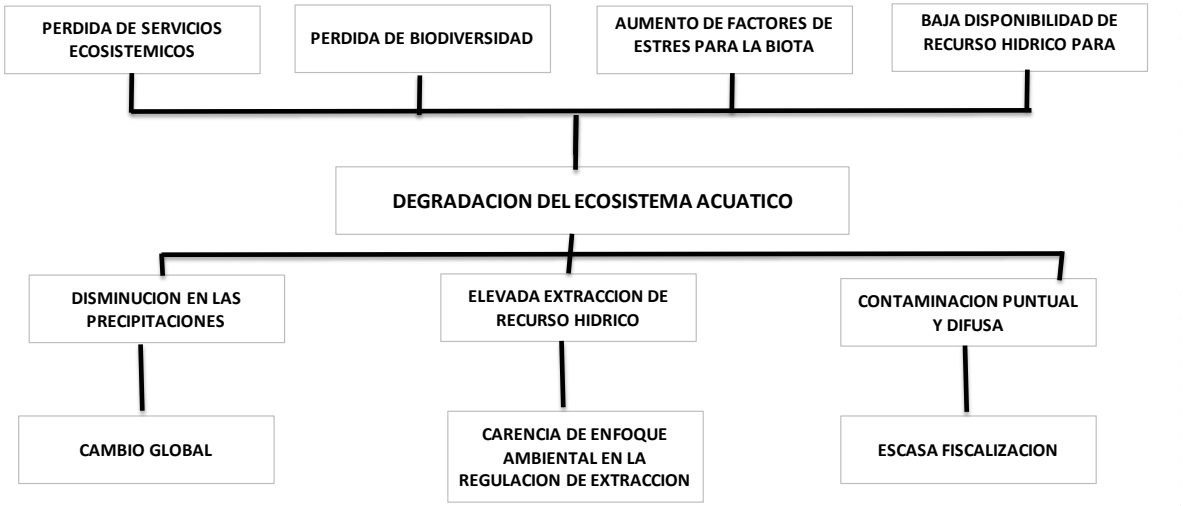


Figura 2.18. Árbol de problemas. Fuente: Bases de Licitación

Con la información disponible y los problemas identificados en la Figura 2.18, se creó un árbol de soluciones que contiene los proyectos o estudios propuestos a modo de responder la totalidad de las causas del problema asociado a la degradación del sistema acuático del río Loa y tributarios.

Este plan considera acciones en el ámbito administrativo, así como técnicas de saneamiento, de control y seguimiento, entre otras. Para la selección de dichas alternativas se tomaron en consideración aspectos como costos, efectividad de las medidas, complejidad de implementación, entre otros aspectos.

Se propuso una cartera de proyectos, en un único documento bajo la tipología de mapa de proyectos, el que incluye:

a) Diseño de proyectos asociados a la prevención de efectos ambientales adversos sobre el medio ambiente, provenientes de actividades productivas, tales como propuestas para mejorar la evaluación de proyectos, incorporación de nuevas tecnologías que optimicen el recurso hídrico, entre otras.

b) Diseño de proyectos asociado a la recuperación de los sitios de relevancia ecológico e hidrológico y socio-productivos, de manera directa o indirecta, a modo de asegurar un caudal ambiental durante todo el año. Las propuestas incluyen, entre otros, un análisis de costos, factibilidad y alternativas de financiamiento.

La modalidad de presentación y propuestas fueron discutidas y consensuadas con la contraparte técnica (ver Anexo 8.7). La tipología para el diseño de iniciativas se realiza con el nombre de “programa” o “estudio”, y se entrega en formato ad-hoc para su postulación al Sistema Nacional de Inversiones (http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/).

Folio005410

3 DESARROLLO OE-1

3.1 Levantamiento de información disponible

3.1.1 Descripción de la cuenca

La Cuenca del río Loa (código DGA: 021) se ubica administrativamente en las regiones de Tarapacá y Antofagasta, cubre una superficie total de 33.570 km^2 cuyo perímetro alcanza una extensión de 874 km; limita al norte con la Cuenca Pampa del Tamarugal, y al sur, con Cuencas Quebrada Caracoles y Salar de Atacama, al oriente con Cuencas Fronterizas Michincha, y al poniente, con Cuencas Costeras Quebrada Caracoles (ARCADIS 2016).

Se caracteriza por ser una cuenca de tipo exorreica, la cual desemboca al mar en la comuna de Tocopilla. Su curso fluvial principal corresponde al río Loa, que presenta una elevación que fluctúa desde su sección más alta en la cual alcanza los 4000 m.s.n.m. (Este) hasta los 0 m.s.n.m. en su desembocadura. Se alimenta de decenas de vertientes a lo largo de su trayecto, entre los principales tributarios se encuentran los ríos San Pedro, Salado y San Salvador, junto con la quebrada Amarga. El río San Pedro, sin embargo, es captado en su totalidad por la industria minera, mediante extracciones superficiales y subterráneas, por lo que su aporte actual al afluente principal es mínimo (DGA 2014).

Cabe destacar que, si bien la superficie de la hoya hidrográfica es considerable, sólo es activa en un 20%, vale decir, capta recursos hídricos de la precipitación en una quinta parte, ubicada principalmente en la alta cordillera (DGA 2014). Es justamente esta característica la que genera que esta zona sea la más árida del mundo, ya que responde a los tres factores que generan condiciones de prácticamente nula precipitación, casi 0 mm año $^{-1}$ (García-Cevesich 2015):

a) *Corrientes oceánicas frías: Es el caso de la corriente de Humboldt, la cual enfría el aire costero de la región, generando una precipitación en forma de lluvia o niebla antes que ingrese al continente* (García-Cevesich 2015).

b) *Ubicación en el trópico de Capricornio: Zona emplazada a 23.5° al sur de la línea ecuatorial. Esta condición afecta directamente en la condición hiperárida del desierto de Atacama debido a los cinturones de vientos ecuatoriales, donde el aire caliente que constantemente está ascendiendo en el Ecuador crea cinturones de viento que paulatinamente se van alejando hacia los trópicos. Cuando el aire desciende en el trópico de Capricornio, este se encuentra lo suficientemente seco como para generar nubes* (García-Cevesich 2015).

Folio005411

c) *Sombra orográfica: Las grandes barreras montañosas, en este caso, la Cordillera de la Costa en la parte occidental de la región y en la zona oriental la Cordillera de los Andes, generan una disminución constante de la humedad en el aire en la medida que este se eleva, finalmente cuando el aire cruza esta barrera la humedad que contiene es bajísima* (García-Cevesich 2015).

Aun así, existen registros históricos puntuales en los que han ocurrido eventos de precipitaciones dentro de la cuenca asociadas al fenómeno ENOS, sin embargo, existe dificultad en determinar si existe correlación entre la intensidad de estas precipitaciones con la intensidad del fenómeno del Niño.

Figura 3.1. Red hídrica de la Cuenca del río Loa. Elaboración propia 2018.

3.1.1.1 Geomorfología

3.1.1.1.1 Cordillera de la costa

La cordillera de la Costa conserva un carácter de cerros islas, empinándose sólo algunas centenas de metros por encima del plan alto de la pampa.

Hacia el sector austral del río Loa, la cordillera de la Costa emerge con carácter más macizo y continuo. Las avanzadas de este nuevo rasgo cordillerano costero las constituyen los cerros de la Mica (1.827 m.s.n.m.) y cerro Tetas (1.765 m.s.n.m.), situados 35 y 25 km, respectivamente, al oeste del poblado de Quillagua en el Loa inferior (Börgel 1983).

3.1.1.1.2 Cordillera pre altiplánica

En general, estas cordilleras se caracterizan por su gran altura, el carácter volcánico de que están revestidas, anegadas en sus propios derrames lávicos, por la persistencia de la nieve y hielo en sus cumbres y por constituir un verdadero biombo climático para las masas de aire que provienen de la cuenca amazónica.

Los cordones septentrionales se extienden desde Charaña- Visviri hasta el volcán Licancabur. Estos cordones nacen en los nevados de Chuquicamata de 2.386 m.s.n.m. y en el cerro Cosapilla de 5.386 m.s.n.m. (Börgel 1983).

3.1.1.1.3 Depresión del río Loa

La depresión del Loa superior presenta 95 km de extensión y 20 km de ancho medio, ubicándose entre los faldeos septentrionales del Volcán Miño por el norte y estación Conchi por el sur, sobre la vía férrea internacional de Calama a Bolivia. En la parte meridional de la fosa del Loa superior se organiza la pampa La Avestruz, como resultado del nivelamiento que ha alcanzado la deprimida orografía de la cuenca (Börgel 1983).

3.1.1.1.4 Llanos del desierto de Atacama

Entre el río Loa por el norte y las sierras Remiendos, Vicuña Mackenna, del Muerto, y Peñafiel por el sur, se extiende la pampa árida del desierto de Atacama. Esta faja interior tiene unos 300 km de extensión y 60 km de ancho medio. Es consecuencia del mayor desarrollo de la cordillera costera más algunos avances al oeste de la precordillera de Domeyko, que la depresión intermedia se asfixia en corredores o pasadizos estrechos.

Al interior de Antofagasta, se encuentran los salares Navidad y Mar muerto de 18 y 160 km^2, respectivamente (Börgel 1983).

3.1.1.1.5 Pampa del Tamarugal

Con una superficie estimada en 17.253. km^2, se desarrolla con características de meseta, encerrada entre las cotas 600 y 1.500 m.s.n.m. La pampa del Tamarugal se presenta como un territorio coherente e ininterrumpido. Dentro de la pampa se organizan algunos

escurrimientos esporádicos, los que drenan con un carácter endorreico algunas cuencas salinas internas (Börgel 1983).

3.1.1.1.6 Pediplanos, glacis[1] y piedmont

Se desplazan en sentido N-S por aproximadamente 990 km, interrumpidos en su desarrollo solamente por un accidente orográfico, el desplazamiento al oeste de la precordillera de Domeyko. Las dislocaciones tectónicas que en el plioceno levantaron la precordillera de Domeyko y toda la bóveda altiplánica, produjeron simultáneamente por flexura, La disposición estructural del pediplano que conecta el ámbito cordillerano andino con las pampas de la depresión intermedia. Los planos inclinados han sido convencionalmente inscritos entre las cotas 1.500 y 3.000 m.s.n.m. (Börgel 1983).

3.1.1.1.7 Planicie marina

Considerando las características de la costa de solevantamiento que tiene este litoral, las planicies son de breve desarrollo, interrumpidas por estribaciones[2] desprendidas de la cordillera de la Costa. Estas estribaciones presentan forma de cuchillas vertebradas y descienden hasta el borde de las playas locales, generando la fuente de origen para una activa erosión marina. Las playas que se intercalan entre las estribaciones, corresponden a un estrán[3] arenoso recubriendo levemente un estrán rocoso que queda al descubierto en periodos de baja marea.

La desembocadura del río Loa da lugar a una plataforma de abrasión de 11 Km de extensión, representando a una de las más extensas la zona septentrional del territorio chileno (Börgel 1983).

3.1.1.1.8 Precordillera de Domeyko

Esta precordillera se organiza en los cerros Limón verde con sus dos principales alturas: el cerro Moctezuma con 3.086 m.s.n.m. y el cerro Limón verde. Luego de una interrupción cercana a 20 km, la orografía es estompada[4] por algunas sierras que avanzan desde los planos inclinados hacia el oeste. Es el caso de la cordillera de las Aguadas. La precordillera se reanuda en el cerro Quimal de 4.276 m.s.n.m. y, desde este punto al sur, se manifiesta planiforme con una altitud media de 3.000 m.s.n.m. con una extensión de 115 km eje norte- sur. En el extremo sur, sólo la presencia del cerro Imilac de 3.995 m.s.n.m. pone fin al monótono paisaje tabuliforme pre cordillerano (Börgel 1983).

1 Glacis: Vastas llanuras en el piedmont con una inclinación muy suave y que están recubiertos por una película de detritos. Constituyen la transición entre las zonas elevadas y las áreas de bajo relieve, en las que imperan el transporte y la sedimentación (Ibañes, Moreno y Blanques 2010). Plano inclinado dispuesto al pie de un cerro en zonas áridas (Börgel 1983)

2 Estribaciones: relieves menores que se desprenden de uno mayor (Börgel 1983).

3 Estrán: sección media de una playa en la zona intermareal (Börgel 1983)

4 Estompar: Dilución de un relieve en formas menores (Börgel 1983

Folio005414

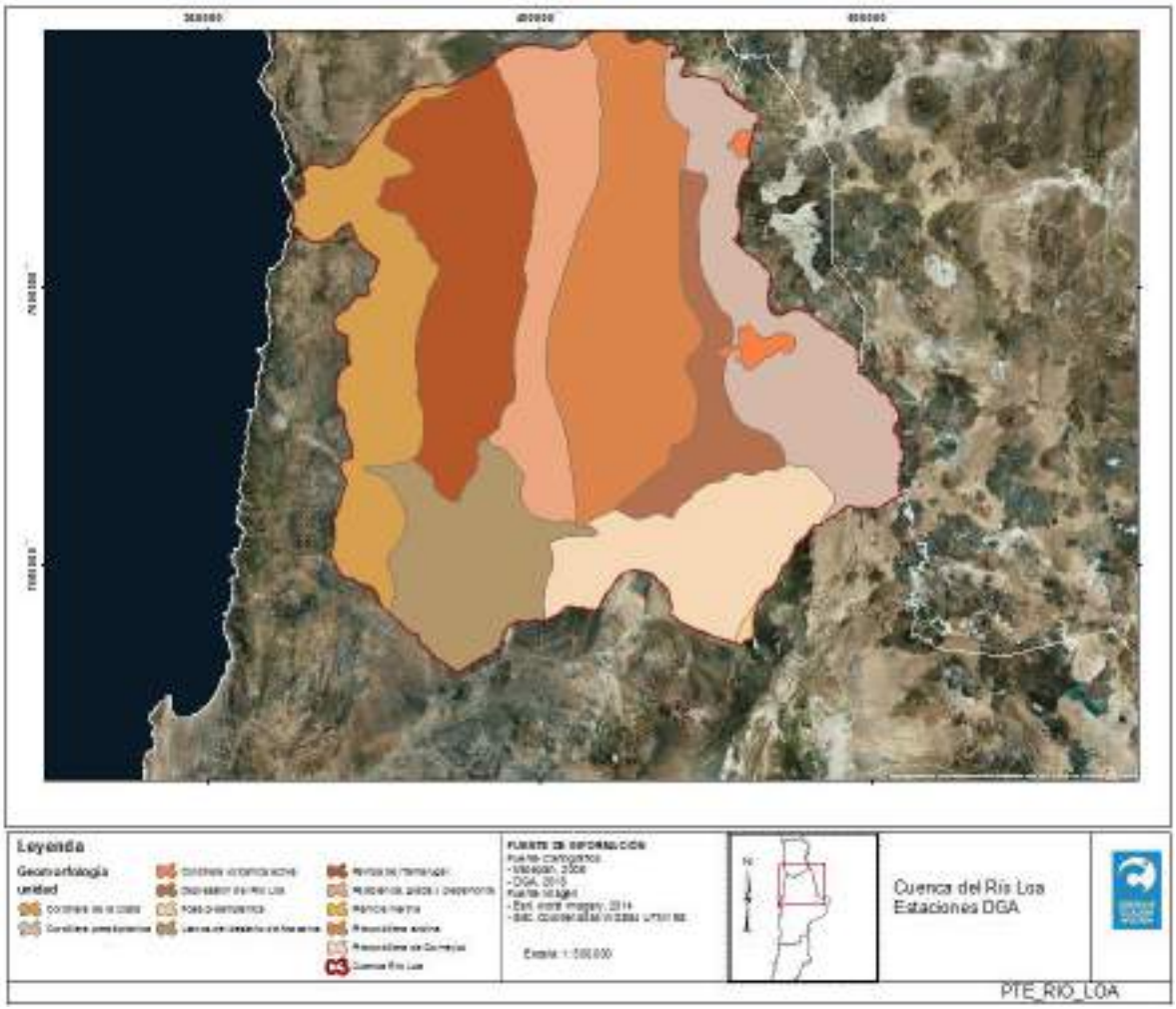


Figura 3.2. Geomorfología de la cuenca del río Loa. Elaboración propia 2018.

3.1.1.2 Edafología

Los suelos del Norte grande se caracterizan por ser desiertos. En la cordillera de la costa hay presencia de entisoles con gran variedad en textura, profundidad, pedregosidad, color y desarrollo, principalmente de origen coluvial. Por otra parte, en la depresión intermedia, predominan suelos de origen aluvial, de texturas gruesas, con diferentes grados de salinización y sodificación. Finalmente, en la parte alta de la cuenca, destacan los suelos devenidos de material vegetal o bofedales (Histosoles) (Flores P et al. 2010).

Según Casanova et al, dentro de la macrozona norte existen 3 subdivisiones en las cuales existen distintos tipos de suelo tal como se observa en la tabla 5.1.

Tabla 3.1. Extracto de macrozonas de suelo en Chile. Adaptado de Suelos de Chile (Casanova et al. 2013).

Zona	Subdivisión	Suelos
Hiperárida a zonas áridas (18-32°)	Altiplano	Suelos esqueléticos
		Suelos con incipiente pedogénesis
		Suelos en depresiones
	Valle central longitudinal	Suelos de depositaciones de llanura o piedmonts
		Suelos salinos

a) *Suelos esqueléticos: Corresponden a suelos que se encuentran en la zona altiplánica del Norte Grande y se caracterizan por presentar un escaso desarrollo, con una pedogénesis primaria de diversos materiales parentales. Es posible observar estructuras de bloques, pero generalmente se observan masivos y granitos. Los típicos perfiles de estos suelos corresponden a horizontes A-R con una profundidad que normalmente alcanza un rango de 40 a 60 cm. Normalmente esos suelos presentan fragmentos gruesos volcánicos del orden de 5 a50% en superficie y con tamaños que varían de gravas gruesas anculares a guijarros. Así mismo, los suelos esqueléticos presentan un bajo contenido de materia orgánica (>1%), y una capa superficial de sal (de 1 a 10 cm) causa de procesos de transporte eólico.*

b) *Suelos con incipiente pedogénesis: Corresponden a suelos volcánicos cuyas clases texturales van de medias a moderadamente finas en superficie y gruesas capas arenosas con presencia de gravas volcánicas en profundidad. En relación a la estructura de estos suelos se observa un buen desarrollo de bloques cercano a la superficie, sin embargo, bajo los 20 centímetros de profundidad predomina la estructura de masivos. Se presume que la fracción de arcilla presente en los perfiles debe ser la responsable de la alta retención de agua de estos suelos además de la capacidad de intercambio catiónico que poseen, ya que al igual que los suelos esqueléticos, la cantidad de materia orgánica es menor (Casanova et al. 2013).*

c) *Suelos en depresiones: Estos suelos se encuentran en la depresión del río Loa, que se extiende cerca de 50 km y se ubican entre los 500 y 1000 m.s.n.m., se caracterizan por presentar sectores con una dura corteza en superficie compuesta por sales o sílice, remanentes de antiguos salares. El valle central posee una gruesa capa de detritos y sedimentos lacustres (grava, arena, limo y arcilla), cuyo origen se estima desde mediados del periodo Terciario al Holoceno (Casanova et al 2013).*

Folio005416

d) *Suelos de depositaciones de llanura o piedmonts: Estos suelos se caracterizan por presentar un muy débil desarrollo del perfil y comprende una mixtura de sedimentos aluviales y coluviales, los cuales pueden ser salinos en ocasiones, incluyendo los suelos que corresponden al piedmont de la Cordillera de los Andes. Los suelos ubicados en llanuras se caracterizan por poseer una estructura de bloques angulares gruesos principalmente y son los suelos más representativos del desierto de Atacama, los aridisoles (Casanova et al. 2013).*

e) *Suelos Salinos: La depresión pre andina, también llamada, Depresión del desierto de Atacama, es una gran cuenca cerrada emplazada a los 2.500 m.s.n.m., cuyos suelos se componen de sedimentos clásticos y evaporíticos de origen continental que datan del periodo Terciario al Holoceno. El desarrollo de los suelos sobre los depósitos de evaporitas representan ecosistemas extremos dados sus características y propiedades. A pesar de que estos suelos presentan una dura costra salina en superficie (que en algunos casos puede llegar a profundidades de un metro), se generan condiciones favorables para el establecimiento de especies halófitas (Casanova et al. 2013).*

3.1.1.3 Clima

Producto del relieve presente en la región de Antofagasta es que se presentan marcados tipos climáticos descritos a continuación.

3.1.1.3.1 Desértico costero nuboso

En la faja costera de la zona impera un clima desértico con nublados abundantes, siendo los elementos climáticos sobresalientes la ausencia de precipitaciones, un alto porcentaje de días con nublados matinales, humedad relativa elevada y temperaturas que presentan poca variación diurna y estacional. Esta uniformidad se debe a la cercanía del océano, a la influencia moderadora de la corriente de Humboldt y a la presencia del anticiclón semipermanente del Pacífico sur, que genera estabilidad atmosférica. Este sub tipo climático se caracteriza por presentar temperaturas medias del orden de 18 °C y precipitaciones costeras cercanas a los 2,6 mm. anuales (DMC 2001; Inzunza; BCN 2018).

3.1.1.3.2 Desértico interior

Hacia el interior de la región por sobre los 1000 m.s.n.m. la influencia marina se pierde, el clima se vuelve extremadamente árido, con ausencia de precipitaciones y valores de humedad relativa menores al 25%, lo que caracteriza a esta área como una de las más secas del norte chileno. Existe una gran amplitud térmica entre el día y la noche, con temperaturas diurnas que logran superar los 30 °C mientras que durante la noche puede bajar de los 0°C, esto producto de la escasa nubosidad y cubierta vegetal que permitan mantener la temperatura alcanzada durante el día (DMC 2001; Inzunza; BCN 2018).

Folio005417

3.1.1.3.3 Desértico marginal de altura

A mayor altura entre los 2500 y 3500 m.s.n.m. se ubica el sector climático desértico marginal de altura, donde se presentan precipitaciones del orden de 20 a 100 mm anuales y una temperatura media de 10°C. Esta condición permite el asentamiento de poblados precordilleranos como lo son San Pedro de Atacama, Toconao y Chiu Chiu (DMC 2001; Inzunza; BCN 2018).

3.1.1.3.4 Estepa de altura

El clima de estepa de altura o de puna se localiza en los márgenes del desierto por sobre los 3500 m.s.n.m y se caracteriza por presentar una gran amplitud de temperatura diurna y nocturna, superior a los 20° C. Las precipitaciones se concentran principalmente en verano causa del invierno boliviano o altiplánico, alcanzando valores entre los 100 y 300 mm anuales. A continuación, en la Figura 3.3 se observa la clasificación climática de Koppen para la precipitación en el área de estudio (DMC 2001; Inzunza; BCN 2018).

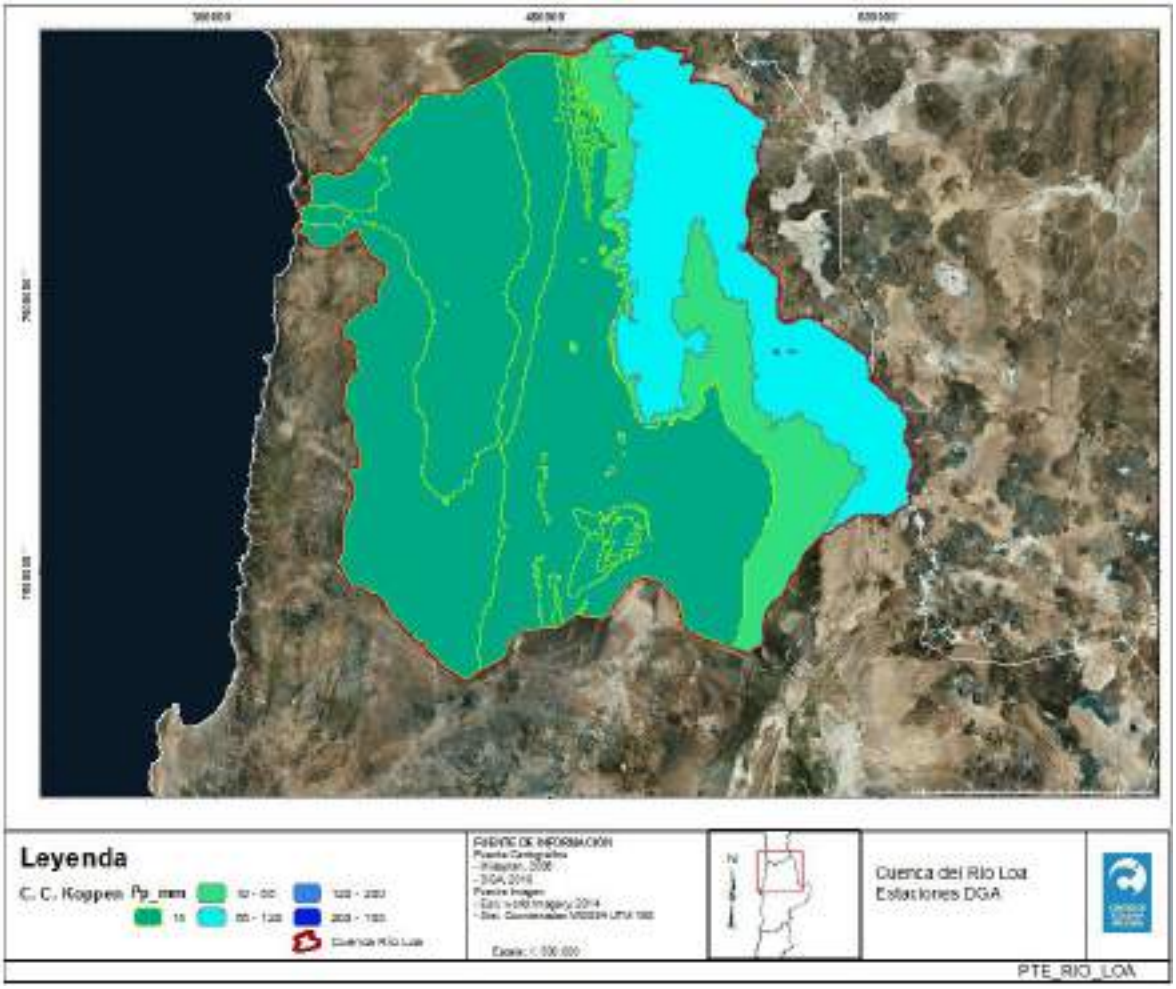


Figura 3.3. Clasificación climática de Koppen, precipitaciones medias. Elaboración propia 2018.

3.1.1.3.5 Sitios prioritarios para la conservación

Según la definición que entrega el Ministerio del Medio Ambiente en su portal web, los sitios prioritarios para la conservación corresponden a espacios que, en condiciones naturales, entregan servicios ecosistémicos de relevancia o cuyos ecosistemas, hábitats, especies, paisajes o formaciones naturales presentan características únicas, de escasez o representatividad y en las cuales es posible aplicar medidas de gestión para la conservación (MMA 2018). Dentro del área de estudio es posible identificar 6 zonas que presentan las características descritas y que en su conjunto representan 331.686 hectáreas, lo cual se detalla en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Sitios prioritarios para la conservación presentes en la cuenca del río Loa. Adaptado del Diagnóstico y Evaluación de la Estrategia Regional e Biodiversidad, región de Antofagasta 2002-2015

Área Prioritaria de Biodiversidad	Nombre	Comuna	Superficie Ha
Sitios prioritarios para la conservación	Desembocadura del Río Loa	Tocopilla	10857
	Oasis de Quillagüa	María Elena	1822
	Cuenca Alto Loa	Calama- Ollagüe	207440
	Geisers del Tatio	Calama	1533
	Oasis de Calama	Calama	4576

a) *Cuenca Alto Loa: Dentro de los dominios de esta zona se encuentran los ecosistemas de puna y pre puna, que albergan gran diversidad de especies, muchas endémicas y clasificadas en estado de conservación por el ministerio del medio ambiente (Seremi del Medio Ambiente, 2013).*

b) *Geisers del Tatio: Este atractivo corresponde a un campo geotermal localizado en los montes andinos de la región de Antofagasta, aproximadamente a 4.320 m.s.n.m, se encuentra dentro de la comuna de Calama y el poblado más cercano es Caspana. Esta zona se caracteriza por poseer el grupo más grande de géiseres del hemisferio sur, el cual contiene un total de 80 géiseres activos que corresponden a un 8% del total a nivel mundial. Los géiseres no presentan una altura superior a los 75 cm, y el agua que emerge a una temperatura de 86 °C, que es su punto de ebullición a esta a altura (Sernatur 2012).*

c) *Oasis de Calama: La ciudad de Calama se desarrolla en torno a este oasis, generando una importante presión sobre el ecosistema debido a la urbanización. La principal función de esta zona es formar parte del corredor biológico que presenta la cuenca del río Loa (Conama 2002).*

d) *Oasis de Quillagua: Representa un punto relevante dentro del corredor biológico de la cuenca del río Loa, además posee especies endémicas de la localidad, principalmente en la flora (Conama 2002).*

Folio005419

e) *Desembocadura del río Loa: Esta zona es única dentro del territorio chileno ya que corresponde a la desembocadura del río Loa el cual cruza completamente el desierto más árido del mundo extendiendo su recorrido en 440 km. Durante este recorrido el Loa riega distintos valles generando pequeños oasis con gran diversidad de flora y fauna. El contraste que se genera entre la vegetación rivereña y el desierto, le entrega una característica única (Sernatur 2012). Siendo el único ambiente de estuario en la región, presenta una alta importancia ecológica presentando flora endémica y representando un importante sitio de reproducción de especies, tanto acuáticas como avifauna, además es el único corredor biológico desde la puna a la costa que existe (Conama 2002).*

f) *Acuíferos protegidos: mediante la Resolución DGA No.529 se modificó la delimitación de acuíferos para la región de Antofagasta, quedando protegidos 228 humedales y una superficie de 5.149 km2 equivalentes al 4.07% de la superficie total regional. Estos acuíferos dan sustento a actividades agroganaderas y de subsistencia de las comunidades andinas.*

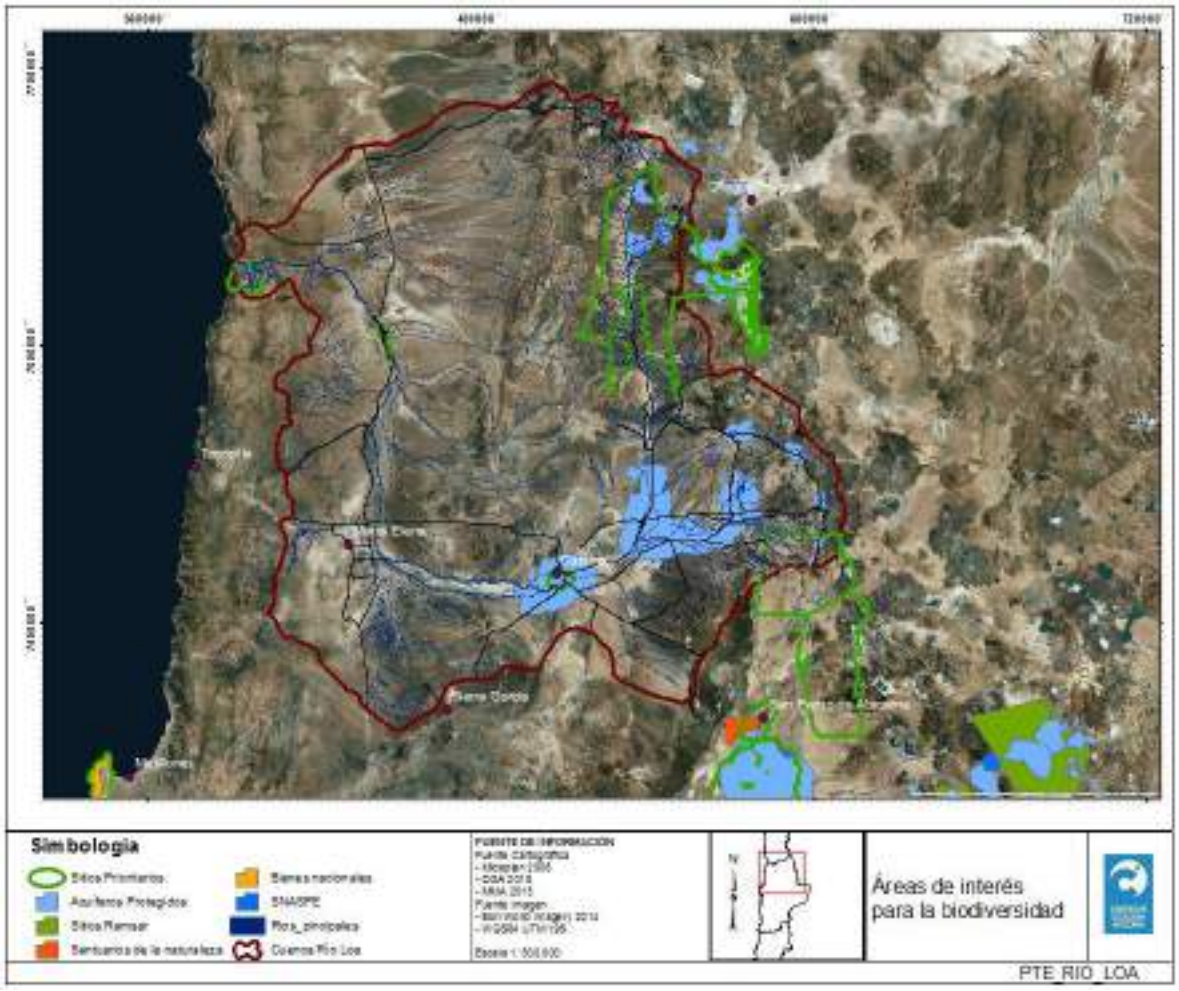


Figura 3.4. Áreas de interés para la biodiversidad. Elaboración propia 2018.

Folio005420

3.1.1.4 Biodiversidad

Siendo la región de Antofagasta una de las más extensas y desértica de Chile, también alberga una gran biodiversidad, en fauna casi de la mitad de los mamíferos presentes a nivel nacional, se encuentran en la región identificando de momento 74 especies (Ciren 2016). La mayor parte de los individuos se encuentran en ecosistemas con la capacidad de sustentar la vida como lo son las zonas costeras, salares altoandinos y el río Loa que actúan como verdaderos oasis en el desierto (Ciren 2016).

3.1.1.4.1 Pisos vegetacionales de Pliscoff

Los pisos vegetacionales están definidos por su autor como "espacios caracterizados por un conjunto de comunidades vegetales zonales con estructura y fisionomía uniforme, situadas bajo condiciones mesoclimáticas homogéneas, que ocupan una posición determinada a lo largo de una gradiente de elevación, a escala espacio-temporal específica", es decir un piso vegetacional se caracteriza por especies dominantes específicas asociadas a un piso bioclimático en el cual tales formaciones pueden ser encontradas (Pliscoff 2006). Según la información cartográfica levantada por el mismo autor en 2015, en la zona de estudio es posible identificar 10 pisos vegetacionales, como puede observarse en la Figura 3.5.

i. Desierto tropical interior con vegetación escasa

Esta área se distribuye en los confines de la Pampa desértica en el interior de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, entre los 200 y 2.000 m.s.n.m. La gran sequedad de esta zona producto de la barrera que representa la cordillera de la costa a la humedad que proviene desde el océano pacifico, determina que exista escasa o nula cobertura vegetal predominando suelos desnudos, salvo sectores aislados en los que existen napas subterráneas salobres con presencia de matorrales halófitos como la *Tessaria absinthioides* (Luebert y Pliscoff 2006; CIREN 2016).

Es posible que exista una mayor diversidad de comunidades vegetales en esta zona, sin embargo, no existe un mayor desarrollo sobre el conocimiento botánico de estas en Chile, por lo que no se presentan datos sobre la composición florística de este piso vegetacional.

Comunidades intrazonales: *Tessaria absinthioides- Distichlis spicata* (suelos halomórficos)

ii. Matorral bajo desértico tropical andino de *Atriplex imbricata* y *Acantholippia desertícola*

Matorral muy abierto, con eventual presencia de suculentas, generalmente dominado por las especies *Atriplex imbricata, Acantholippia desertícola* y *Ambrosia artemisoides*, también se encuentran otras especies tales como, *Chuquiraga kuchelii*, *Oreocereus leucortrichus* o *Stipa frígida,* con presencia eventualmente abundante. En algunos sectores del norte de la región de Antofagasta es posible encontrar formaciones de *Echinopsis*

Folio005421

atacamensis, asociada al límite de altitud con el siguiente piso vegetacional correspondiente al Matorral bajo tropical andino de *Fabiana denudata y Chuquiraga atacamensis* (Luebert y Pliscoff 2006).

La distribución espacial que presenta el Matorral bajo desértico tropical andino de *Atriplex imbricata y Acantholippia desertícola* abarca las zonas precordilleranas de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, 2.500-3.300 m.s.n.m. y 3.500-3.800 m.s.n.m. respectivamente. (Luebert y Pliscoff 2006).

Tabla 3.3. Comunidades zonales, intrazonales y composición florística para el matorral bajo desértico tropical interior de *Atriplex imbricata* y *Acantholippia* desertícola. Adaptado de Luebert y Pliscoff 2006

Comunidades Zonales	Comunidades Intrazonales	Composición Florística
Acantholippia desertícola- Franseria meyeniana-Helogyne macrogyne, asociación de *Atriplex microphyllum* y *Franseria meyeniana, Atriplex imbricata, Acantholippia puenesis- Franseria meyeniana, Atripex imbricata- Cristaria andicola, Oreocereo leucotrichi- Ambrosietum artemisioidis, Acantholippio deserticolae- Atriplicetum imbricatae* (Pliscoff 2015 citando a Villagrán et al. 1982; Villagrán et al. 1981; Gajardo 1994, Leubert y Gajardo 2005; Luebert y Pliscoff 2006).	Tessaria absinthioides-Distichilis spicata (suelos hallomórficos); Cortaderia atacamensis- Ges; Deyeuxia eminens- Distichlis scoparia-Ges (quebradas). (Ackerman 2001; Gajardo 1994; Luebert y Pliscoff 2006).	*Acantholippia desertícola, Adesmia atacamensis, Ambrosia artemisioides, Atriplex imbricata, Chuquiraga kurchelii, Gilia gutinosa, Opuntia atamensis, Oereocereus celsianus, O. leucotrichus, Stipa frígida* (Luebert y Pliscoff 2006).

iii. Matorral bajo desértico tropical interior de *Adesmia atacamensis* y *Cistanthe salsoloides*

Generalmente estas formaciones vegetales se asocian a sectores microtopográficos favorables que le permiten captar escasa humedad, influencia marginal de las lluvias de verano. Matorral muy abierto, extremadamente xeromórfico donde las especies dominantes están representadas por *Adesmia atacamensis - Cistanthe salsoloides,* acompañadas por otra serie de especies como *Huidobria fruticosa, Dinemandra ericoides y Ephedra breana* (Luebert y Pliscoff 2006).

Esta zona se encuentra ampliamente repartida en sectores bajos de la precordillera andina, desde el centro de la región de Tarapacá hasta el norte de la región de Atacama, entre los 1.800-3.700 m.s.n.m. y 2.100-3.000 m.s.n.m. respectivamente. (Luebert y Pliscoff 2006).

Folio005422

Tabla 3.4. Comunidades zonales, intrazonales y composición florística para el matorral bajo desértico tropical interior de *Adesmia atacamensis* y *Cistanthe salsoloides*. Adaptado de Pliscoff y Luebert 2006

Comunidades Zonales	Comunidades Intrazonales	Composición Florística
Adesmia atacamensis - Cistanthe salsoloides; Encelia canescens- Nolana leptophylla- Calandrinia salsoloides; Adesmia atacamensis- Calandrinia salsoloides, Adesmia atacamenis- Coldenia atacamensis (Pliscoff 2015 citando a Gajardo 1994; Mieres 1984; Pliscoff, Luebert 2006)	Tessaria absinthioides- Distichilis spicata (suelos hallomórficos); Cortaderia atacamensis- Ges; Deyeuxia eminens- Distichlis scoparia- Ges. (Ackerman 2001, Gajardo 1994)	*Adesmia atacamensis; Argylia tomentosa; Atriplex imbricata; Cistanthe salsolides; Dinemandra ericoides; Ephedra breana; Hoffmanseggia doelli; Huidobria fruticosa; Urmenetea atacamensis* (Luebert y Pliscoff 2006)

iv. Matorral bajo tropical andino de *Fabiana bryoides* y *Parastrephia quadrangularis*

Esta zona tiene lugar desde los 3800 a los 4200 m.s.n.m. y se caracteriza por presentar una vegetación principalmente de matorral bajo, de unos 50 cm de altura y pobre en especies. Las más representativas son *Parastephia quadrangularis, festuca chrysophylla, Fabiana bryoides y Stipa frigada.* En su composición destacan también otras especies que pueden ser localmente abundantes, *Adesmi erinacea, A. melanthes y Senecio xerophilus* (CIREN, 2016).

Tabla 3.5 Comunidades zonales, intrazonales y composición florística para el Matorral bajo tropical andino de *Fabiana bryoides* y *Parastrephia quadrangularis*. Adaptado de CIREN 2016.

Comunidades Zonales	Comunidades Azonales	Composición Florística
Fabiana bryoides- Parastrephia lepidophylla, Fabiano bryoides- Parastephia lepidophylla, Fabiano bryoidis- Adesmietum erinaceae (Gajardo 1994; Leubert 1999; Leubert y Gajardo 2000; CIREN 2016)	Oxychloetum andinae (bofedales), Puccinellio frigidae- Calamagrostietum eminentis (quebradas), Deyeuxia eminens- Distichlis scorapia- Ges, Oxychloe andina- Ges (bofedales) (Ackerman 2001, CIREN 2016).	*Adesmia erinaceae, A. melanthes, Baccharis incarum, Fabiana bryoides, Festuca chrysophylla, Parastrephia lepidophylla, Senecio xerophilus, Stipa frígida, S. venusta* (CIREN 2016)

v. Matorral bajo tropical andino de *Fabiana denudata Chuquiraga atacamensis*

Se ubica en la precordillera del centro norte de la Región de Antofagasta, entre los 3400 y 3800 m.s.n.m. en la que predominan arbustos *Fabiana denudata, Chuquiraga atacamensis, Fabiana ramulosa y Baccharis boliviensis.* Otros arbustos que participan de este piso vegetacional son *Haplopappus rigidus* y *Ephedra breana* y gramíneas como *Stipa frigida y S.venusta*. En la transición con el Matorral desértico tropical andino de *Atriplex imbricata y Acantholippia deserticola*, se presentan poblaciones de la cactácea *Echinopis atacamensis* (CIREN, 2016).

Folio005423

Tabla 3.6 Comunidades zonales, intrazonales y composición florística para el Matorral bajo tropical andino de *Fabiana denudata Chuquiraga atacamensis*. Adaptado de CIREN 2016.

Comunidades Zonales	Comunidades Azonales	Composición Florística
Fabiana densa- Baccharis boliviensis, Fabiana squamata- Junellia seriphioides, Baccharis tola- Ges, Opuntia atacamensis- Var. (Pliscoff 2015 citando a Villagrán et al. 1981; Gajardo 1994; Teillier 1998; Ackermann 2001; CIREN 2016)	*Baccharis incarum- Junellia seriphioides- Lampaya medicinalis (suelos arenosos), Puccinellia frígida- Sarcocornia pilvinata (salares), Cortadeira atacamensis- Ges, Deyeuxia eminens- Distichlis scorapia- Ges, Muhlenbergia asperifolia- Ges, Sarcocornia plivinata- Puccinellia frígida, Scirpus atacamensis- Festuca desertícola (salares).* (Pliscoff 2015 citando a Villagrán et al. 1981; Gajardo 1994; Teillier 1998; Ackermann 2001; Teillier y Becerra 2003; CIREN 2016)	*Adesmia melanthes, baccharis boliviensis, B. incarum, Chenopodium petiolare, Chuquiraga atacamensis, Descurainia stricta, Ephedra breana, Fabiana denudata, F. ramulosa, F. squamata, Gnaphalium lacteum, Haplopappus rigidus, Junellia seriphioides, Lampaya medicinalis, Mutisia hamata, Opuntia Conoidea, O. soehrensii, Senecio viridis, Sisymbrium philippianum, Stipa frígida, S. venusta, Trichocline caulescens, Viola frigida* (Ackermann 2001; CIREN 2016)

vi. Matorral bajo tropical andino de *Fabiana ramulosa* y *Diplostephium meyenii*

Matorral denso dominado por *Fabiana ramulosa, Diplostephium meyenii, Lophopappus tarapacanus y Baccharis boliviensis* en la estrata arbustiva, que puede alcanzar más de 1 m de altura. Una estrata de arbustos bajos y suculentas está compuesta principalmente por *Chersodoma jodopappa, Balbisia micropylla, Junellia seriphioides* y *Opuntia echinacea,* mientras que en la estrata herbácea participan *Stipa pubiflora, Eragrostis periviana y Cheillanthes pruinata*. Algunas epífitas, como *Mutisia acuminata* también son frecuentes. En la zona norte de este piso de vegetación es posible observar pequeños bosquetes de *Polylepis rugulosa y Chuquiraga spinosa ssp*. rotundifolia, mientras que en su área de distribución sur se han reportado comunidades dominadas por *Echinopsis atacamensis y Lobivia ferox*. No se han reportado comunidades azonales.

Tabla 3.7 Comunidades zonales, intrazonales y composición florística para el Matorral bajo tropical andino de *Fabiana ramulosa* y *Diplostephium meyenii*. Adaptado de Pliscoff 2015.

Comunidades Zonales	Comunidades Intrazonales	Composición Florística
Fabiana deserticola-Fabiana viscosa, Fabiana deserticola-Polylepis tarapacana s.l, Asociación de Fabiana densa-Baccharis boliviensis-Diplostephium meyenii, Fabiana densa-Baccharis boliviensis, Fabiana densa-Tagetes multiflora, Adesmia spinosissima-Balbisia stitchkinii, Polylepis besseri-Fabiana densa, Diplostephio meyenii-Fabianetum ramulosae, Lophopappetum tarapacani, Chuquirago rotundifoliae-Polylepidetum rugulosae. (Villagrán et al. 1982; Hernández 1980 ; Gajardo 1994 ; Luebert y Gajardo 2005; Pliscoff 2015)	*Festuca hypsophila-Oxychloe andina (bofedales), Lampaya medicinalis (bofedales), Puccinellia frigida-Sarcocornia pulvinata (salares)* (Teillier 1998; Pliscoff 2015)	

Folio005424

vii. Matorral bajo tropical andino de *Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera*

Matorral bajo dominado por plantas gramíneas y pulvinadas en mechón, destacando *Mulinum crassifolium, Urbania pappigera, Adesmia caespitosa, Stipa frígida* y *Deyeuxia crispa*, también es posible encontrar una gama diversificada de plantas herbáceas rosuladas, tales como *Chaetanthera revoluta, Nototriche auricoma* y *Perezia atacamensis.*

Este piso vegetacional se distribuye ampliamente en las zonas cordilleranas altas de los Andes, desde el sur de la región de Tarapacá hasta el norte de la región de Atacama, encontrándose entre los 4.200 y los 4.900 m.s.n.m.

Tabla 3.8 Comunidades zonales, intrazonales y composición florística para el Matorral bajo tropical andino de *Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera*. Adaptado de CIREN 2016.

Comunidades Zonales	Comunidades Azonales	Composición Florística
Mulinum crassifolium- Oxalis exigua, Festuca chrysophyla, Pycnophyllum molle- Oxalis exigua, Festuca chrysophylla, Mulino crassifolii- Deyeuxietum crispae, Stipo frigidae- Adesmietum caespitosae, Senecionetum chrysolepidis, Mulinum crassifolium- Ges, Urbania pappigera- Ges. (Pliscoff 2015 citando a Villagrán et al. 1981; Mieres 1984; Gajardo 1994; Teillier 1998; Ackermann 2001; CIREN 2016).	*Oxychloetum andinae, Oxychloe andina- Ges* (Bofedales) (Pliscoff 2015 citando a Ruthsatz 1995; Leubert 1999; Leubert y Gajardo 2000; Ackermann 2001; CIREN 2016)	*Adesmia caespitosa, Chaetanthera revoluta, C sphaeroidalis, Deyeuxia crispa, Festuca chrysophylla, Moschopsis monocephala, Mulinum crassifolium, Nototriche auricoma, Opuntia ignescens, Oxalis exigua, Parastrephi quadrangularis, Perezia atacamensis, Pycnophyllum bryoides, P. macropetealum, P. molle, Senecio chrysolepis, S. rosmarinus, Stipa frigada, S. venusta, Urbania pappigera, Werneria glaberrima.* (Leubert y Gajardo 2000; Teillier 1998 CIREN 2016)

viii. Matorral bajo tropical andino de *Parastrephia lepidophylla* y *P. quadrangularis*

Matorral bajo dominado por *Parastrephia lepidophylla* y *P. quadrangularis* y *Festuca orthophylla* y *Tetraglochin cristatum,* también participan hierbas perennes como *Notoriche turritella* con una constancia menor. En sectores de mayor aridez, coluvios y aluvios se observan grandes extenciones dominadas por *Tetraglochin cristatum,* también es posible encontrarla en sectores expuestos a sobre pastoreo (CIREN 2016).

Es posible encontrar estas características en las grandes fosas salinas de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, entre los 600-900 m.s.n.m. y 2.400-2.500 m.s.n.m respectivamente.

Folio005425

Tabla 3.9 Comunidades zonales, intrazonales y composición florística para el Matorral bajo tropical andino de *Parastrephia lepidophylla* y *P. quadrangularis*. Adaptado de CIREN 2016.

Comunidades Zonales	Comunidades Azonales	Composición Florística
Mulinum crassifolium, Festuca orthophylla-Parastrephia quadrangularis, Parastrephia quadrangularis-Festuca orthophylla, Parastrephia lepidophylla, Parastrephietum lepidophyllo-quadrangulare (Hernández 1980; Gajardo 1994; Teillier 1998; Luebert y Gajardo 2005; CIREN 2016).	*Oxychloetum andinae (bofedales), Oxychloe andina (bofedales), Tipo Oxychloe andina (bofedales), Distichietum muscoidis (bofedales), Lampaya medicinalis (suelos arenosos), Anthobryo triandriParastrephietum lucidae, Deyeuxio curvulae-Wernerietum incisae (márgenes lacustres y bordes de bofedales)* (Pisano 1966; Ruthsatz 1995; Luebert y Gajardo 2005; Teillier 1998; Hernández, 1980; Gajardo, 1994; Troncoso 1983; Ruthsatz 1995; CIREN 2016).	*Azorella compacta, Baccharis boliviensis, B. incarum, Chersodoma jodopappa, Deyeuxia breviaristata, Festuca orthophylla, Nototriche turritella, Opuntia ignescens, Parastrephia lepidophylla, P. quadrangularis, Pycnophyllum bryoides, P. molle, Senecio nutans, Senecio spinosus, Stipa nardoides, Tetraglochin cristatum* (Teillier 1998; Luebert y Gajardo 2005; CIREN 2016).

ix. Matorral desértico tropical costero de *Nolana adansonii y N. Lycioides*

Matorral muy abierto en el que dominan localmente *Nolana adansonii* y *Nolana lycioides*, dejando amplias extensiones de terreno descubiertas, incluso durante los períodos lluviosos. Hay muy pocos antecedentes publicados, puesto que los estudios se han concentrado en el piso altitudinal superior, en la zona de neblinas, o bien no hacen referencia clara a la posición ecológica de las especies, de modo que la composición florística es difícil de precisar (la que se presenta es totalmente especulativa) y no se han definido comunidades vegetales (Pliscoff 2015).

Se puede observar en la zona costera baja de la región de Antofagasta y sur de Tarapacá, entre los 0 y 400 m.s.n.m.

No se han determinado comunidades Zonales e Intrazonales debido a la falta de información al respecto. En tanto la composición florística considera las especies (*Alona stenophylla*, *Malesherbia tocopillana*, *Nolana adansonii*, *N. clivicola*, *N. linearifolia*, *N. lycoides*, *N. peruviana*, *Solanum chilense* (Leubert y Pliscoff 2016).

x. Matorral desértico tropical interior de *Atriplex atacamensis* y *Tessaria absinthioides*

Matorral alto, freatófilo, dominado por los arbustos *Atriplex atacamensis* y *Tessaria absinthioides* y la gramínea *Distichlis spicata*. Su presencia, asociada a los salares, está determinada por la existencia de una napa freática que proprorciona la humedad suficiente para compensar el déficit hídrico provocado por la escasez de las precipitaciones, a pesar de lo cual se ha considerado como una unidad independiente. Ocasionalmente es posible observar la presencia de los árboles espinosos *Prosopis alba* y

Folio005426

Geoffroea decorticans (Pliscoff 2015). Se distribuye en las grandes fosas salinas de la región de Tarapacá, entre los 400-900 m.s.n.m., y región de Antofagasta entre los 2.000-2.500 m.s.n.m.

Debido a estar edáficamente condicionada no es posible reconocer comunidades zonales e intrazonales (Pliscoff 2015). En tanto su composición florística presenta las especies *Atriplex atacamensis*, *A. madariagae*, *Baccharis juncea*, *B. scandens*, *Casealpinia aphylla*, *Distichlis scoparia*, *D. spicata*, *Geoffroea decorticans*, *Heliotropium curassavium*, *Lycium humilde*, *Prosopis alba*, *Sarcocornia fruticosa*, *Tessaria absinthioides* (Leubert y Pliscoff 2006).

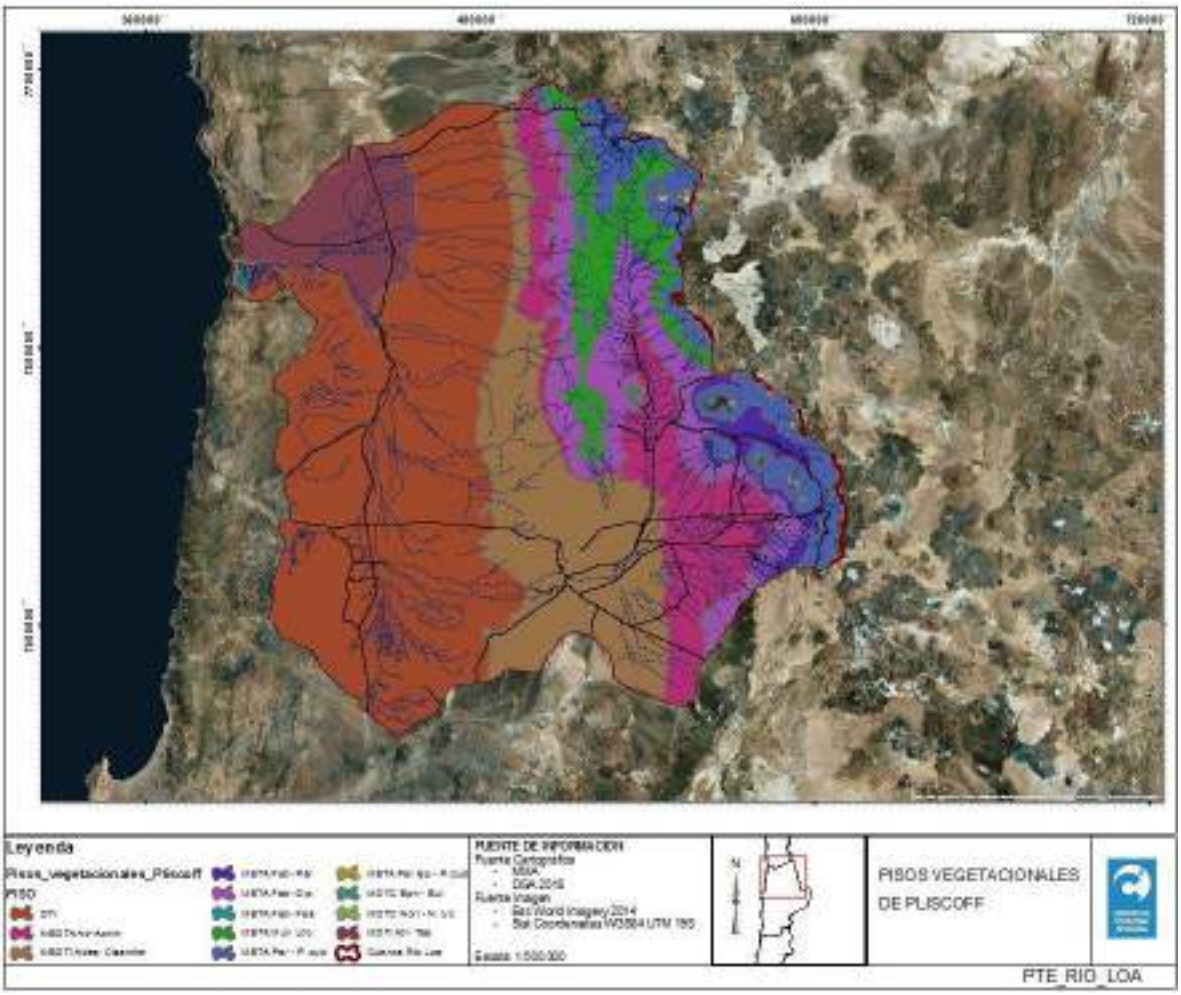


Figura 3.5. Pisos vegetacionales de Pliscoff presente en la cuenca. Adaptado de Pliscoff 2015.

Folio005427

3.1.2 Estaciones de monitoreo existentes

3.1.2.1 Estaciones meteorológicas

En la Figura 3.6 se señala la ubicación de las estaciones meteorológicas que se encuentran asociadas a la cuenca del río Loa. Se consideran las estaciones de la DGA, INIA, DMC y minera El Abra.

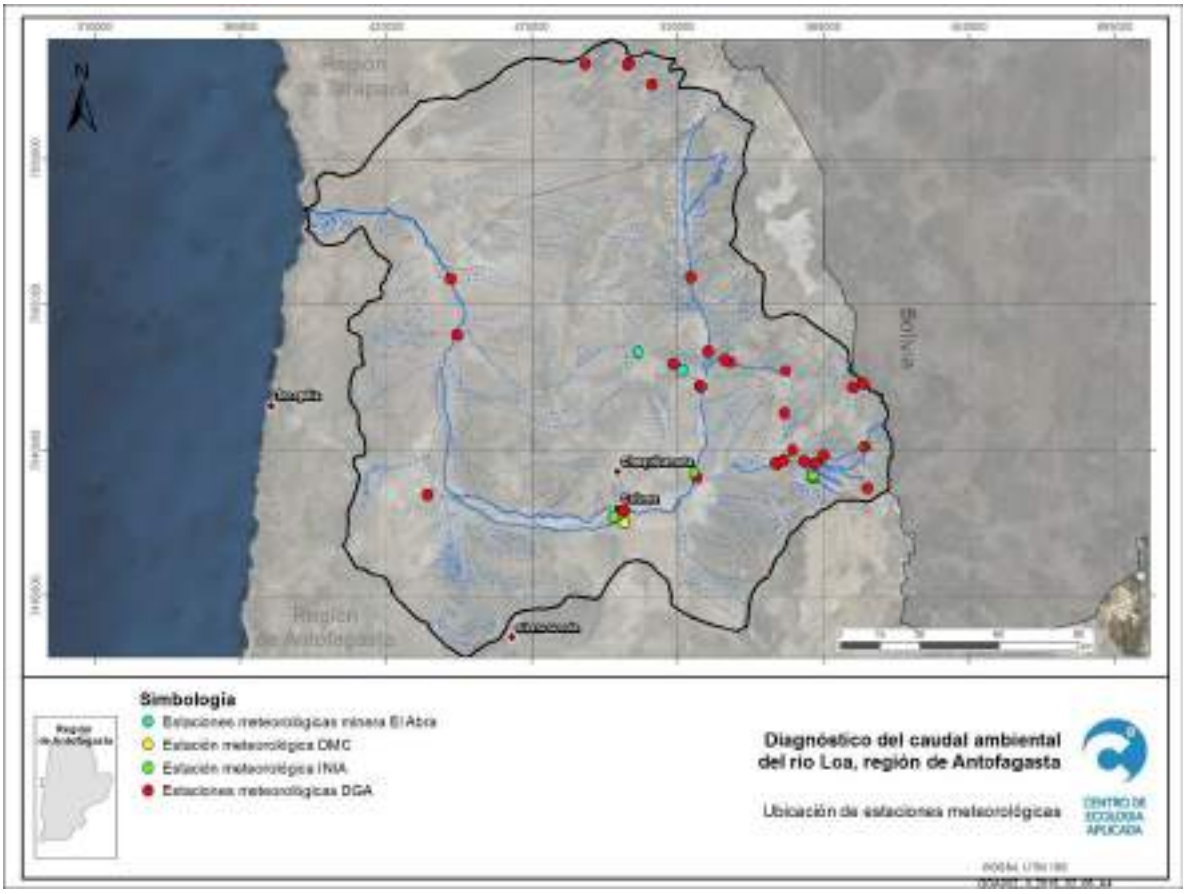


Figura 3.6. Estaciones meteorológicas vigentes, en la cuenca del río Loa.

3.1.2.1.1 Estaciones meteorológicas DGA

La revisión del catastro permitió determinar que la DGA cuenta con 31 estaciones meteorológicas emplazadas en la cuenca del río Loa (ver Figura 3.6), 21 de ellas se encuentran vigentes (68%) y las restantes 10 están suspendidas (32%). Las estaciones encontradas en la zona de estudio se presentan en la Tabla 3.10, mientras que su ubicación se detalla en la Figura 3.6.

Las variables consultadas fueron: Precipitación diaria (Ppd), Temperaturas diarias Extremas (TdE), Temperaturas diarias en horas Sinópticas (TdhS), Humedad Relativa diaria Extrema (HRdE), Evaporación y recorrido del Viento diario (ERVd), Evaporación diaria (Ed)

Folio005428

Velocidad y Dirección del Viento diarias en horas Sinópticas (VDVdhS), Velocidad media diaria del Viento (VmdV), Horas de Sol diaria (HSd) y Nubosidad diaria en horas Sinópticas (NdhS). Cabe señalar que falta la variable Radiación Solar diaria (RSd), no se encuentra disponible aun en la DGA.

Tabla 3.10. Estaciones meteorológicas. DGA2018

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	Coordenadas UTM (WGS84 Huso 19)		Vigencia	Subcuenca Río Loa
			Este	Norte		
1	01080002-1	COLLAHUASI	527718	7679644	Suspendido	Alta
2	01770001-4	COPAQUIRE	510396	7683353	Vigente	Alta
3	02113005-2	GUATACONDO DGA	494801	7685200	Vigente	Alta
4	02101001-4	LOA ANT. REPRE. LEQUENA - DCP	535165	7605574	Suspendido	Alta
5	02101003-0	LEQUENA	535139	7605268	Vigente	Alta
6	02102005-2	QUINCHAMALE	541684	7577572	Vigente	Alta
7	02103007-4	SAN PEDRO DE CONCHI	548875	7574445	Suspendido	Alta
8	02103008-2	PARSHALL N 2	549805	7573477	Vigente	Alta
9	02103009-0	OJOS SAN PEDRO	568440	7568716	Vigente	Alta
10	02103010-4	INACALIRI	596588	7564208	Vigente	Alta
11	02103011-2	QUINCHAMALE	539597	7578160	Suspendido	Alta
12	02103012-0	SILALA	600087	7565312	Vigente	Alta
13	02104007-K	CONCHI VIEJO	528514	7572609	Vigente	Alta
14	02104008-8	CONCHI EMBALSE	539003	7564490	Vigente	Alta
15	02104009-6	MURO EMBALSE CONCHI	538960	7565092	Suspendido	Alta
16	02104010-K	CHIU-CHIU	536440	7529250	Vigente	Alta
17	02105002-4	SALADO EN SIFON AYQUINA - DCP	567725	7535336	Suspendido	Alta
18	02105014-8	CUPO	570641	7554915	Vigente	Alta
19	02105015-6	TURI	571634	7539949	Suspendido	Alta
20	02105016-4	LINZOR	600913	7541763	Vigente	Alta
21	02105017-2	TOCONCE	586111	7537991	Vigente	Alta
22	02105018-0	AYQUINA	570227	7536538	Vigente	Alta
23	02105019-9	SIFON AYQUINA	566980	7535654	Suspendido	Alta
24	02105020-2	SALADO EN REPRESA	582269	7535748	Vigente	Alta
25	02105021-0	CASPANA	581581	7529879	Vigente	Alta
26	02105022-9	EL TATIO	601729	7526160	Vigente	Alta
27	02110013-7	CALAMA	509841	7517409	Vigente	Media
28	02110014-5	PLANTA PILOTO CALAMA	508556	7515397	Suspendido	Media
29	02111004-3	TRANQUE SLOMAN	446979	7583643	Vigente	Media
30	02112008-1	QUILLAGUA	444822	7605629	Vigente	Media
31	02112009-K	COYA SUR	435924	7523433	Suspendido	Media

La componente meteorológica de mayor importancia para el estudio del recurso hídrico, corresponde a las precipitaciones, por lo que se hace una revisión de los datos recopilados. A continuación, entre la Figura 3.7 y la Figura 3.22 se grafican los datos de precipitaciones acumuladas mensualmente para cada una de las estaciones. No se grafican aquellas estaciones con datos muy escasos.

Folio005429

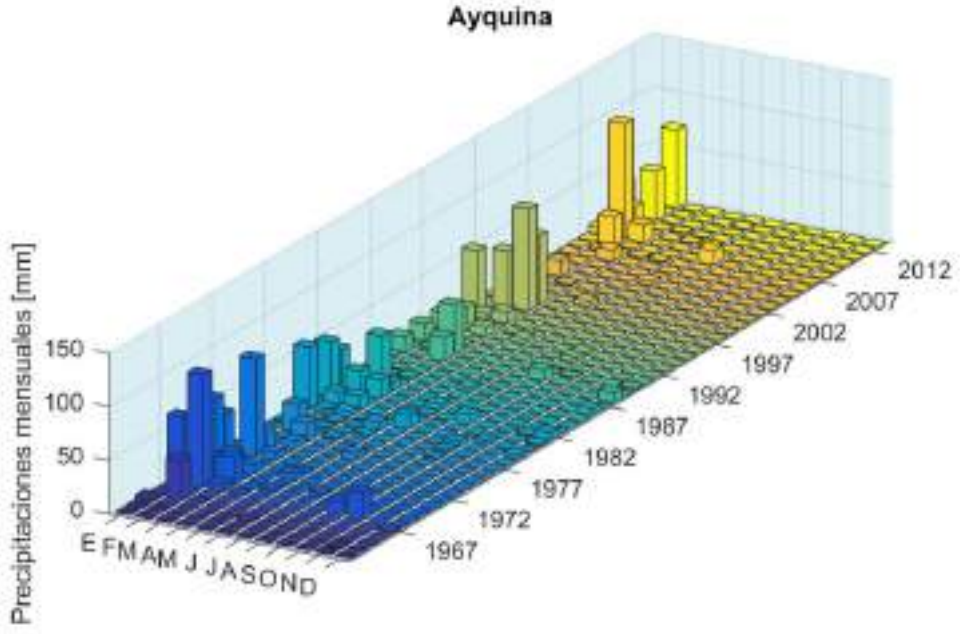


Figura 3.7. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Ayquina.

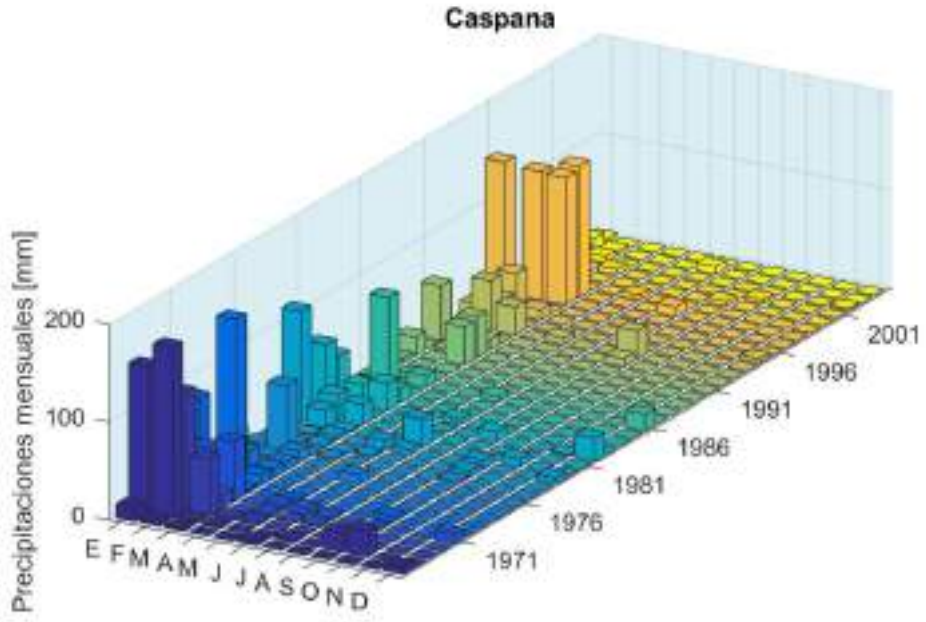


Figura 3.8. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Caspana.

Folio005430

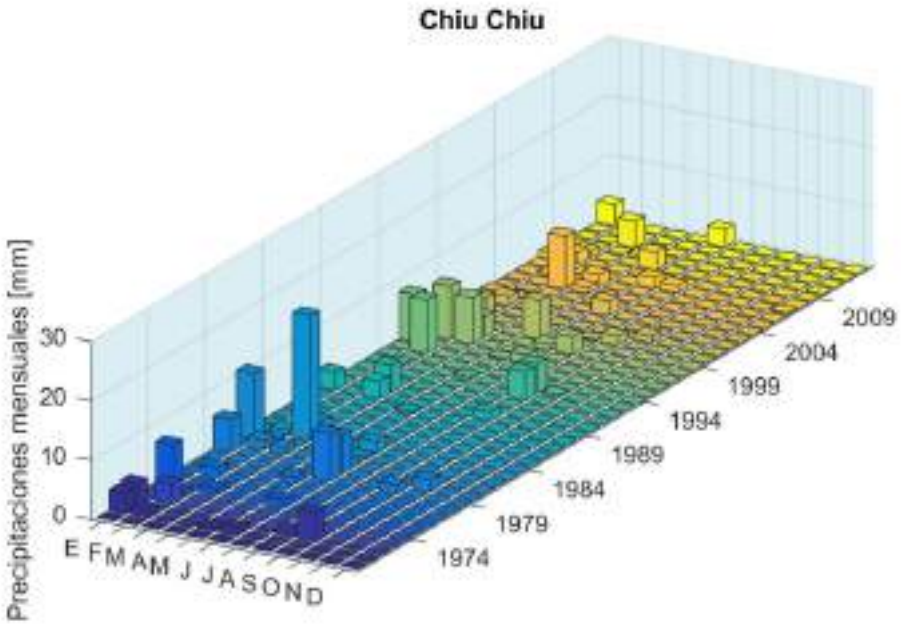


Figura 3.9. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Chiu Chiu.

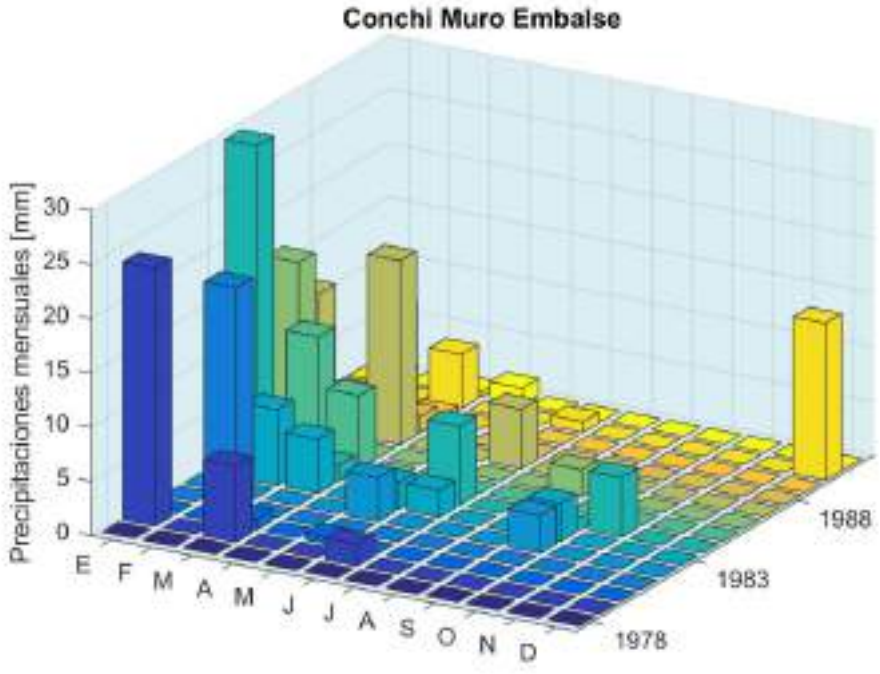


Figura 3.10. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Conchi Muro Embalse.

Folio005431

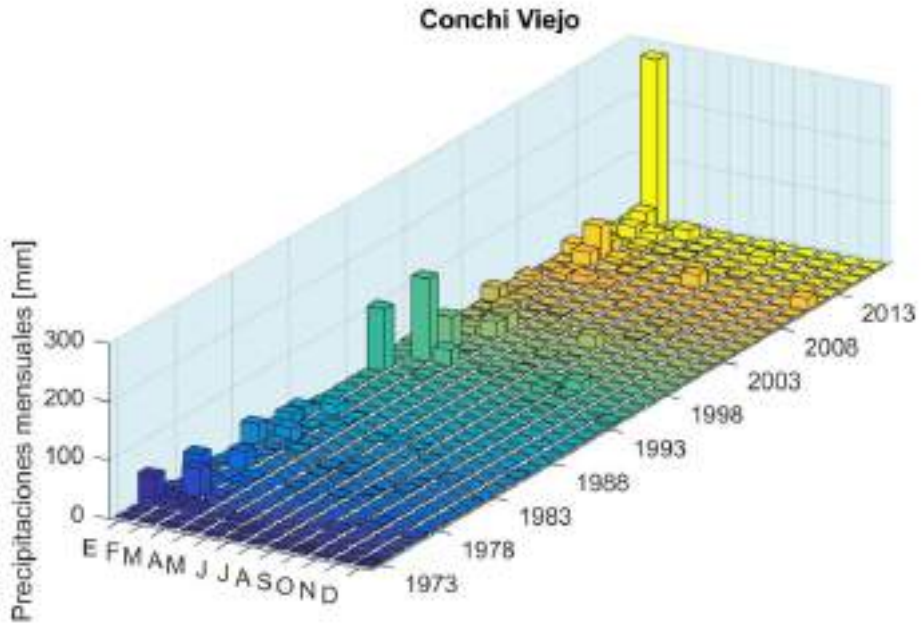


Figura 3.11. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Conchi viejo.

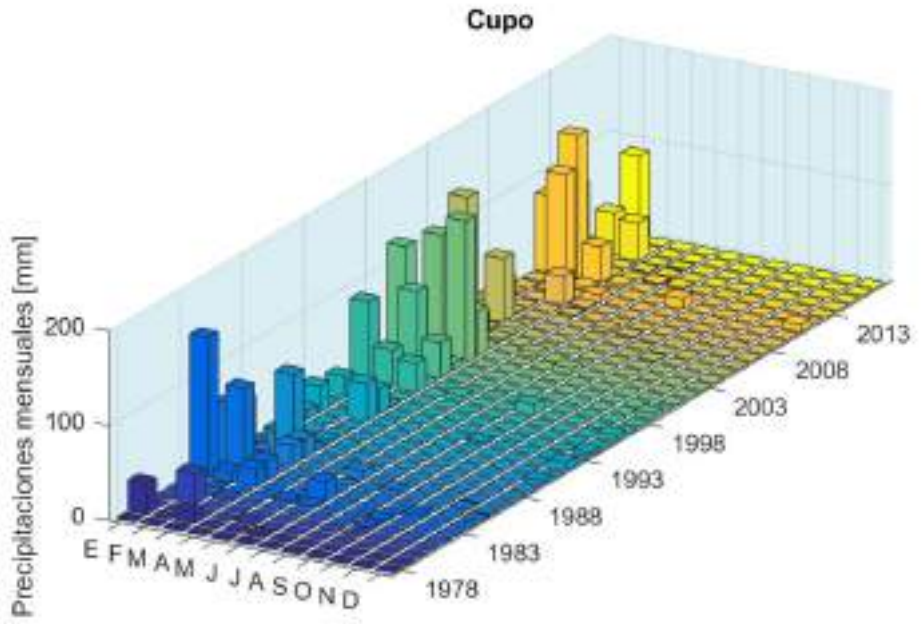


Figura 3.12. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Cupo.

Folio005432

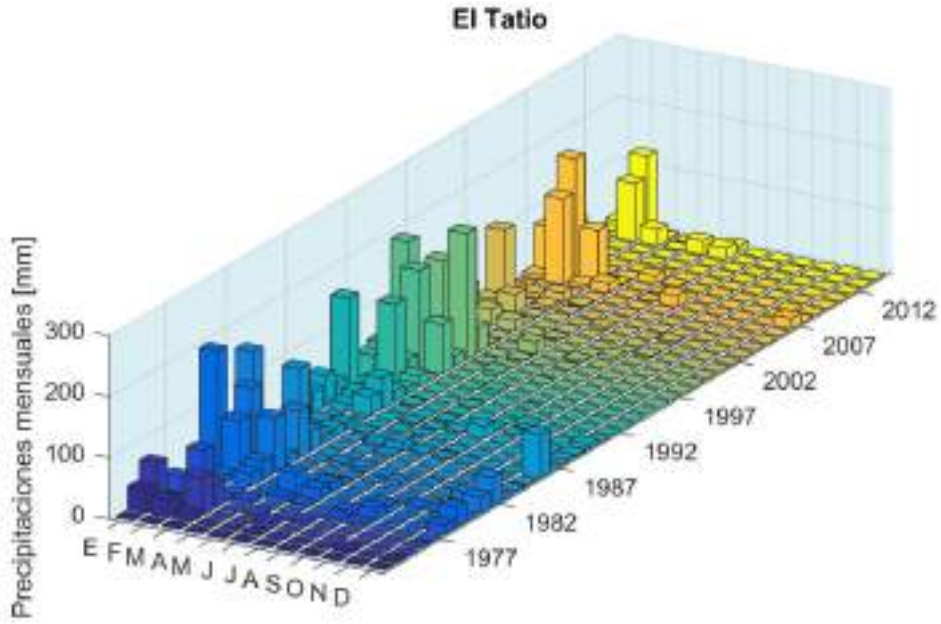


Figura 3.13. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA El Tatio.

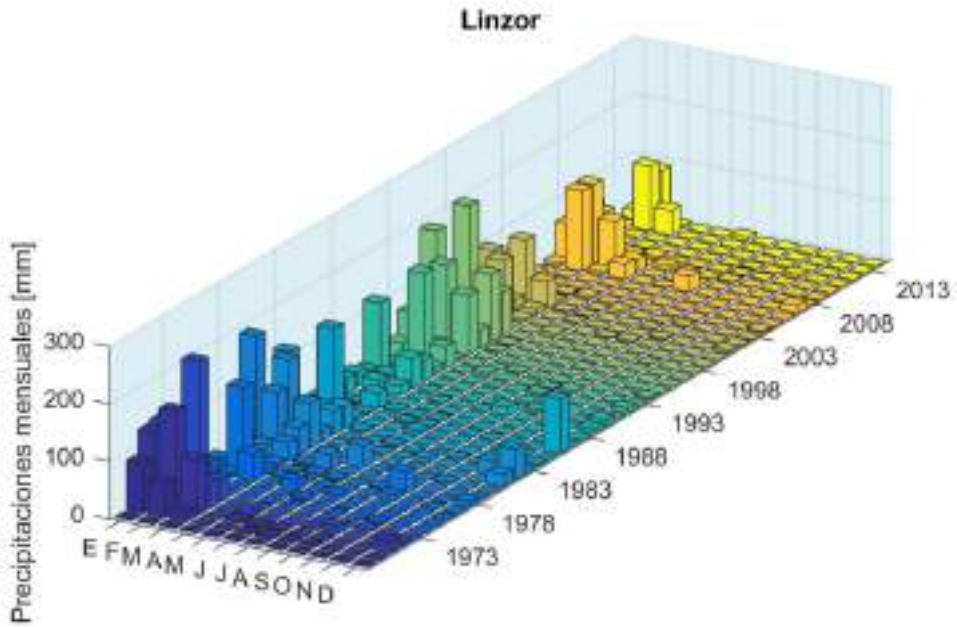


Figura 3.14. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Linzor.

Folio005433

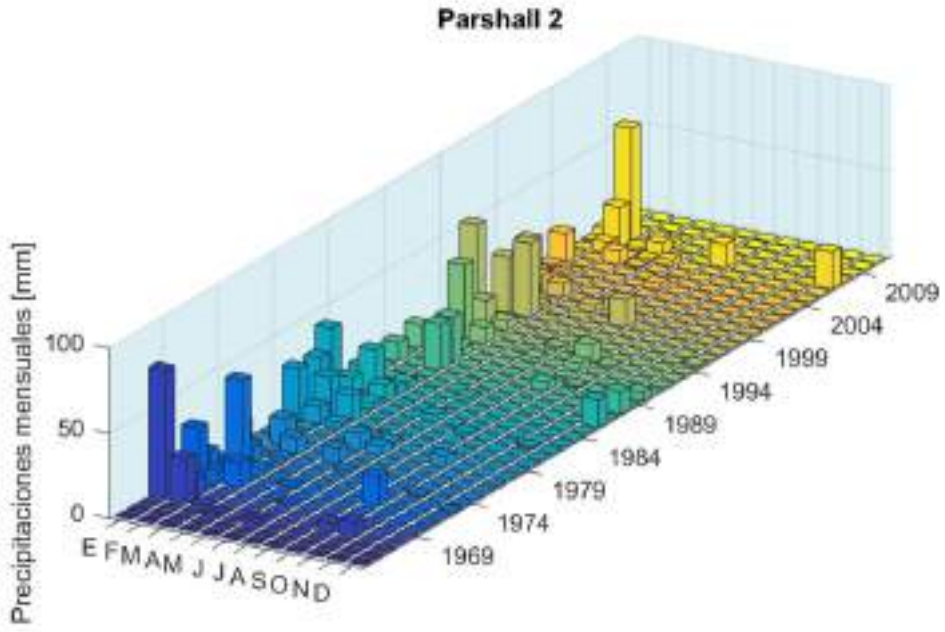


Figura 3.15. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Parshall N°2.

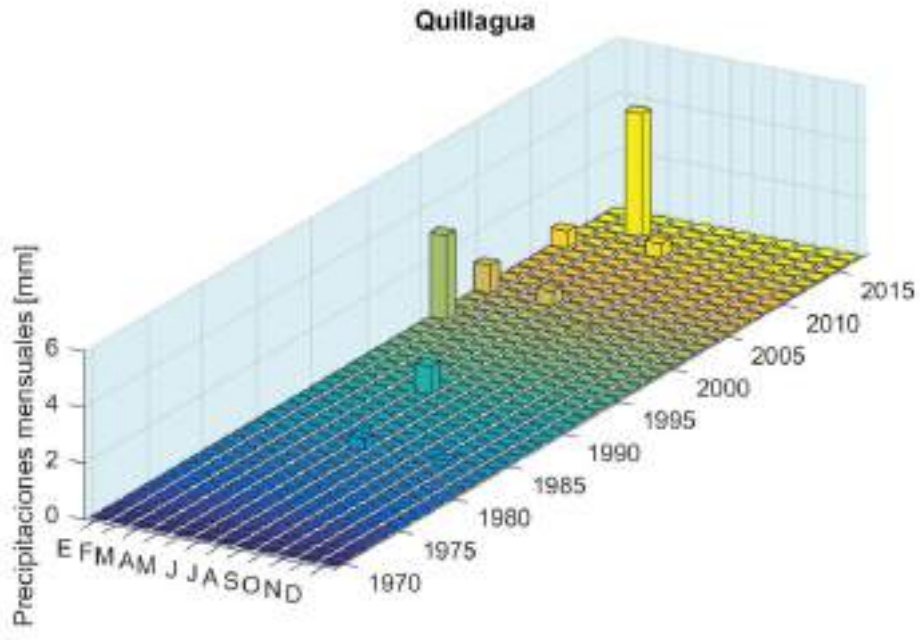


Figura 3.16. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Quillagua.

Folio005434

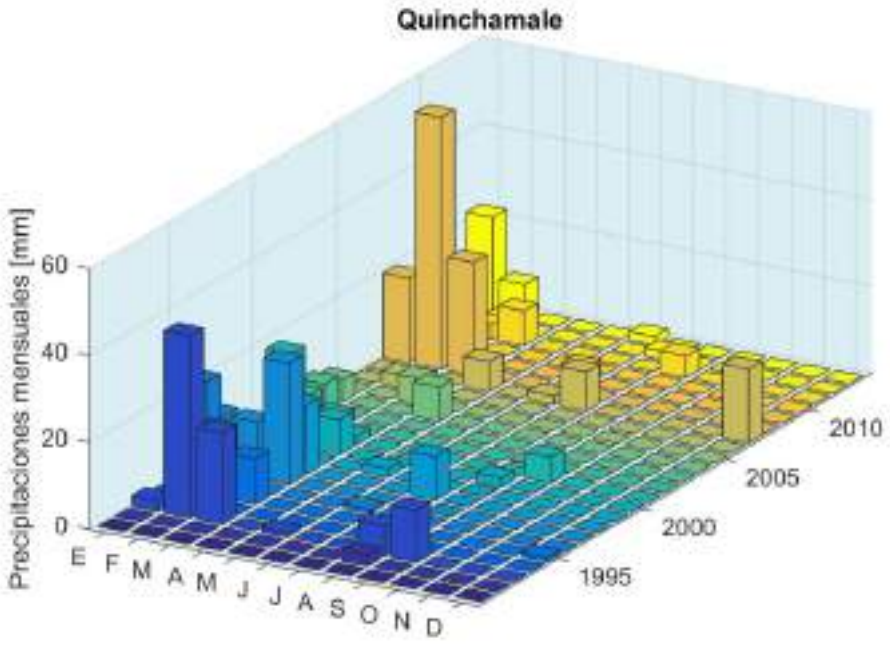


Figura 3.17. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Quinchamale.

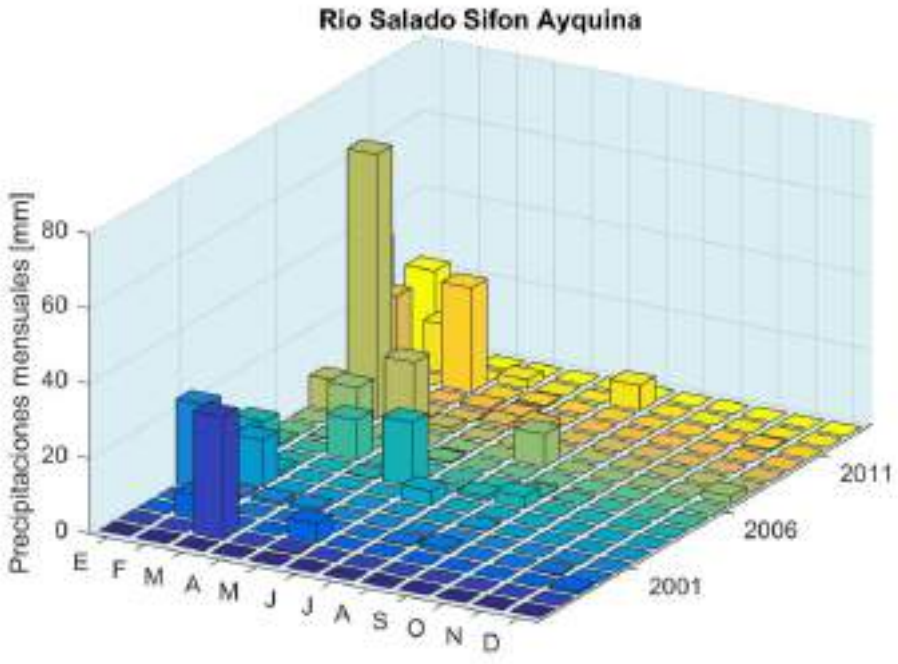


Figura 3.18. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Río Salado sifón Ayquina.

Folio005435

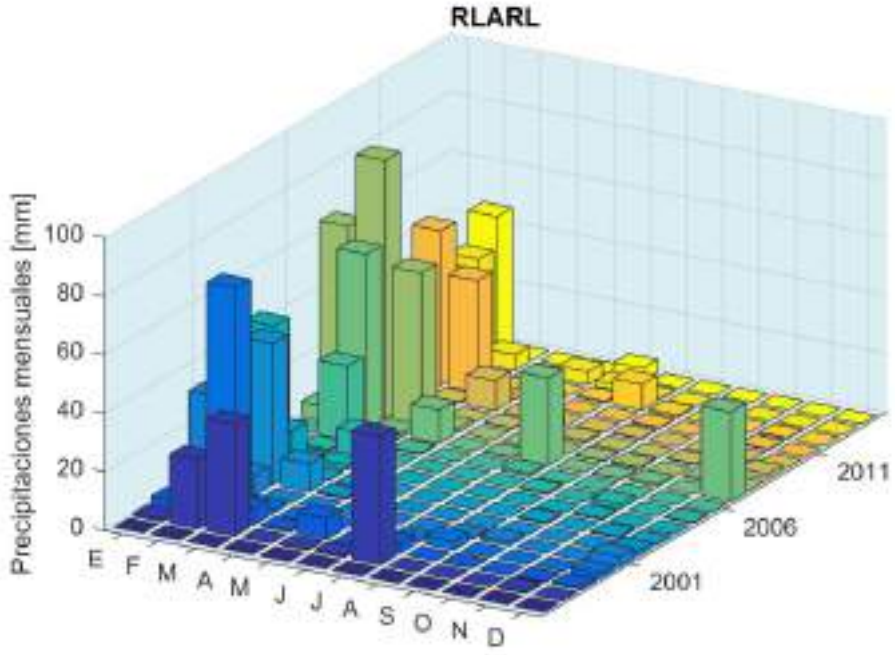


Figura 3.19. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Río Loa antes de represa Lequena.

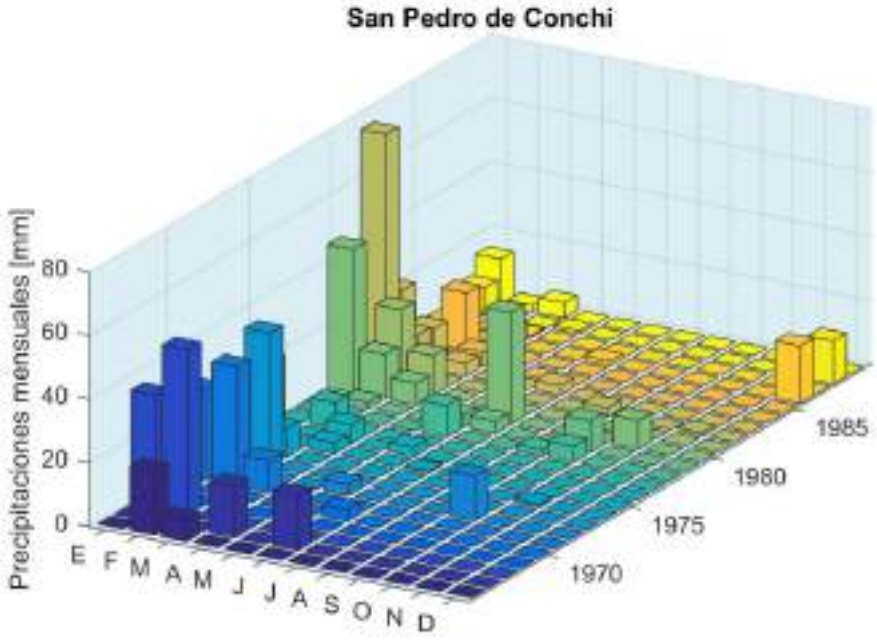


Figura 3.20. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA San Pedro de Conchi.

Folio005436

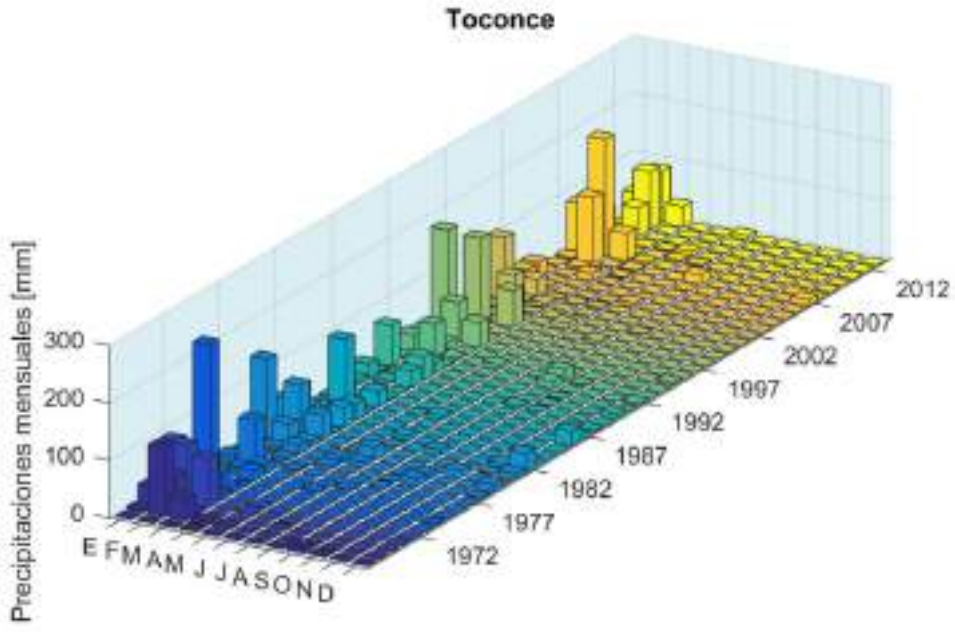


Figura 3.21. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Toconce.

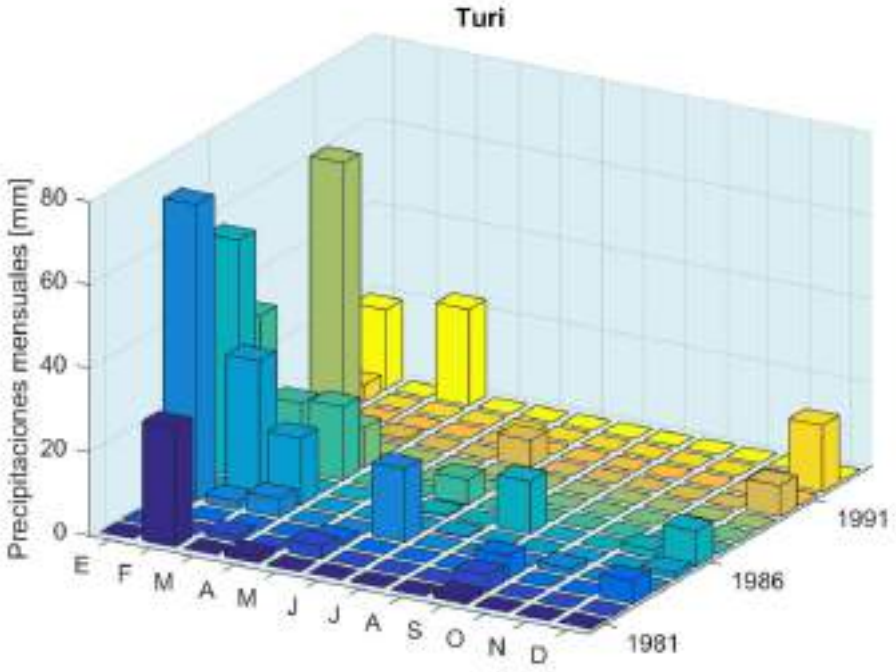


Figura 3.22. Series de precipitaciones acumuladas mensuales. Estación DGA Turi.

Folio005437

De las estaciones enlistadas en la Tabla 3.10, ninguna de ellas está en la subcuenca baja del río Loa (correspondiente al tramo del río Loa aguas abajo de Quebrada amarga). Mientras que solo hay cuatro en la subcuenca media, y el resto corresponde a la subcuenca alta.

De la cuenca media, solo se graficó las precipitaciones de la Estación Quillagua (ver Figura 3.16), que deja en evidencia la baja ocurrencia de precipitaciones en la cuenca media-baja. Solo algunos meses aislados se observan precipitaciones sin una tendencia clara. Sin embargo hacia la cuenca alta, en todas las estaciones se observa la influencia del invierno altiplánico, concentrándose sus precipitaciones entre enero y marzo. Por su parte se observan también precipitaciones en periodo de invierno continental pero en menor medida y dependiendo de la ubicación de cada estación.

3.1.2.1.2 Estaciones meteorológicas INIA

La red de estaciones del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), posee tres estaciones ubicadas en la cuenca del Río Loa (ver Figura 3.6), y corresponden a las denominadas “Calama Rural”, “Chiu Chiu” y “Caspana”. Las dos primeras poseen datos desde el año 2010, mientras que la última solo desde 2012. A partir de los datos de precipitaciones acumuladas mensualmente se generan las figuras a continuación.

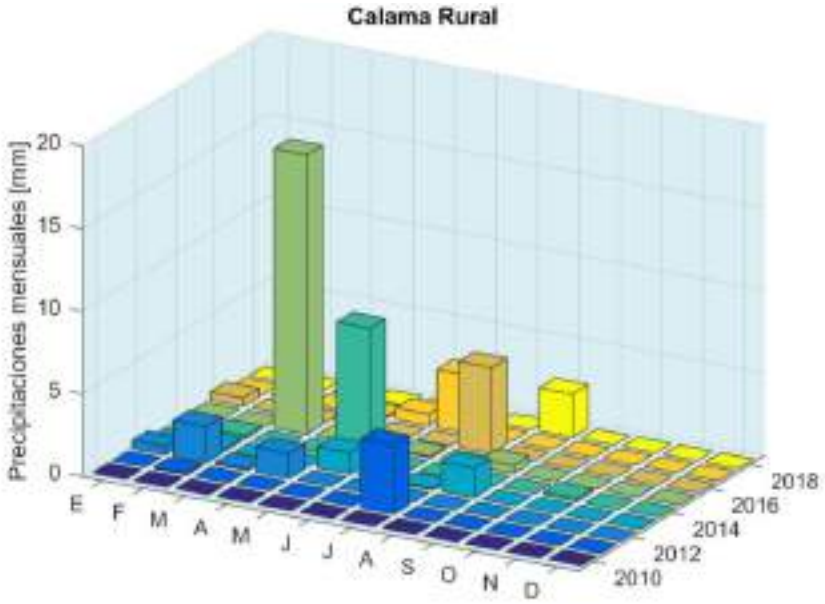


Figura 3.23. Precipitaciones mensuales. Estación INIA: Calama Rural

Folio005438

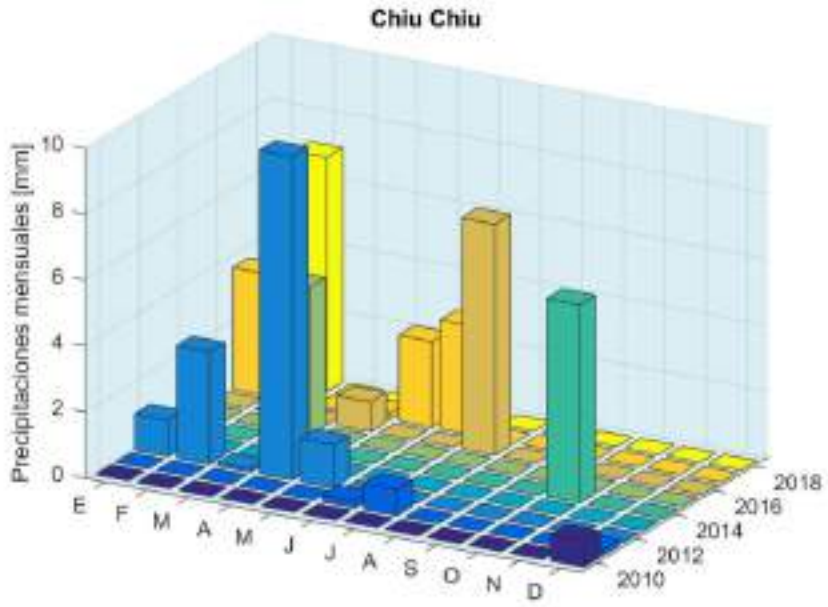


Figura 3.24. Precipitaciones mensuales. Estación INIA: Chiu Chiu

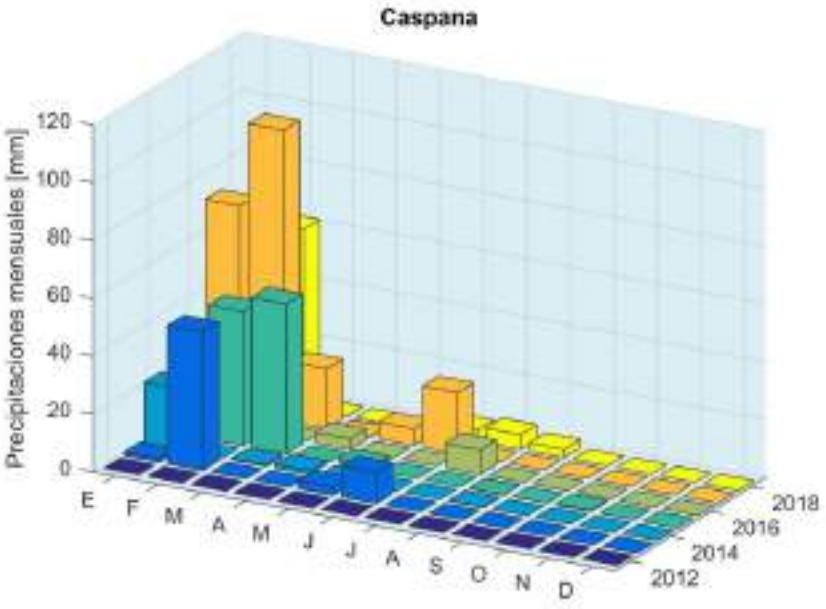


Figura 3.25. Precipitaciones mensuales. Estación INIA: Caspana

Se observa que las precipitaciones en Calama Rural tienen una ocurrencia principalmente entre febrero y agosto. Lo mismo ocurre en Chiu Chiu sin embargo hubo registros considerables en octubre de 2014, pero fue un fenómeno poco aislado. Estos comportamientos son característicos de la zona media de la cuenca donde se tiene influencia tanto del invierno continental como altiplánico. En Caspana en cambio, que se

Folio005439

encuentra en la zona alta de la cuenca solo se observa que los principales eventos ocurren entre enero y marzo, condición provocada por la influencia del invierno altiplánico.

3.1.2.1.3 Estaciones meteorológicas DMC

De las estaciones meteorológicas que posee la Dirección Meteorológica de Chile, cinco se encuentran en la región de Antofagasta. Sin embargo, dentro de la cuenca del Río Loa, solo se encuentra la Estación "El Loa, Calama Ad." (ver Figura 3.6). Esta estación posee los datos de precipitaciones desde el año 1967, con resolución horaria. A partir de los datos disponibles, se generó un gráfico con las precipitaciones acumuladas mensualmente, mostrado en la Figura 3.26

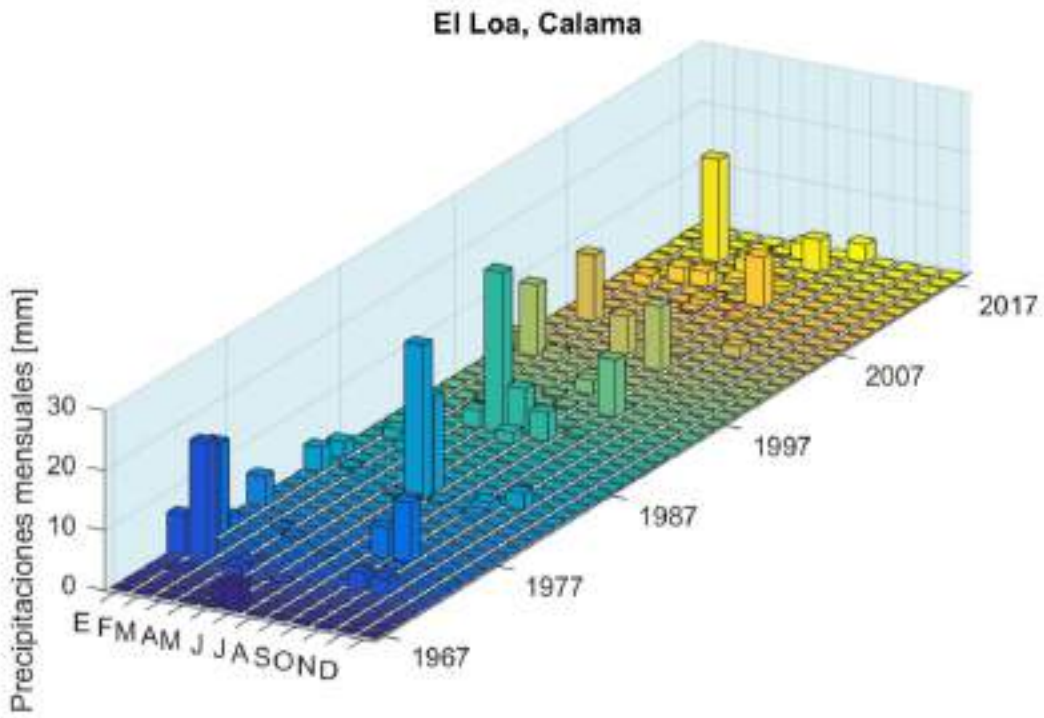


Figura 3.26. Precipitaciones mensuales. Estación DMC: El Loa, Calama

Es posible ver una tendencia de las precipitaciones de ocurrencia en otoño e invierno, además se observa que cada cierta cantidad de años existen precipitaciones en verano, las cuales son cada vez menos frecuentes y de menor intensidad. Existe una gran cantidad de años secos, que dejan en evidencia la aridez de la zona.

3.1.2.1.4 Estaciones meteorológicas El Abra

La minera El Abra posee cuatro estaciones meteorológicas, de las cuales dos se encuentran en la cuenca del Río Loa, que corresponden a las estaciones “Mina” y “Planta” (ver Figura 3.6). Estas estaciones posees los datos de precipitaciones desde los años 2009 y 2004 respectivamente y se dispone de la información hasta el año 2016 en ambas. A partir de los datos disponibles, para cada estación se generó un gráfico con las precipitaciones acumuladas mensualmente, mostrado en las Figura 3.29 y Figura 3.30.

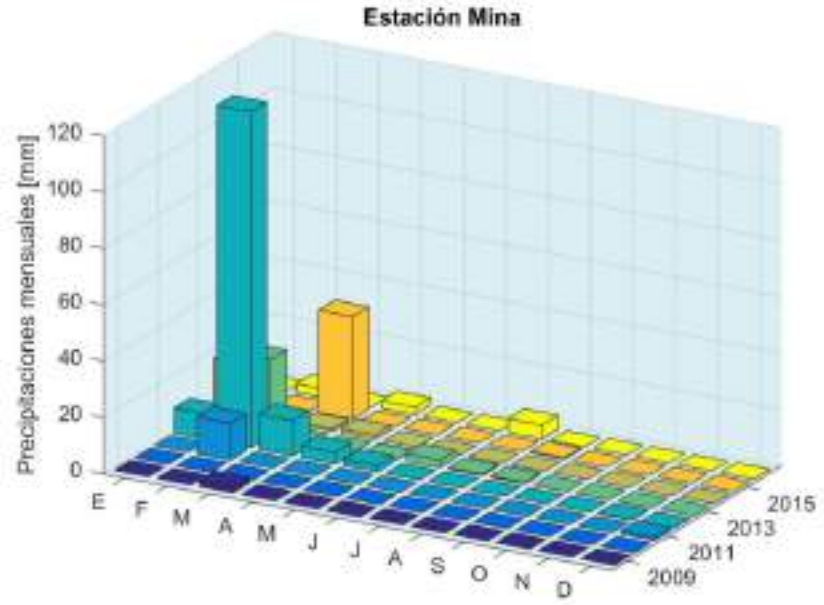


Figura 3.27. Precipitaciones mensuales. Estación Mina (El Abra)

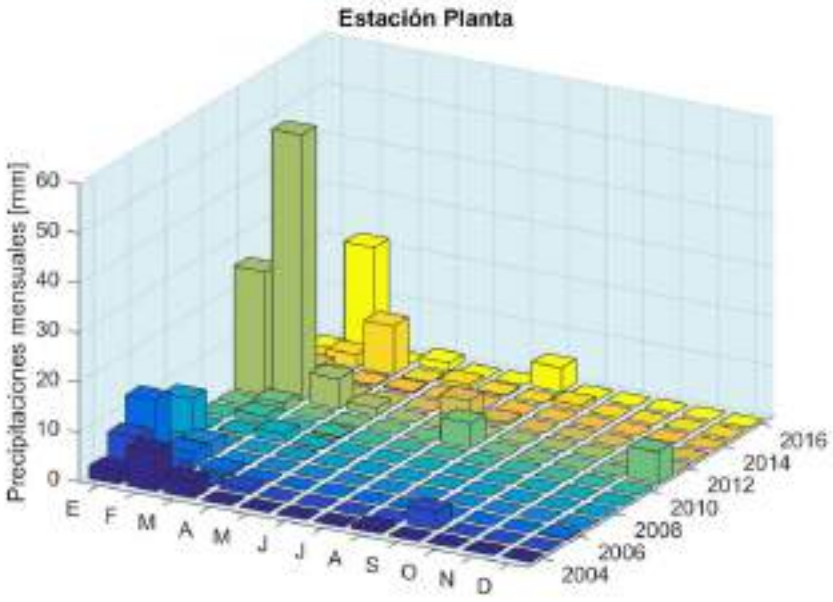


Figura 3.28. Precipitaciones mensuales. Estación Planta (El Abra)

Folio005441

Ambas estaciones muestran una ocurrencia de las precipitaciones concentradas entre los meses de enero y marzo, solo con escasos y débiles registros fuera de este rango. Este comportamiento en las precipitaciones es característico de la zona de la cuenca alta del Río Loa, donde se tiene la influencia del invierno altiplánico

3.1.2.2 Estaciones DGA para calidad de agua

La revisión del catastro mostró la existencia de un total de 46 estaciones de medición de calidad de agua en la región. De ellas, 13 (28%) son estaciones vigentes y 33 (72%) se encuentran suspendidas. A continuación, en el Tabla 3.11 se presentan las características generales de cada estación, mientras que su ubicación se detalla en la Figura 3.29.

Tabla 3.11. Estaciones DGA para calidad de agua. DGA 2018

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	Coordenadas UTM (WGS84 Huso 19)		Vigencia
			Este	Norte	
1	02113001-K	Rio Huatacondo en Copaquire	511807	7686100	Vigente
2	02101001-4	Río Loa antes represa Lequena	535169	7605577	Vigente
3	02102001-K	Río Loa en Quinchamale	540977	7575991	Suspendida
4	02102002-8	Río Loa después termas Taira	542208	7584116	Suspendida
5	02102003-6	Termas de Taira	543061	7585531	Suspendida
6	02102004-4	Río Loa antes río San Pedro	540685	7571825	Suspendida
7	02103001-5	Rio San Pedro en parshall 1	565454	7570735	Vigente
8	02103002-3	Rio San Pedro en parshall 2	550384	7573438	Suspendida
9	02103003-1	Rio San Pedro en camino Internación	548215	7574043	Suspendida
10	02103004-K	Rio San Pedro en San Pedro	545407	7574680	Suspendida
11	02103005-8	Rio Silala	596115	7564064	Suspendida
12	02103006-6	Rio San Pedro antes río Loa	541588	7571487	Suspendida
13	02104002-9	Río Loa en salida embalse Conchi	539309	7564329	Vigente
14	02104003-7	Río Loa en alcantarilla Conchi n"2	540537	7569789	Vigente
15	02104004-5	Río Loa en alcantarilla Conchi n 1	540611	7569991	Suspendida
16	02104005-3	Río Loa antes junta Río Salado	536042	7527192	Vigente
17	02104006-1	Río Loa después Río San Pedro	540629	7570190	Suspendida
18	02105002-4	Río Salado en sifón Ayquina	567699	7535357	Vigente
19	02105003-2	Río Salado en represa Chilex	549260	7533192	Suspendida
20	02105005-9	Río Salado antes junta Loa	536875	7526674	Suspendida
21	02105006-7	Río Toconce en represa SENDOS	587754	7536888	Suspendida
22	02105007-5	Río Toconce antes represa SENDOS	588216	7536667	Vigente
23	02105009-1	Río Toconce antes río Salado	581488	7536788	Suspendida
24	02105010-5	Río Salado antes río Toconce	581709	7536146	Suspendida
25	02105011-3	Río Salado antes río Caspana	576826	7536788	Suspendida
26	02105012-1	Río Caspana antes río Salado	576304	7536287	Suspendida
27	02110001-3	Río Loa en Escorial	511475	7518227	Suspendida
28	02110002-1	Río Loa en Yalquincha	512605	7517668	Vigente
29	02110003-K	Río Loa en Chintorastes	508574	7515483	Suspendida
30	02110004-8	Río Loa en Finca	501130	7511123	Vigente
31	02110005-6	Río Loa en Calama	510290	7517327	Suspendida
32	02110006-4	Río Loa en terraza municip. Calama	508570	7515480	Suspendida

Folio005442

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	Coordenadas UTM (WGS84 Huso 19)		Vigencia
			Este	Norte	
33	02110007-2	Río Loa antes junta San Salvador	445661	7523208	Suspendida
34	02110008-0	Río Loa después junta río Salado	535295	7525791	Suspendida
35	02110011-0	Río Loa en Angostura	528441	7517860	Suspendida
36	02110012-9	Agua potable Calama	509820	7517402	Suspendida
37	02111001-9	Vertiente Ojos de Opache	500036	7513939	Suspendida
38	02111002-7	Río San Salvador antes junta río Loa	445839	7523356	Vigente
39	02111003-5	Río Quentena antes Ojos de Opache	498285	7515486	Suspendida
40	02112001-4	Río Loa en Quillagua	443903	7607113	Suspendida
41	02112002-2	Canal Quillagua en Quillagua	444262	7606515	Vigente
42	02112003-0	Río Loa en panamericana	443424	7607892	Suspendida
43	02112004-9	Río Loa en camino Chuqui-Tocopilla	442596	7537501	Suspendida
44	02112005-7	Río Loa antes zona agrícola Quillagua	446566	7598883	Suspendida
45	02112007-3	Río Loa después junta San Salvador	445442	7523624	Suspendida
46	02120001-8	Río Loa en desembocadura	390800	7630449	Vigente

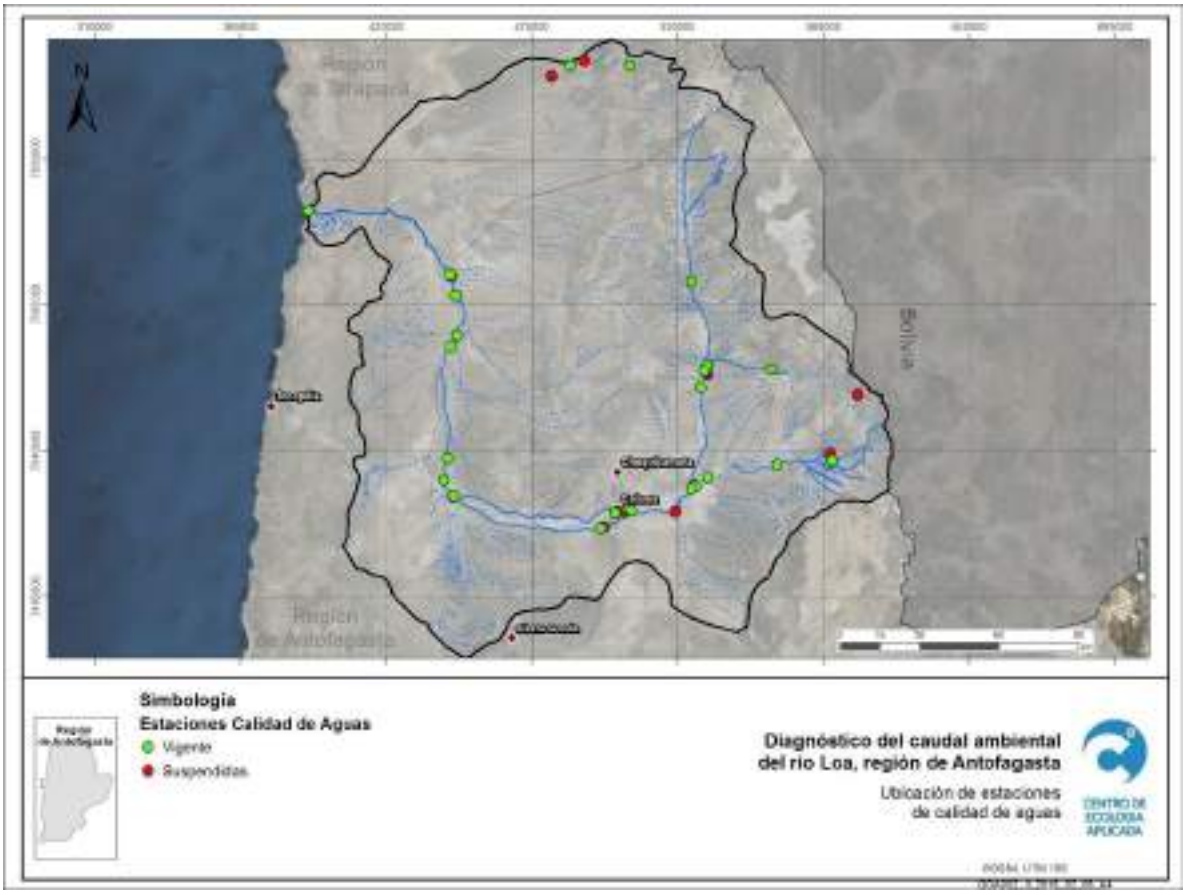


Figura 3.29. Estaciones de calidad de agua, suspendidas y vigentes, a lo largo del río Loa, desde la desembocadura hasta su nacimiento. (Fuente: DGA)

Folio005443

3.1.2.3 Estaciones fluviométricas DGA

El catastro de estaciones fluviométricas presentes en la zona de estudio arrojó la existencia total de 71 estaciones. De ellas, 62 (87%) son estaciones Vigentes y 9 (13%) estaciones suspendidas.

Las variables fluviométricas consultadas a la DGA fueron: caudal medio diario (Qmd), caudal medio mensual (Qmm), y altura y caudal instantáneo (ACi).

Tabla 3.12. Estaciones fluviométricas. DGA 2018

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	Coordenadas UTM (WGS84 Huso 19)		Vigencia
			Este	Norte	
1	02104020-7	CANAL BUEN RETIRO	539214	7539788	VIGENTE
2	02110023-4	CANAL CHUNCHURI BAJO	507486	7513977	VIGENTE
3	02110024-2	CANAL DUPONT	504543	7512164	VIGENTE
4	02110025-0	CANAL EL TRONCO	504544	7518098	VIGENTE
5	02104014-2	CANAL GRANDE	537515	7535396	VIGENTE
6	02104017-7	CANAL LA BANDA	537486	7535426	VIGENTE
7	02110026-9	CANAL LA PRENSA	506029	7513086	VIGENTE
8	02110027-7	CANAL LAY LAY	510317	7516497	VIGENTE
9	02104015-0	CANAL LOS PERALES	538581	7538283	VIGENTE
10	02104022-3	CANAL LOS RAMIREZ	539243	7539758	VIGENTE
11	02110028-5	CANAL NUÑEZ	507887	7514376	VIGENTE
12	02104016-9	CANAL PONA	538581	7538253	VIGENTE
13	02104018-5	CANAL PUEBLO	536132	7531186	VIGENTE
14	02104021-5	CANAL QUILCHIRE	539214	7539788	VIGENTE
15	02112002-2	CANAL QUILLAGUA EN QUILLAGUA	444263	7606523	VIGENTE
16	02104019-3	CANAL SAN ANTONIO	539991	7541262	VIGENTE
17	02110029-3	CANAL TOPATER	510374	7516527	VIGENTE
18	02110030-7	CANAL YALQUINCHA 1	513204	7516833	VIGENTE
19	02110009-9	CANAL YALQUINCHA O.D. N* 1	515434	7517323	SUSPENDIDA
20	02110010-2	CANAL YALQUINCHA O.I. N* 2	517063	7516891	SUSPENDIDA
21	02101004-9	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN LEQUENA	536097	7616786	VIGENTE
22	02110020-K	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN PUENTE NEGRO	510261	7518003	VIGENTE
23	02102007-9	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN QUINCHAMALE	541657	7576003	VIGENTE
24	02105033-4	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN TOCONCE	585436	7538158	VIGENTE
25	02103016-3	CAPTACION DE CODELCO EN COLANA	585657	7573520	VIGENTE
26	02103017-1	CAPTACION DE CODELCO EN INACALIRI	596009	7563313	VIGENTE
27	02105035-0	CAPTACION DE CODELCO EN LINZOR (TOCONCE)	600257	7541545	VIGENTE
28	02103015-5	CAPTACION DE FCAB EN SILOLI	599197	7564216	VIGENTE
29	02112013-8	CAPTACION DE SQM COYA SUR	445671	7523477	VIGENTE
30	02110021-8	CAPTACION DE SQM PEDRO DE VALDIVIA (VERGARA)	454494	7517909	VIGENTE
31	02112012-K	CAPTACION SQM MARIA ELENA	441905	7528691	VIGENTE
32	02105034-2	CAPTACIONES CODELCO EN SALADO-	578985	7536163	VIGENTE

Folio005444

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	Coordenadas UTM (WGS84 Huso 19)		Vigencia
			Este	Norte	
		HOJALAR			
33	02104011-8	EMBALSE CONCHI (LM)	539420	7564601	VIGENTE
34	02104005-3	RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	536036	7527190	VIGENTE
35	02110007-2	RIO LOA ANTES JUNTA SAN SALVADOR	445672	7523201	VIGENTE
36	02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	534950	7605197	VIGENTE
37	02112005-7	RIO LOA ANTES ZONA AGRICOLA QUILLAGUA	446559	7598875	VIGENTE
38	02112006-5	RIO LOA D. J. SAN SALVADOR (CHACANCE)	445441	7523630	VIGENTE
39	02112007-3	RIO LOA D. J. SAN SALVADOR-(M. ELENA)	441818	7529060	VIGENTE
40	02110008-0	RIO LOA DESPUES JUNTA RIO SALADO (CA)	535290	7525777	VIGENTE
41	02104004-5	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"1	540609	7569980	SUSPENDIDA
42	02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"2	540523	7569795	VIGENTE
43	02110031-5	RIO LOA EN ANGOSTURA	527123	7516384	VIGENTE
44	02102006-0	RIO LOA EN CATUNCALLA	540256	7589166	VIGENTE
45	02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE	502342	7511488	SUSPENDIDA
46	02104001-0	RIO LOA EN CONCHI	540605	7568412	SUSPENDIDA
47	02120001-8	RIO LOA EN DESEMBOCADURA	390803	7630449	VIGENTE
48	02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL	511462	7518218	VIGENTE
49	02110004-8	RIO LOA EN FINCA	501142	7511120	VIGENTE
50	02112003-0	RIO LOA EN PANAMERICANA	443424	7607904	VIGENTE
51	02102001-K	RIO LOA EN QUEBRADA QUINCHAMALE	540969	7576005	VIGENTE
52	02112001-4	RIO LOA EN QUILLAGUA	444811	7605787	VIGENTE
53	02101002-2	RIO LOA EN REPRESA LEQUENA	535264	7604060	VIGENTE
54	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	539132	7564018	VIGENTE
55	02104013-4	RIO LOA EN VADO SANTA BARBARA (DOH)	540438	7570195	VIGENTE
56	02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA	512605	7517664	VIGENTE
57	02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	578012	7536045	VIGENTE
58	02105005-9	RIO SALADO A. J. LOA	536865	7526665	VIGENTE
59	02105003-2	RIO SALADO ANTES REPRESA CHILEX	584044	7534784	SUSPENDIDA
60	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	567504	7534956	VIGENTE
61	02103003-1	RIO SAN PEDRO EN CAMINO INTERNACIONAL	548222	7574048	SUSPENDIDA
62	02103018-K	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL 2 (CODELCO)	550140	7573057	VIGENTE
63	02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N"1	565449	7570727	VIGENTE
64	02103002-3	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N"2 (BT. CHILEX)	550371	7573426	VIGENTE
65	02103004-K	RIO SAN PEDRO EN SAN PEDRO	545412	7574671	SUSPENDIDA
66	02111002-7	RIO SAN SALVADOR ANTES JUNTA RIO LOA	445843	7523355	VIGENTE
67	02111005-1	RIO SAN SALVADOR EN NACIMIENTO	504230	7518037	VIGENTE
68	02103013-9	RIO SILOLI ANTES REPRESA INACALIRI	596732	7564232	VIGENTE
69	02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA	588204	7536667	VIGENTE

Folio005445

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	Coordenadas UTM (WGS84 Huso 19)		Vigencia
			Este	Norte	
		SENDOS			
70	02111001-9	VERTIENTE OJOS DE OPACHE	500028	7513948	VIGENTE
71	02105008-3	VERTIENTE TURI TURI	574117	7541630	SUSPENDIDA

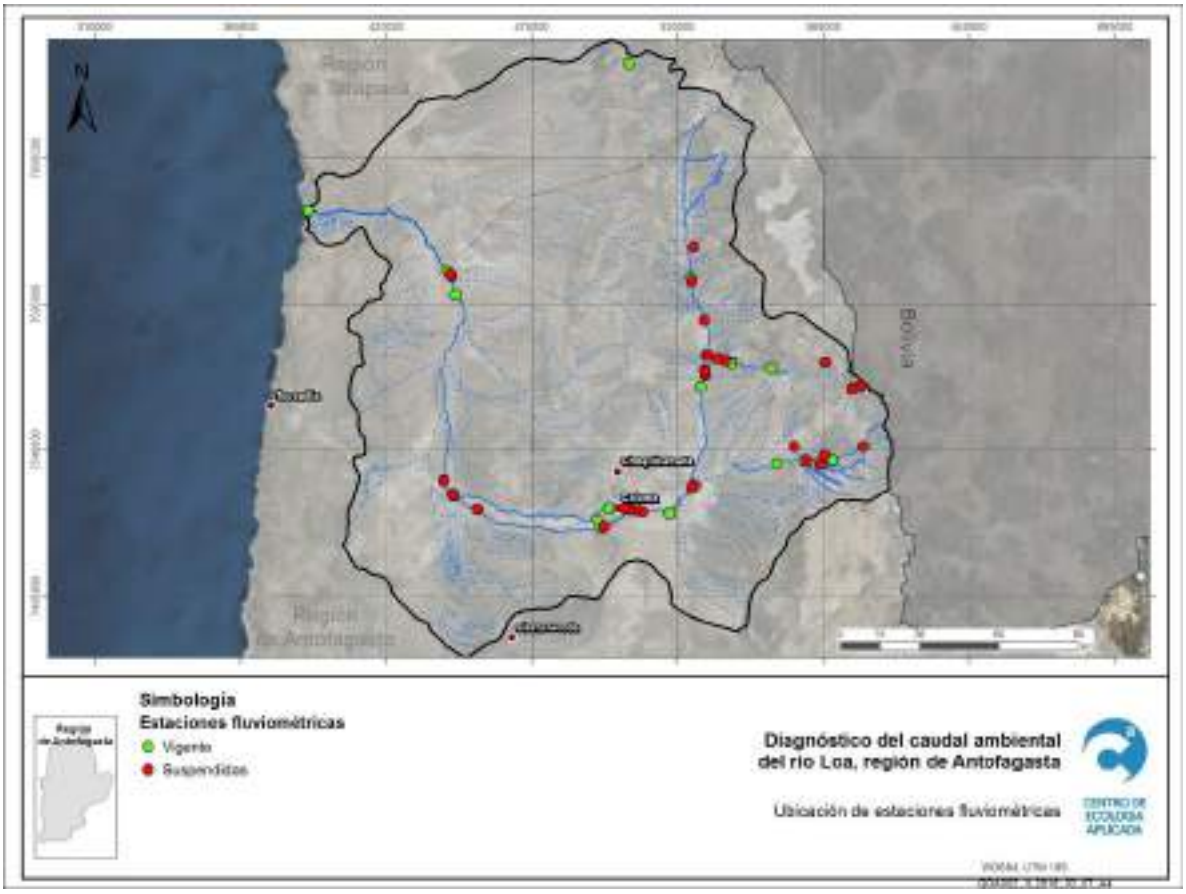


Figura 3.30. Estaciones fluviométricas y de calidad de agua, suspendidas y vigentes, a lo largo del río Loa, desde la desembocadura hasta su nacimiento. (Fuente: DGA)

Folio005446

3.1.2.4 Estaciones sedimentológicas DGA

A continuación, en la Tabla 3.13 se tabulan las estaciones sedimentológicas que posee la DGA, se especifica también su ubicación y vigencia.

Tabla 3.13. Estaciones sedimentológicas. DGA2018

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	Coordenadas UTM (WGS84 Huso 19)		Vigencia
			Este	Norte	
FL-1	02110001-3	Río Loa en Escorial	511256	7517865	VIGENTE
FL-2	02110002-1	Río Loa en Yalquincha	512391	7517313	SUSPENDIDA
FL-3	02105002-4	Río Salado En Sifón Ayquina	567493	7535010	VIGENTE
FL-4	02101002-2	Río Loa en Represa Lequena	534966	7605227	SUSPENDIDA
FL-5	02101001-4	Río Loa Antes Represa Lequena	534743	7604843	VIGENTE

3.1.2.5 Niveles de pozos

A continuación, en la Tabla 3.14 se tabulan las estaciones de monitoreo de niveles de pozos que posee la DGA, se especifica también su ubicación y vigencia.

Tabla 3.14. Niveles de pozo. DGA2018

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	Coordenadas UTM (WGS84 Huso 19)		Vigencia
			Este	Norte	
FL-1	02110019-6	Isla Grande 2	535169	7523335	VIGENTE
FL-2	02105023-7	Chiu-Chiu	541542	7529883	VIGENTE
FL-3	02105024-5	Cupo-1	563395	7535619	VIGENTE
FL-4	02105025-3	Turi-1	567419	7538436	VIGENTE
FL-5	02105032-6	Turi-10	569011	7540091	VIGENTE
FL-6	02105030-K	Turi-2	571849	7540091	VIGENTE
FL-7	02104011-8	Embalse Conchi (LM)	539213	7564247	VIGENTE

3.1.2.6 Estaciones CODELCO: fluviométricas y de calidad de aguas

El último informe elaborado por la empresa AMPHOS21 para CODELCO, sistematiza la información de los planes de vigilancia ambiental que posee la empresa dentro de la cuenca, analizando una importante cantidad de datos disponibles desde el año 2002 hasta la fecha. El informe realiza un análisis acabado de la red fluviométrica y de calidad de agua; en la Tabla 3.15 se presentan las estaciones que se revisaron con el respectivo código.

Folio005447

Tabla 3.15. Estaciones de monitoreo, tanto fluviométricas como de calidad de aguas analizadas en el último reporte de CODELCO. Fuente AMPHOS 2018.

Estaciones de Monitoreo	Cauce	Coordenada E*	Coordenada N*	Medición Caudal (i)	Medición Físico Químico (ii)
RL-1	Loa	534.451	7.655.743	SI	-
RLA	Loa	534.599	7.655.827	SI	SI
RL-2	Loa	534.361	7.655.681	SI	-
RL-4	Loa	532.352	7.648.546	SI	-
RLB	Loa	537.541	7.643.641	SI	SI
RL-6	Loa	532.523	7.640.769	SI	-
RLC	Loa	532.063	7.633.680	SI	SI
RLE	Loa	532.882	7.618.631	SI	SI
RL-8	Loa	533.410	7.615.966	SI	SI
RL-9	Loa	534.452	7.609.714	SI	-
RLF	Loa	534.944	7.605.216	SI	SI
RL-11	Loa	535.038	7.604.295	SI	-
RL-12	Loa	540.941	7.575.797	SI	SI
RL-13	Loa	540.223	7.569.841	SI	SI
RLH	Loa	539.115	7.564.015	SI	SI
RLI	Loa	539.833	7.540.854	-	SI
RLJ	Loa	535.543	7.526.226	SI	SI
SALADO-6	Salado	584.635	7.534.269	SI	SI
RÍO SALADO	Salado	582.613	7.535.101	-	SI
CAPTACIÓN SALADO	Salado	580.828	7.535.993	-	SI
SALADO-4	Salado	578.038	7.535.993	SI	SI
SALADO-5	Salado	578.039	7.535.904	SI	SI
RLK	Salado	535.801	7.526.170	SI	SI
RLL	Loa	535.200	7.525.700	SI	SI
RLM	Loa	527.708	7.516.520	SI	SI
RLN	Loa	520.31	7.517.241	SI	SI
RLQ	Loa	512.391	7.517.296	SI	SI
BL-3	Loa	508.992	7.514.422	SI	SI
BL-4	Loa	504.861	7.512.410	SI	SI
RLR	Loa	500.929	7.510.784	SI	SI
RLS	Loa	445.618	7.523.182	SI	SI
RSSA	San Salvador	500.338	7.513.705	SI	SI
RSSB	San Salvador	496.779	7.513.513	SI	SI
RSSC	San Salvador	446.039	7.523.061	SI	SI

Folio005448

Estaciones de Monitoreo	Cauce	Coordenada E*	Coordenada N*	Medición Caudal (i)	Medición Físico Químico (ii)
RLT	Loa	445.505	7.523.385	SI	SI
RLV	Loa	446.862	7.583.415	-	SI
RLDS	Loa	447.005	7.584.114	-	SI
RLPQ	Loa	446.387	7.598.528	SI	SI
RLDA	Loa	441.788	7.608.842	SI	SI
RLW	Loa	390.648	7.630.083	SI	SI

La ubicación de estas estaciones, donde se mide mensualmente el caudal y calidad de aguas, se grafica en la Figura 3.31:

Figura 3.31. Distribución de las estaciones de monitoreo que posee CODELCO para el río Loa, Salado y San Salvador. Fuente AMPHOS 2018

Folio005449

3.1.3 Análisis de la actual red fluviométrica y de calidad de agua de la cuenca del río Loa.

A continuación se presenta el diagrama unifilar del río Loa, el cual detalla las principales extracciones en su extensión, desde su nacimiento en el Volcán Miño a su desembocadura en el mar. Adicionalmente se presenta la cantidad de estaciones fluviométricas, meteorológicas y de calidad de agua existentes en tres tramos del río Loa y el río Salado. Para el caso del río Loa el diagrama se divide en tres secciones: Loa superior, que va desde su nacimiento hasta la confluencia del mismo con el río salado, el Loa medio comprende desde el embalse Conchi hasta su confluencia con el río San Salvador, mientras que finalmente el Loa inferior corresponde a la sección posterior a esta confluencia hasta la desembocadura. Los datos incorporados corresponden a derechos de aguas superficiales, de tipo consuntivo y permanente en el caso de las empresas y de uso consuntivo y discontinuo en el caso de la agricultura presente, salvo la extracción subterránea de CODELCO aguas arriba de río San Pedro.

Se observa que las secciones mayormente intervenidas corresponden al Loa superior y medio, en el primer caso, son las grandes empresas las que generan las extracciones más importantes, destacando a Aguas Antofagasta, que realiza extracciones en la parte superior de la Cuenca e incluso en Cuencas aportantes a esta sección, el motivo se relaciona con la calidad de agua presente en esa zona. En el caso del Loa medio, el sector agrícola presenta un significativo peso relativo en relación con las extracciones de aguas, destacando que estos derechos superficiales son de uso eventual y no permanente, por lo que no representan un caudal instantáneo de uso. Sin perjuicio de lo anterior el uso agrícola se encuentra ampliamente distribuido en las localidades de Calama, Lasana y Chiu Chiu, dónde la calidad de agua aún permite el desarrollo de cultivos tolerantes a la salinidad.

En la sección del Loa bajo, la principal extracción la realiza la empresa SQM en María Elena, por lo que la capacidad de diluir contaminantes o de albergar la vida silvestre que posee el río se ve disminuida antes de llegar a la localidad de Quillagua, en la cual históricamente se realizaban actividades agrícolas, sin embargo, dado el contexto actual esto no sucede lo que implica que no se generen mayores extracciones en esta localidad.

En relación con las estaciones de medición de caudales, calidad de agua y precipitaciones asociadas al cuerpo fluvial se presenta la siguiente información:

i. Loa superior

11 estaciones de calidad de agua, 4 de la DGA (de las cuales 2 están suspendidas) y 7 correpondientes a seguimiento ambiental que posee CODELCO División Radimiro Tomic; 14 estaciones meteorológicas 12 de la DGA y 2 del programa de vigilancia ambiental de Minera el Abra; y finalmente para las estaciones fluviométrica existe un total de 17 , 5 de la DGA (3 suspendidas) y 13 de CODELCO.

Folio005450

ii. Loa medio

21 estaciones de calidad de aguas, 16 de la DGA (5 suspendidas) y 10 de CODELCO; 9 estaciones meteorológicas, 4 de la DGA, 2 del INIA, 1 de la DMC, 2 de Minera el Abra; 32 estaciones fluviométricas, 23 de la DGA (16 suspendidas) Y 9 de CODELCO.

iii. Loa bajo

15 estaciones de calidad de agua, 9 de la DGA y 6 de CODELCO, 3 estaciones meteorológicas de la DGA; y 11 estaciones fluviométricas, 7 de la DGA (4 suspendidas), 4 de CODELCO.

Río Salado: 10 estaciones, 4 de la DGA (1 suspendida) y 6 de CODELCO. 10 estaciones meteorológicas, 9 de la DGA y 1 del INIA; 12 estaciones fluviométricas, 8 de la DGA (4 suspendidas) y 6 de CODELCO

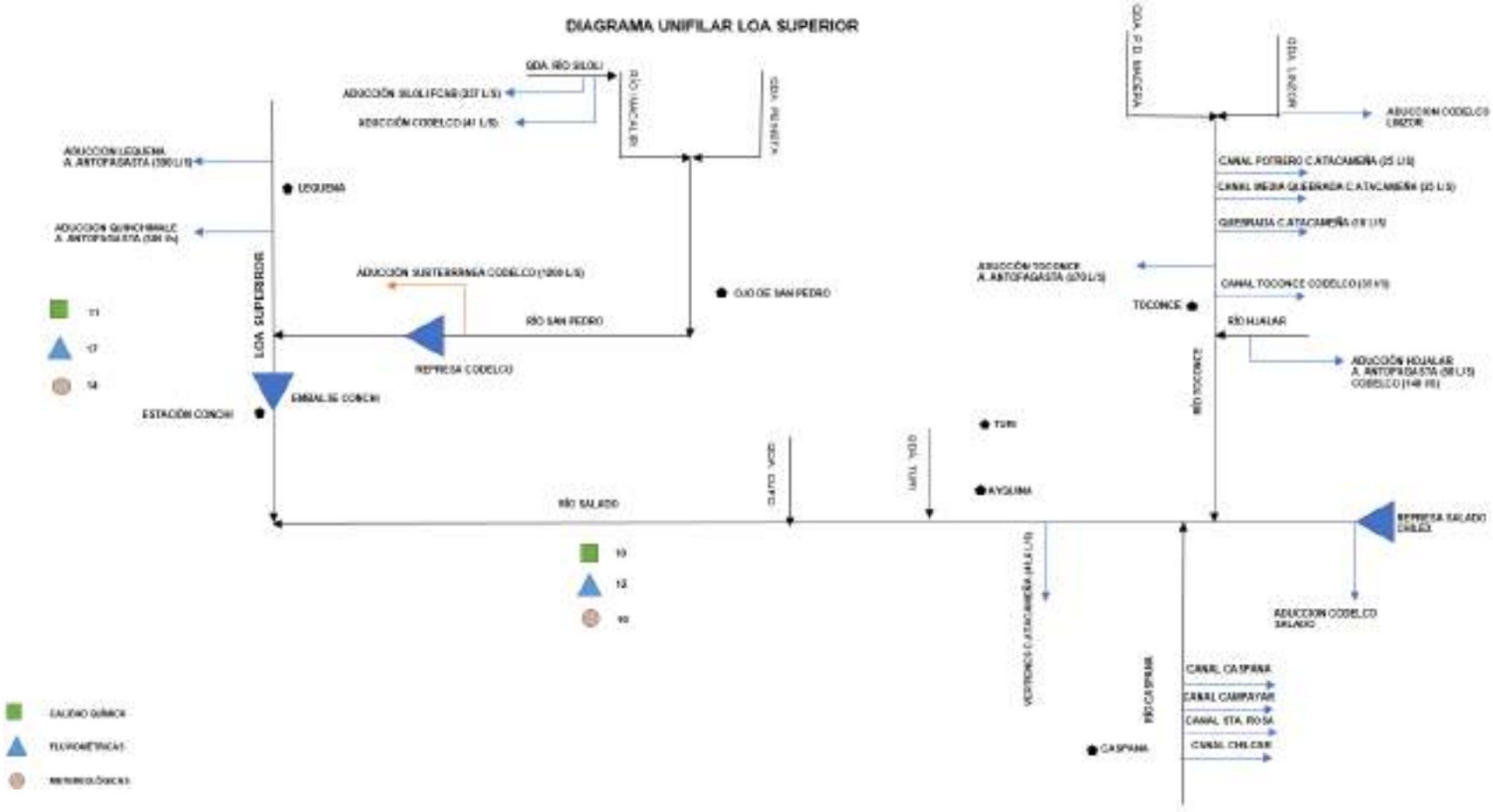


Figura 3.32. Diagrama Unifilar Río Loa (sector superior)

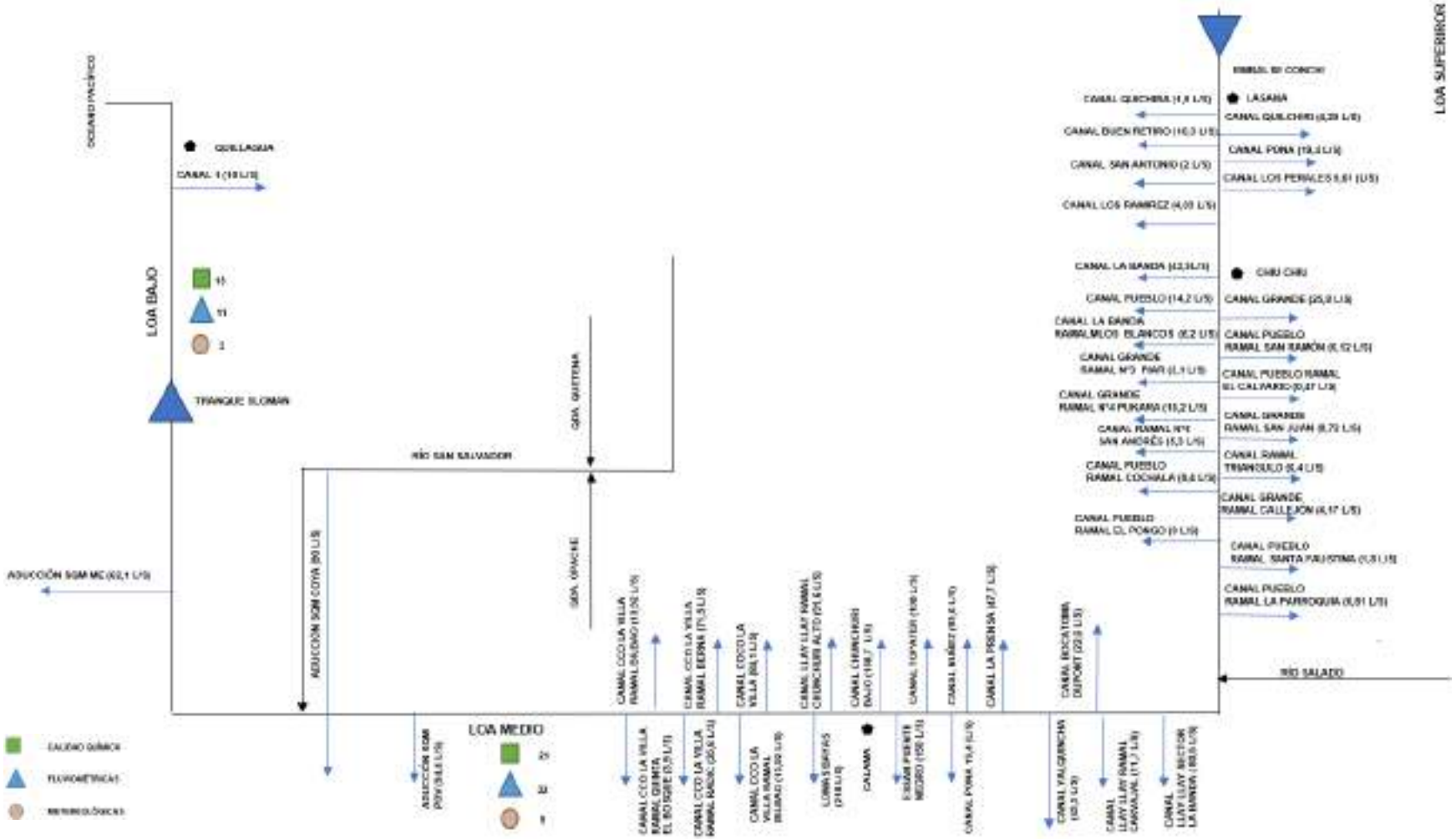


Figura 3.33. Diagrama Unifilar Río Loa (sectores medio y bajo).

Folio005453

3.1.3.1 Estaciones fluviométricas

3.1.3.1.1 Cantidad de estaciones

Es posible decir que la cuenca cuenta con un importante número de estaciones fluviométricas, integrando las que pertenecen a organismos privados y públicos, sin embargo, en este último caso, existe el riesgo de que por motivos de mantención, la estación pierda su condición de vigencia, generando vacíos de información en el tiempo. Esta situación se puede observar en el análisis previo que se realiza por cada estación, dónde existen periodos de tiempo en que las mediciones se ven interrumpidas debido a la situación mencionada.

3.1.3.1.2 Ubicación de las estaciones

En relación con la ubicación de las estaciones mencionadas, cabe destacar que las estaciones se ubican en toda la extensión del río, además de las presentes en los principales tributarios, por lo que se puede concluir que, las estaciones de la DGA se encuentran correctamente distribuidas y las estaciones que posee CODELCO en este caso, son un importante aporte para robustecer la red hidrométrica presente en la cuenca. La zona de la desembocadura también está cubierta con una estación fluviométrica vigente de la DGA.

3.1.3.1.3 Densidad de los datos

A pesar de que existe una buena densidad de estaciones distribuidas a lo largo del cauce principal, hay que destacar más del 60% de estas se encuentran suspendidas, lo que genera una dificultad al momento de realizar un monitoreo más acabado basándose en los datos públicos, sin embargo, el aporte de la base de datos que posee CODELCO es importante, ya que desde el año 2002 a la fecha, en todas sus estaciones, posee una densidad de datos superior al 95%, permitiendo complementar la información histórica que presenta la DGA en su base de datos.

3.1.3.2 Estaciones de calidad de aguas

3.1.3.2.1 Cantidad y Ubicación de las estaciones

En relación con la cantidad de estaciones públicas de calidad de agua, cabe destacar que existe una buena densidad de ellas, sin embargo, sería importante fortalecer las mediciones en el río San Salvador, debido a que este se ve fuertemente presionado debido a las aguas que descarga la empresa Tratacal por medio de Quebrada Quetena. Sin perjuicio de lo anterior, existe una buena continuidad de la información, aunque no en todas las estaciones se han realizado la medición de los mismos parámetros, dificultando el ejercicio de comparación entre estaciones ubicadas en lugares distintos. Al igual que en el caso de la red Fluviométrica, los aportes que realiza el plan de vigilancia ambiental, robustecen la densidad de datos, lo cuál hace posible realizar un buen análisis de estos. La zona de la desembocadura también está cubierta con una estación calidad de aguas

Folio005454

vigente de la DGA, por lo cual no se hace necesario incorporar punto de muestreo en esta zona.

3.1.3.2.2 Parámetros medidos

De manera referencial los parámetros de calidad de aguas se compararon con la Norma Chilena NCh 1.333 Of.78 Modificada en 1987 "Requisitos de Calidad del Agua para diferentes usos" y con los niveles de calidad establecidos en el Decreto Supremo 143/2009, el cual establece las "Normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo".

Estas normas son aplicables a los distintos usos del río, es decir a los distintos servicios ecosistémicos. En particular, el D.S.143 establece los requisitos en los parámetros indicadores de calidad del agua, enfocado en un uso recreativo con contacto directo. Mientras que la norma NCh 1333, además del uso recreativo, establece los requisitos incorporando el uso de agua con fines de riego y para la vida acuática. Los valores establecidos por estas normas para los distintos parámetros de calidad de agua se resumen en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16. Valores establecidos en la NCh1333 Of.78 y Decreto Supremo 143/2009, para los parámetros de calidad de agua analizados

Parámetro		Unidad	Normativa	
			NCh1333 Of78	DS 143/2009
Parámetros *in-situ*	Conductividad eléctrica	mS/cm	0,75 (1)	
	Oxígeno disuelto	mg/L	>5,0 (2)	
	pH	-	5,5 - 9,0 (1)	6,0 - 8,5
			6,0 - 9,0 (2)	
			6,5 - 8,3 (3)	
	Salinidad	g/L		
	Temperatura	°C	30 (3)	
Parámetros fisicoquímicos	Alcalinidad total	mg CaCO3/L	>20 (2)	
	Color verdadero	Pt-Co	ausente (2)	100
			100 (3)	
	Sólidos disueltos totales	mg/L	500 (1)	
	Sólidos sedimentables	mL/L		
	Sólidos totales suspendidos	mg/L		
	Turbidez	NTU		
Nutrientes	Amonio	ug/L		
	Fósforo total	ug/L		
	Nitrato	ug/L		
	Nitrito	ug/L		
	Nitrógeno total kjeldahl	mg/L		
Iones mayoritarios	Calcio total	mg/L		
	Cloruro	mg/L	200 (1)	
	Magnesio total	mg/L		
	Potasio total	mg/L		
	Sílice	mg/L		
	Sodio total	mg/L		
	Sulfato	mg/L	250 (1)	

Folio005455

Parámetro		Unidad	Normativa	
			NCh1333 Of78	DS 143/2009
Metales y metaloides	Aluminio total	mg/L	5,00 (1)	
	Arsénico total	mg/L	0,10 (1)	0,11
	Bario total	mg/L	4,00 (1)	
	Berilio total	mg/L	0,10 (1)	
	Boro total	mg/L	0,75 (1)	
	Cadmio total	mg/L	0,01 (1)	0,033
	Cobalto total	mg/L	0,05 (1)	
	Cobre total	mg/L	0,20 (1)	
	Cromo total	mg/L	0,10 (1)	0,55
	Hierro total	mg/L	5,00 (1)	
	Litio total	mg/L	2,50 (1)	
			0,075 (1*)	
	Manganeso total	mg/L	0,20 (1)	
	Mercurio total	mg/L	0,001 (1)	0,011
	Molibdeno total	mg/L	0,01 (1)	
	Níquel total	mg/L	0,20 (1)	
	Plata total	mg/L	0,20 (1)	
	Plomo total	mg/L	5,00 (1)	0,110
	Selenio total	mg/L	0,02 (1)	
	Vanadio total	mg/L	0,10 (1)	
	Zinc total	mg/L	2,00 (1)	
Parámetros biológicos	Clorofila a	mg/L		
	Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1000 (1,3)	1000
	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L		
Otros parámetros de importancia ambiental	Aceites y grasas	mg/L	15,0 (3*)	
	Cianuro	mg/L	0,20 (1)	0,77
	Demanda química de oxígeno	mg/L		
	Fluoruro	mg/L	1,00 (1)	
	Hidrocarburos totales	mg/L		

Las estaciones monitoreadas por Codelco miden parámetros de calidad de aguas en el río Loa y sus afluentes principales. Las características físico química de las aguas superficiales del río Loa son monitoreadas mensualmente, en los siguientes parámetros: pH, Conductividad, Al, As, HCO3, B, Br, Cd, Ca, CO3, Zn, Cl, Cu, Cr, F, PO4, Fe, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, NH4, NO3, Pb, K, Si, Na, STD, SO4, Aceites y Grasas, Coliformes Totales, Detergentes, DBO5, DQO, HTC, S, SS, ST, Turbiedad. Cabe señalar que todos los metales corresponden a la fracción total. (Codelco, 2018).

Por su parte, en las estaciones de calidad de aguas de la DGA, se miden con frecuencia semestral a trimestral, los siguientes parámetros: Conductividad eléctrica, Temperatura, concentraciones de bicarbotatos, boro, carbonatos, Cloruros, Sulfatos, Nitratos, Fosfatos, Arsénico, Cobre, Manganeso, Cadmio, Mercurio, Niquel, Cromo, Plomo Zinc y demanda química de O_2. Sin embargo, no se tiene la totalidad de estos análisis en todas las estaciones, los cual hace más completa la estadística de las estaciones de Codelco.

Folio005456

Un detalle importante es que la DGA en las mediciones de calidad de agua no presenta el parámetro de DBO_5, el cual indica el aporte orgánico que recibe el cuerpo fluvial, lo que potencia el efecto de eutrificación de sus aguas, lo que afecta el hábitat de las especies que se sustentan de los servicios ecosistémicos que presta el río Loa.

3.1.3.2.3 Análisis de los datos recopilados

A continuación, se muestran algunos de los análisis realizados por Codelco, en función de los resultados de los monitoreos en las estaciones epecificadas en la Tabla 3.15.

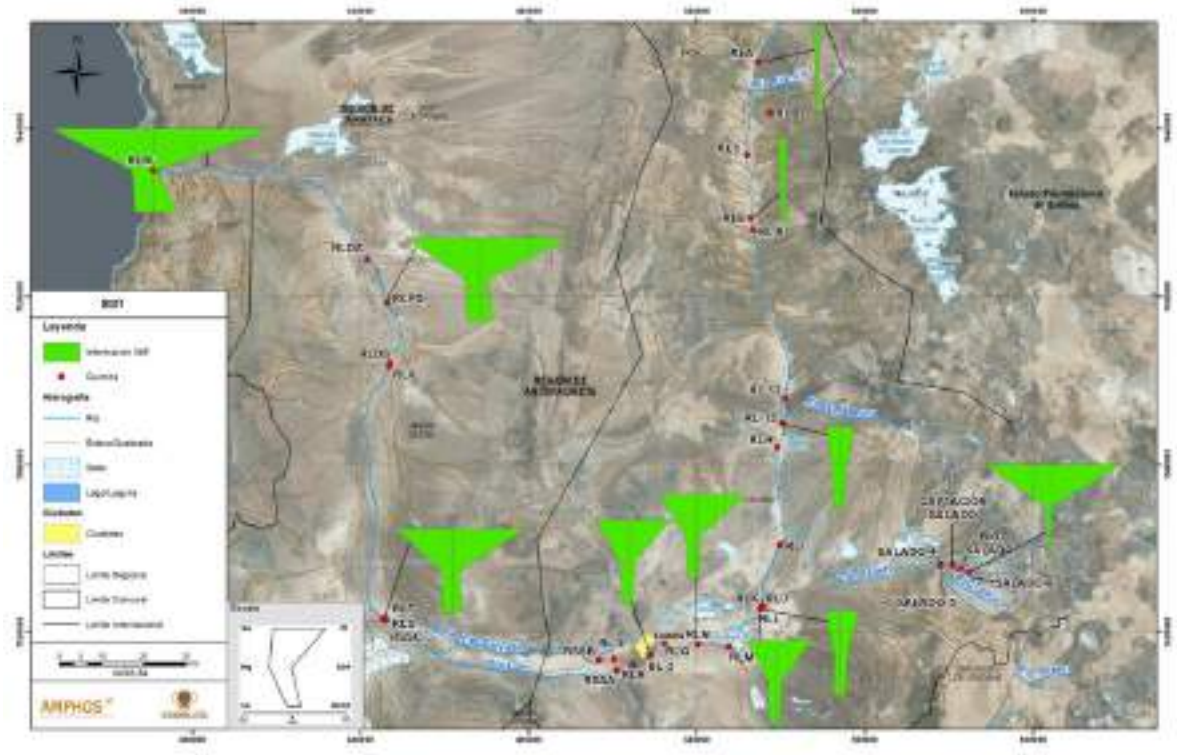


Figura 3.34. Diagramas de Stiff en miliequivalentes representativos de la zona de estudio (Codelco, 2018)

Los diagramas de Stiff (Figura 3.34) y de Piper (Figura 3.35) muestran que la química del agua del río Loa en su cabecera tiene características Sulfatadas/Cloruradas Magnésico-Sódicas y que el río Salado tiene un control directo en la calidad del agua del cauce del río Loa. Su aporte de aguas cargadas en cloruro produce que, a partir de la confluencia de los dos ríos, el río Loa tome un carácter químico Clorurado Sódico. Se ha considerado que, por las características composicionales del agua del río salado, realizar la descripción en diagramas de cajas y bigotes (Figura 3.36 a Figura 3.39) para el Sulfato, Cloruro, Boro y Arsénico, es una buena manera de correlacionar las diferentes variables que influyen en la calidad del agua. En el caso del sulfato, la concentración se mantiene estable en torno a los 200 mg/l a lo largo del río Loa. Es posterior a la confluencia del río Loa con el San Salvador cuando se observa un aumento en la concentración, de 900 mg/l en la estación RLV y 1.180 en la estación RLW en la desembocadura del río Loa. Se interpreta que los

Folio005457

aportes de sulfato pueden proceder directamente de la ciudad de Calama al recibir en la quebrada de Quetena sus aguas residuales domésticas tratadas. Para el cloruro se observa un caso similar al anterior, cerca del naciente del Loa las aguas tienen una carga de sales baja, características de aguas frescas. La concentración se ve claramente afectada por el aporte del río Salado, con concentraciones que pueden ir de 800 a 3.000 mg/l. Además de los aportes de Cloruros por el río Salado, los riegos en la ciudad de Calama también contribuyen a su aumento, por lo cual a medida que avanza el cauce del Loa, se va enriqueciendo. Por último, en el caso del Boro y del Arsénico, se han tratado al mismo nivel ya que ambos comparten un origen hidrotermal. Se observa claramente en los gráficos de cajas y bigotes (Figura 3.36 a Figura 3.39), donde a partir de la estación RLK, las concentraciones aumentan significativamente en el río Loa. Además, la química de los puntos en el río Salado muestra para el Boro concentraciones cuyas medianas son de unos 50 mg/l en estación Río Salado y para el Arsénico concentraciones medianas de entre 7 mg/l y 17 mg/l para las estaciones Salado-5 y Salado-6 respectivamente. (Codelco, 2018).

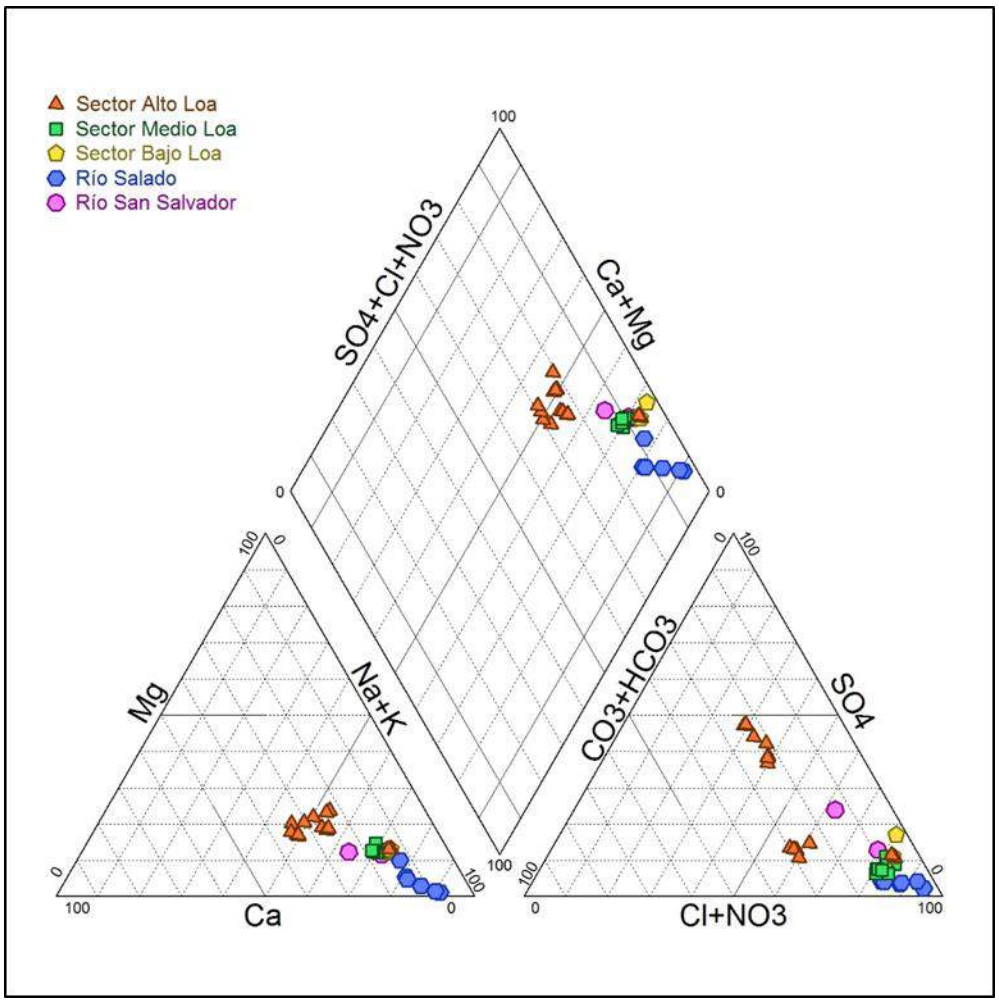


Figura 3.35. Diagrama de Piper con las muestras del río Loa. Salado y San Salvador (Codelco, 2018)

Folio005458

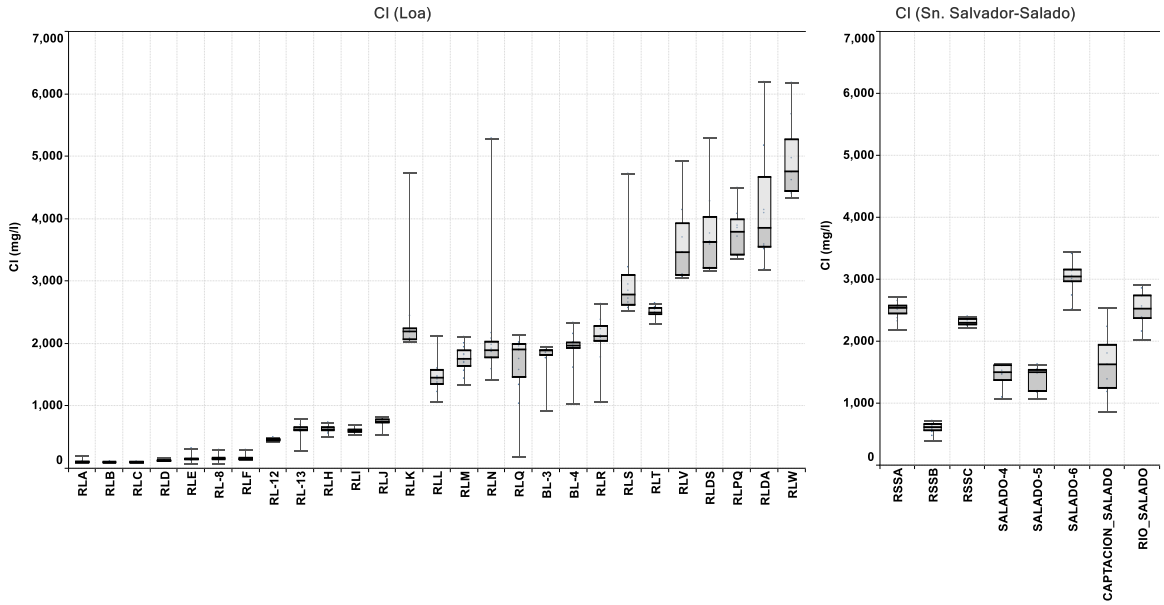


Figura 3.36. Gráfico de cajas y bigotes de cloruro a lo largo del cauce de los ríos Loa. Salado y San Salvador (Codelco, 2018)

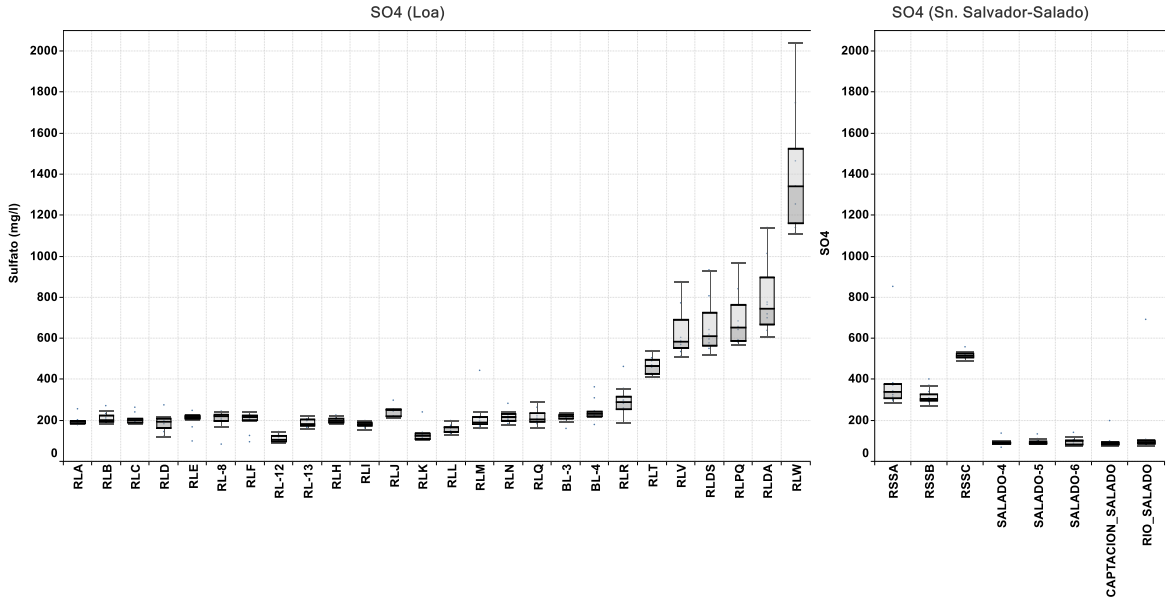


Figura 3.37. Gráfico de cajas y bigotes de sulfato a lo largo del cauce de los ríos Loa (gráfico izquierdo), y Salado - San Salvador (gráfico derecho). (Codelco, 2018)

Folio005459

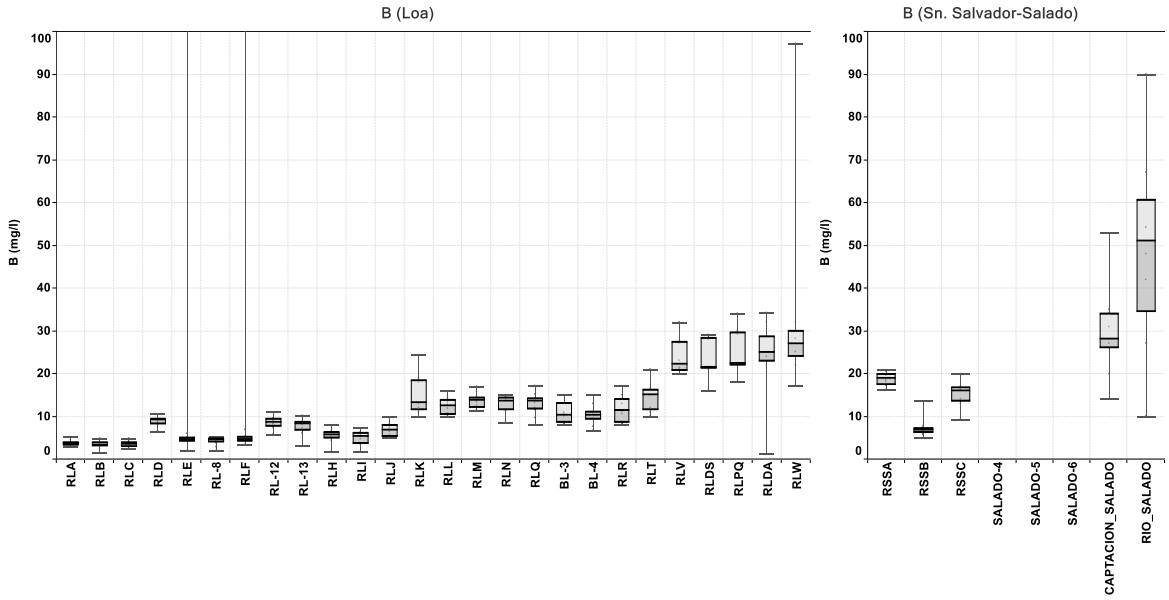


Figura 3.38. Gráfico de cajas y bigotes de boro a lo largo del cauce de los ríos Loa (gráfico izquierdo), y Salado - San Salvador (gráfico derecho) (Codelco, 2018)

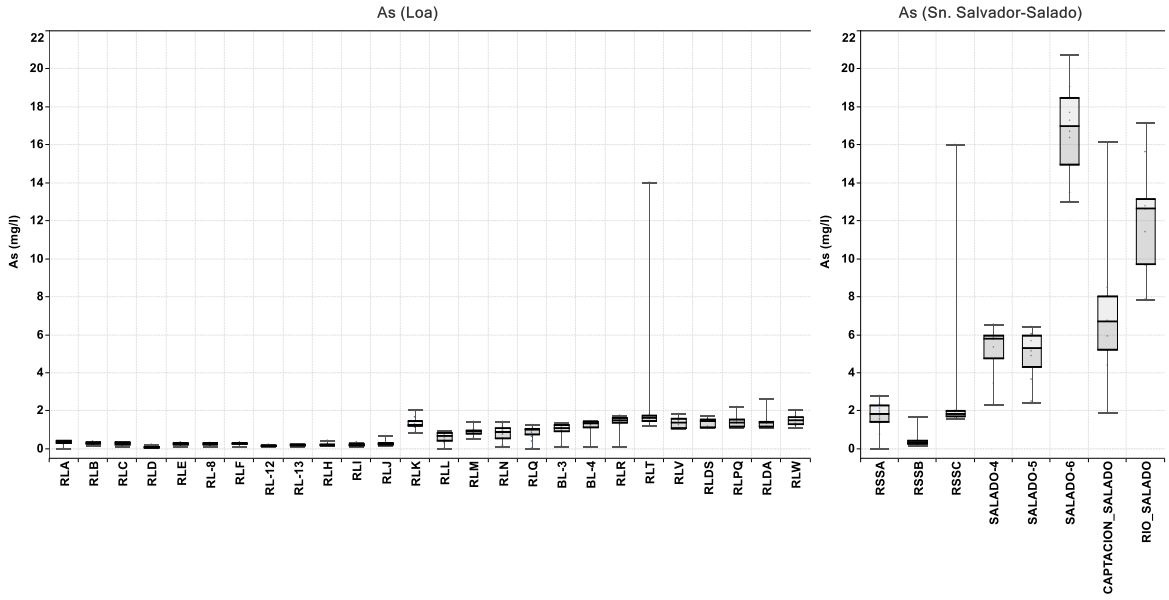


Figura 3.39. Gráfico de cajas y bigotes de arsénico a lo largo del cauce de los ríos Loa (gráfico izquierdo), y Salado - San Salvador (gráfico derecho). (Codelco, 2018)

Folio005460

3.1.4 Recursos hídricos en la cuenca

En este capítulo se abordará la oferta del recurso hídrico, asociado a las recargas que posee la cuenca, versus la integración de la demanda presentada por los diversos usos que se le da al recurso. Finalmente se contrastará esta información con los registros de la DGA y bienes raíces relativos a los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas, de uso consuntivo y no consuntivo.

3.1.4.1 Oferta

En relación con la oferta del recurso hídrico, se deben analizar las principales entradas al sistema de la cuenca, de modo de cuantificar estos aportes. Con datos del plan estratégico de recursos hídricos, elaborado por Arrau Ingenieros para la DGA en 2012, se puede realizar un análisis preliminar. Por otro lado, se tiene un estudio más reciente (Knight Piésold, 2014), en el cual se expone lo siguiente:

El caudal principal del río Loa se origina mayoritariamente por afloramientos de agua subterránea en la parte alta y en su trayectoria hacia el Océano Pacífico recibe los afluentes San Pedro, Salado y San Salvador. La última estimación de oferta hídrica en la cuenca del río Loa se realizó el año 2014, considerando la escorrentía total y el comportamiento en la cuenca hidrogeológica de Calama. En la Tabla 3.17 se muestra la estimación de escorrentía, y valores calculados en estudios anteriores. En la Tabla 3.18 se presentan las entradas al sistema acuífero de Calama.

Tabla 3.17. Oferta estimada en la cuenca del río Loa. Fuente: Knight Piésold, 2014.

Usuario	Escorrentía Total (L/s)		
	DGA 2003	DPEGHR[1]	KP 2014
Loa alto	5.310	3.690	4.500
Loa medio	1.110	1.110	1.010
Loa bajo	0	0	0
TOTAL	6.420	4.800	5.510

[1] "Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los recursos hídricos, Región de Antofagasta" (Arrau-DGA, 2012)

Folio005461

Tabla 3.18. Entradas a Sistema Acuífero de Calama. Fuente: Knight Piésold, 2014.

Ítem	Caudal (l/s)
Caudal Subterráneo	855
Infiltración Tranque Talabre	20
Infiltración Riego	76
Infiltración Agua Potable	50
Pérdida Ríos/ Aporte Acuífero	388
Recarga por Precipitación	61
Total Entradas	1.450

3.1.4.2 Demanda

A nivel nacional la minería en conjunto con otros usos industriales, representan un gasto hídrico aproximado de un 21% mientras que la agricultura representa un valor superior al 70 % (MMA 2012). El contexto regional difiere de estos valores, particularmente en el caso de la cuenca del río Loa, el sector minero representa una demanda cercana al 60% tal como se observa en la Tabla 3.19. Por otra parte, según lo registrado por el análisis integrado de la cuenca del río Loa, realizado por la DGA en 2014, las demandas de aguas subterráneas devienen principalmente del sector minero con un 80%, seguido por el sector sanitario y otros usos con un 20%.

Tabla 3.19. Balance demanda oferta-hídrica en la cuenca del río Loa. Adaptado de Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. Arrau Ingenieros Consultores. 2012.

Ítem	Caudal (m^3/s)
Oferta	4,8
Demanda Agrícola	0,51
Demanda Agua Potable	1,09
Demanda Minera	2,76
Evaporación Cuerpos de Agua	1,59
Caudal en Desembocadura	0,29

En relación a la demanda subterránea de las aguas, el estudio “Análisis integrado río Loa, Región de Antofagasta “, realizado por Knigth Piésold para la DGA en 2014, menciona que el mayor usuario de aguas subterráneas es CODELCO, seguido de otras empresas mineras y finalmente el sector sanitario, sumando una cifra importante de 3,79 $m^3 s^{-1}$ (Tabla 3.20).

Folio005462

Tabla 3.20. Derechos de aguas subterráneos otorgados de extracción de aguas subterráneas en la cuenca del río Loa. DGA 2014

Usuario	Caudal Otorgado (m^3/s)
Particulares	0,002
Empresas Sanitarias	0,36
Empresas No Mineras	0,36
CODELCO	2,17
Otras Mineras	0,9
TOTAL	3,79

3.1.4.3 Derechos otorgados

A continuación, en la Tabla 3.21, se presentan los registros que posee la Dirección General de Aguas en relación a los Derechos consuntivos de Aprovechamiento de Aguas superficiales otorgados en la cuenca del río Loa y sus tributarios, en la Tabla 3.22 de las correspondientes a las comunidades de agua de Lasana, Chiu Chiu, Calama, y Quillagua.

Folio005463

Tabla 3.21. Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales (consuntivos) otorgados en la cuenca del río Loa y sus tributarios (DGA)

Nombre Titular	Caudal Otorgado (L/s)	UTM Norte	UTM Este	Captación	Fecha de inscripción	Tipo de derecho
Porfirio Vega	25	7630220	390850	Río Loa	29-05-1985	Permanente
Sendos	0,9	7527500	584450	Río Caspana	17-03-1987	Permanente
Codelco	41	7564400	596800	Río Siloli	22-03-1990	Permanente
Soquimich S.A.	10	7523556	445851	Río San Salvador	27-05-2008	Eventual
Soquimich S.A.	54	7517941	454504	Río Loa	15-06-2005	Eventual
Soquimich S.A.	0,04	7528705	441927	Río Loa	15-06-2005	Eventual
Soquimich S.A.	190	7523486	445802,5	Río San Salvador	01-12-1999	Eventual
Sendos	50	7542494	602620	Río Linzor	12-12-1985	Permanente
Sendos	470	7537030	587686	Río Toconce	11-12-1985	Permanente
Sendos	300	7578127,21	541526,55	Río Loa Arriba Embalse Conchi	19-02-1985	Permanente
Sendos	550	7616787	536098	Río Loa Lequena	11-12-1985	Permanente
Sendos	140	7540910	600973	Hojalar Norte	28-03-1985	Permanente
Matilde López	10	7599400	446330	Río Loa (Quillagua)	02-11-1987	Permanente
Ferrocarril Antofagasta a Bolivia	7,87	7678070	563860	Aguada de Puquios	31-07-1995	Permanente
Ferrocarril Antofagasta a Bolivia	2,07	7597925	551730	Aguada Palpana	31-07-1995	Permanente
Ferrocarril Antofagasta a Bolivia	16,22	7596920	557670	Vertiente Turberas	31-07-1995	Permanente
Ferrocarril Antofagasta a Bolivia	18,25	7656230	568195	Quebrada Amincha	31-07-1995	Permanente
Ferrocarril Antofagasta a Bolivia	12,58	7614515	565885	Quebrada Cebollar	31-07-1995	Permanente
Ferrocarril Antofagasta a Bolivia	0,39	7595800	558400	Quebrada Polapi	31-07-1995	Permanente
Comunidad Atacameña de Cupo y Ayquina Turi	1,1	7551440	575760	Vertiente Panire	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Cupo y Ayquina Turi	2,8	7551010	575500	Vertiente Socavón de Panire	15-04-1997	Permanente

Nombre Titular	Caudal Otorgado (L/s)	UTM Norte	UTM Este	Captación	Fecha de inscripción	Tipo de derecho
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	0	7541000	574030	Vertiente Turi	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	5,5	7536450	570270	San Isidro	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	3	7536480	570170	Vertiente Koyer	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	2,6	7536500	570400	Vertiente Kolo	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	0,2	7536500	570130	Vertiente Yauquén	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	7,2	7536000	572000	Vertiente Chañaral	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	4,6	7536060	571780	Vertiente Arcipe	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	12	7535930	572725	Vertiente Taka Taka	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	5,1	7535860	572725	vertiente Koyna	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	3,7	7536035	573530	Vertiente Kiruna	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	1,4	7536480	570340	Vertiente Chiber 1	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	0,1	7536480	570380	Vertiente Chiber 2	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	0,1	7536240	569520	Vertiente la Punta	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	0,1	7536250	569460	Vertiente El Medio	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	0,1	7536220	569600	Vertiente Luckcher	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Conchi Viejo	0,3	7572480	528270	Conchi Viejo	16-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Toconce	30	7537350	587540	Río Toconce (entrega ESSAN)	16-01-2003	Permanente
Comunidad Atacameña de Toconce	10	7537900	592750	Río Toconce Media Quebrada	16-01-2003	Permanente
Comunidad Atacameña de Toconce	25	7538430	593450	Río Toconce El Potrero	16-01-2003	Permanente
Comunidad Atacameña de Toconce	35	7537560	592090	Río Toconce Patillón	16-01-2003	Permanente
Comunidad Atacameña de Cupo	10,2	7566160	571170	Cupo en Bocatoma Canal	15-04-1997	Permanente
Comunidad Atacameña de Cupo	6,8	7555250	570920	Cupo en camino	15-04-1997	Permanente
Ricardo Gómez Morales	50	7629028	414033	Río Loa	15-06-2005	Eventual

Nombre Titular	Caudal Otorgado (L/s)	UTM Norte	UTM Este	Captación	Fecha de inscripción	Tipo de derecho
Benjamín Gómez Mamani	30	7511622	503528	Vertiente La Cascada	29-12-1999	Permanente
Comunidad Atacameña de Caspana	14	7530250	581250	Río Caspana	29-07-2005	Permanente
Comunidad Atacameña de Caspana	14	7530750	584	Vertiente Talicuna	29-07-2005	Permanente
Comunidad Atacameña de Caspana	3	7521300	585150	Vertiente Chita 1	29-07-2005	Permanente
Comunidad Atacameña de Caspana	3	7521150	585200	Vertiente Chita 2	29-07-2005	Permanente
Comunidad Atacameña de Caspana	0,1	7521400	584700	Vertiente Ojos de Chita	29-07-2005	Permanente
Comunidad Atacameña de Caspana	6	7521550	523300	Vertiente Ingahuasi	29-07-2005	Permanente
Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	119	7541900	574030	Vertiente Turi	18-04-2007	Permanente
Comunidad Atacameña de Caspana	2,5	7526506,39	603966,31	Quebrada Zoquete	02-02-2011	Permanente
Compañía Sudamericana de Explosivos	6	7513428	506779	Río Loa, sector Dupont	17-10-1935	Permanente
Matias Villada Palacios	10	7560051	597239	Cabana	01-01-1956	Permanente
Ferrocarril Antofagasta a Bolivia	237	7565840	600445	Siloli	11-06-1906	Permanente
Soquimich S.A.	94,4			Río Loa		Permanente
Soquimich S.A.	62,1			Río Loa		Permanente
Soquimich S.A.	90			Río San Salvador		Permanente
Codelco	25			Río Toconce	06-12-1921	Permanente
Codelco	10			Río Toconce	09-02-1925	Permanente
Codelco	50			Río Hojalar	13-12-1961	Permanente
Codelco	90			Río Hojalar	13-12-1961	Permanente
Compañía Minera Xstrata Lomas Bayas	41,0			Río Loa	26-03-1996	Permanente
Compañía Minera Xstrata Lomas Bayas	9,1			Río Loa	02-11-1995	Permanente
Compañía Minera Xstrata Lomas Bayas	6,8			Río Loa	02-11-1995	Permanente
Compañía Minera Xstrata Lomas Bayas	9,1			Río Loa	02-11-1995	Permanente

Nombre Titular	Caudal Otorgado (L/s)	UTM Norte	UTM Este	Captación	Fecha de inscripción	Tipo de derecho
Compañía Minera Xstrata Lomas Bayas	7,3			Río Loa	02-11-1995	Permanente
Compañía Minera Xstrata Lomas Bayas	7,3			Río Loa	02-11-1995	Permanente
Compañía Minera Xstrata Lomas Bayas	7,3			Río Loa	02-11-1995	Permanente
Compañía Minera Xstrata Lomas Bayas	4,1			Río Loa	02-11-1995	Permanente

Tabla 3.22 Derechos de aguas consuntivo para las comunidades de agua de Lasana, Chiu Chiu, Calama y Quillagüa (DGA).

Usuario	Sector	Volumen m3/año	Observaciones
C. de A. Canal Quilchiri de Lasana	Lasana	137332	Distribución mensual según sector Lasana, Chiu-Chiu
C. de A. Canal Quichira de Lasana	Lasana	62550	
C. de A. Canal Buen Retiro de Lasana	Lasana	326928	
C. de A. Canal San Antonio de Lasana	Lasana	65052	
C. de A. Canal Los Ramirez de Lasana	Lasana	127324	
C. de A. Canal Pona de Lasana	Lasana	613824	
C. de A. Canal Los Perales de Lasana	Lasana	177086	
C. de A. Canal Grande de Lasana y Chiu Chiu	Lasana y Chiu-Chiu	822602	
C. de A. Canal La Banda de Lasana y Chiu Chiu	Lasana y Chiu-Chiu	1384718	
C. de A. Canal La Banda Ramal Los Blancos de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	196824	
C. de A. Canal El Pueblo de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	442576	
C. de A. Canal Grande Ramal N° 3 Piar de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	98134	
C. de A. Canal Grande Ramal N° 4 Pukara de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	575738	
C. de A. Canal Grande Ramal N° 6 San Andrés de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	168190	
C. de A. Canal Grande Ramal Callejon de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	131772	
C. de A. Canal Grande Ramal Triangulo de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	204608	
C. de A. Canal Grande Ramal San Juan de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	275220	
C. de A. Canal El Pueblo Ramal El Calvario de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	15012	
C. de A. Canal El Pueblo Ramal Cochala de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	12788	
C. de A. Canal El Pueblo Ramal San Ramón de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	193210	
C. de A. Canal El Pueblo Ramal la Parroquia de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	25854	
C. de A. Canal El Pueblo Ramal Santa Faustina de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	58936	
C. de A. Canal El Pueblo Ramal El Pongo de Chiu Chiu	Chiu-Chiu	285784	
C. de A. Canal Chunchurri Bajo	Calama	4923486	Distribución mensual según sector Calama
C. de A. Canal Lay Lay Ramal Chunchurri Alto	Calama	2891525	

Usuario	Sector	Volumen m3/año	Observaciones
C. de A. Canal Bocatoma Dupont de Calama	Calama	713482	
C. de A. Canal La Prensa	Calama	1004500	
C. de A. Canal Nuñez	Calama	3171350	
C. de A. Canal Topater	Calama	3410134	
C. de A. Canal Chañar	Calama	1586249	
C. de A. Canal Tronco	Calama	803600	
C. de A. Canal Yalquincha	Calama	1435000	
C. de A. Canal Lay Lay Ramal Carvajal	Calama	881664	
C. de A. Canal Lay Lay Sector La Banda	Calama	2513546	
C. de A. Canal Coco La Villa	Calama	2623754	
C. de A. Canal Coco La Villa Ramal Berna	Calama	2720186	
C. de A. Canal Coco La Villa Ramal Quinta El Bosque	Calama	125993	
C. de A. Canal Coco La Villa Ramal Radic	Calama	1131067	
C. de A. Canal Coco La Villa Ramal Bilbao	Calama	467810	
C. de A. Canal Coco La Villa Ramal Tambores	Calama	997325	
C. de A. Canal Uno de Quillagua	Quillagua	3281640	Sin distribución mensual
C. de A. Canal Dos de Quillagua	Quillagua	1263784	

Folio005469

Figura 3.40. Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales (consuntivos) otorgados en la Cuenca del río Loa. Datos expresados en l/s.

Folio005470

3.1.5 Caracterización socio productiva de la cuenca

3.1.5.1 Población

Según el último censo de población realizado por el INE en 2017, la población regional en la región de Antofagasta alcanza los 607.534 habitantes correspondiendo al 3,4% de la población nacional. La población ha presentado una variación de un 8,1 % desde el censo del 2002 registrado por el INE donde la cantidad de habitantes que presentaba la región era de 493.984. En tanto a las comunas presentes en el área de estudio, considerando un periodo de tiempo de 27 años desde el censo 1992 al último en 2017, las comunas que más variaron en la cantidad de habitantes fueron María Elena, con una disminución del 52% en su población, y Ollagüe con una disminución del 38%. Por otra parte, en Calama y Tocopilla la población aumentó en un 27% y 1,8% respectivamente según los datos del censo 2017 en relación al de 1992.

Tabla 3.23. Variación poblacional desde el censo de poblaciones de 1992 al 2017 (INE).

Comuna	Población 1992	Población 2002	Población 2017	Varición 1992-2017
Maria Elena	13660	7530	6457	-52%
Tocopilla	24985	23986	25186	1,80%
Calama	121807	138402	165731	27%
Ollagüe	443	318	275	-38%

Según los datos del Censo de población 2017, la comuna de Calama posee una población total de 165.731 habitantes, mientras que la comuna de María Elena presenta una población total de 6.457 habitantes. En ambas comunas la población de mujeres supera a la población masculina, tal como se presenta en las Figura 3.41 y Figura 3.42. En ambas comunas el grupo etario que predomina, son las personas de 0 a 59 años.

Folio005471

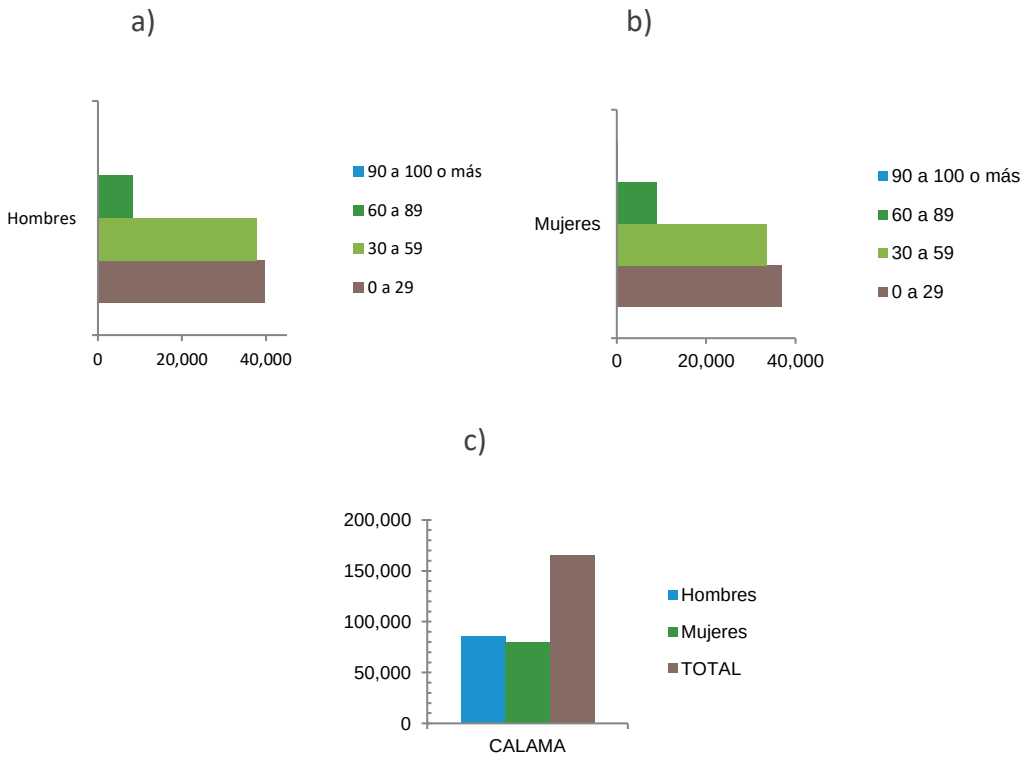


Figura 3.41. Población de Calama. a) Hombres según grupo etario. b) Mujeres según grupo etario. c) Total de habitantes de Calama

Folio005472

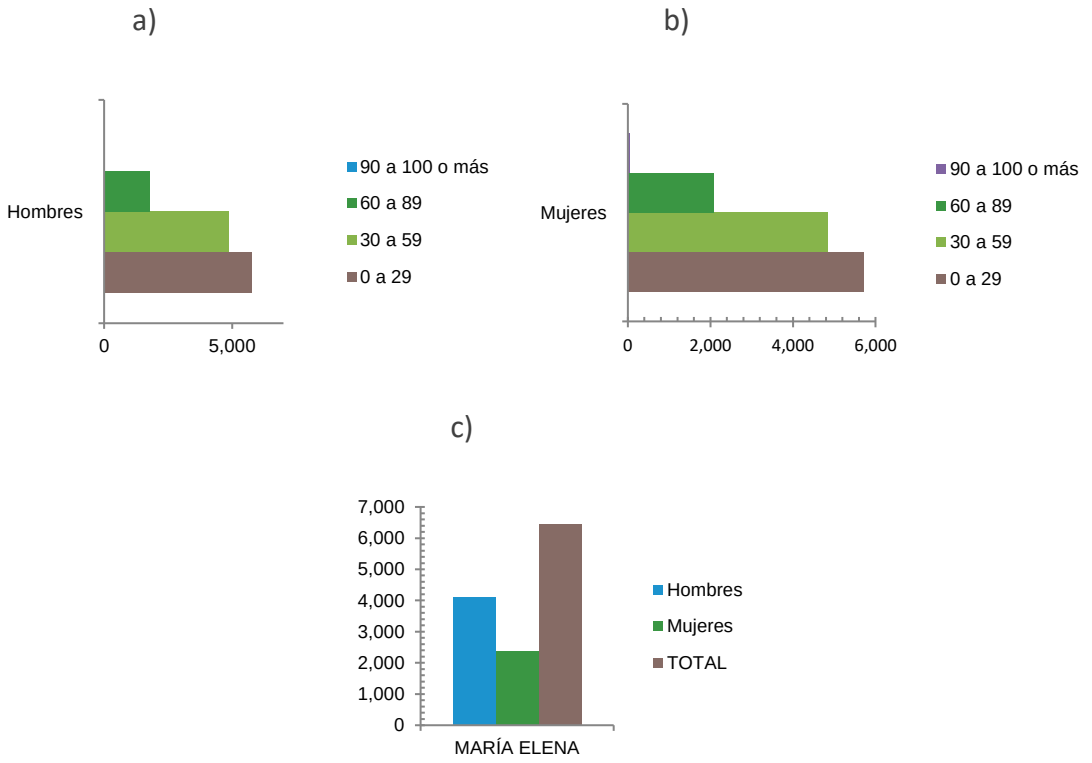


Figura 3.42. Población de María Elena. a) Hombres según grupo etario. b) Mujeres según grupo etario. c) Total de habitantes de María Elena

3.1.5.2 Nivel educacional

En cuanto al nivel educacional, según datos recopilados del último censo de poblaciones se observa que a nivel regional la mayor parte de la población señala que su último nivel escolar aprobado corresponde a la enseñanza media de tipo científico humanista alcanzando valores cercanos al 25%, mientras que un 22% señala que su último nivel de enseñanza aprobado corresponde a educación básica. El mismo patrón se repite en las comunas de Calama, y María Elena mientras que, en las comunas de Ollagüe y Tocopilla, la mayor parte de sus habitantes señalan que el último nivel escolar aprobado es la educación básica, con valores cercanos al 30%, tal como se observa en la Tabla 3.24.

Folio005473

Tabla 3.24. Último nivel escolar aprobado a nivel regional y comunal. INE 2017.

Nivel del curso más alto aprobado	Región		Calama		Ollagüe		Tocopilla		María Elena	
Sala cuna o jardín infantil	15229	2,70%	3849	2,50%	9	3,10%	764	3,30%	100	1,60%
Prekínder	8276	1,50%	2178	1,40%	3	1,00%	456	2,00%	53	0,90%
Kínder	13215	2,30%	3610	2,40%	5	1,70%	703	3,00%	112	1,80%
Especial o diferencial	2115	0,40%	584	0,40%	-	-	145	0,60%	2	0,00%
Educación básica	124812	22,10%	35342	23,40%	90	30,60%	6 653	28,50%	1 268	20,50%
Primaria o preparatoria (sistema antiguo)	9650	1,70%	2165	1,40%	6	2,00%	664	2,80%	57	0,90%
Científico-humanista	143032	25,30%	41401	27,40%	70	23,80%	6 511	27,90%	1 852	29,90%
Técnica profesional	91434	16,20%	24017	15,90%	47	16,00%	3 700	15,90%	1 294	20,90%
Humanidades (sistema antiguo)	8624	1,50%	1795	1,20%	2	0,70%	459	2,00%	65	1,10%
Técnica comercial, industrial/normalista (sistema antiguo)	4 368	0,80%	971	0,60%			150	0,60%	14	0,20%
Técnico superior (1-3 años)	47 194	8,40%	13 498	8,90%	25	8,50%	1 285	5,50%	532	8,60%
Profesional (4 o más años)	90 268	16,00%	20 699	13,70%	34	11,60%	1 764	7,60%	791	12,80%
Magíster	5 559	1,00%	1 128	0,70%	3	1,00%	49	0,20%	45	0,70%
Doctorado	926	0,20%	115	0,10%			6	0,00%	2	0,00%
Total	564 702	100,00%	151 352	100,00%	294	100,00%	23 309	100,00%	6 187	100,00%

3.1.5.3 Salud

Se revisaron los principales indicadores de salud que presentó en su informe de 2015 el Departamento de estadísticas e información de salud del Ministerio de Salud. Al comparar las principales causas de mortalidad de la población a nivel regional y nacional, se observa que la región de Antofagasta presenta los valores más altos del territorio chileno en relación con muertes causadas por cáncer (Neoplasias), alcanzando un 29,5% y siendo la principal causa de muerte de la región. En tanto a nivel nacional la principal causa de muerte de la población se relaciona con enfermedades cardiovasculares con un 27,1%, seguida por el cáncer con un 26%, tal como se observa en la Figura 3.43a).

Folio005474

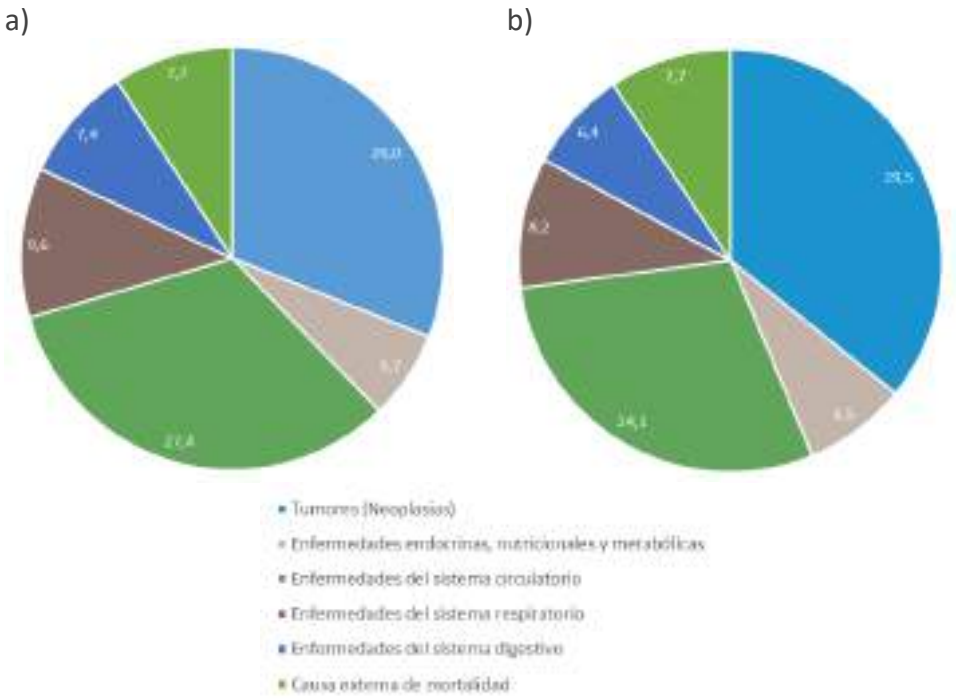


Figura 3.43. Causas de muertes por grandes grupos. a) Indicador a nivel nacional b) Indicador a nivel regional. Adaptado de indicadores básicos de salud, Ministerio de Salud 2015

3.1.5.4 Ocupación

En relación con la rama de actividad económica a nivel regional, la ocupación que predomina es el Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas, representando a un 13,1% de la población, seguido con un 12,3 % de Explotación de minas y canteras. El mismo patrón se repite para las comunas de Calama y Tocopilla, mientras que en la comuna de Ollagüe la principal rama de actividad corresponde a Administración pública y defensa; planes de seguridad alcanzando un valor de 23, 2 %, seguidamente con un 19,3%, la construcción representa a la segunda rama de actividad predominante para la comuna. En el caso de María Elena, la mayor cantidad de ocupados se encuentran en el sector de Comercio con un 13,6% y le sigue el sector de Transporte y almacenamiento con un 7,8%, según los datos del Censo de poblaciones 2017, tal como se observa en la Tabla 3.25.

Folio005475

Tabla 3.25. Rama o actividad económica a nivel regional y comunal, abarcando las comunas que se encuentran dentro de los dominios de la cuenca del río Loa. Adaptado de Censo de población y vivienda 2017

Nivel del curso más alto aprobado	Región		Calama		Ollagüe		Tocopilla		María Elena	
A Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	2716	1,00%	366	0,50%	-	-	8	0,20%	469	4,80%
B Explotación de minas y canteras	3513	12,30%	9314	12,20%	25	12,10%	997	24,40%	488	5,00%
C Industrias manufactureras	14991	5,20%	3764	4,90%	2	1,00%	189	4,60%	546	5,50%
D Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	1522	0,50%	201	0,30%			50	1,20%	257	2,60%
E Suministro de agua; evacuación de aguas residuales, gestión de desechos y descontaminación	1497	0,50%	295	0,40%	1	0,50%	29	0,70%	51	0,50%
F Construcción	24773	8,70%	7218	9,50%	40	19,30%	513	12,60%	703	7,10%
G Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	37 62	13,10%	9933	13,10%	3	1,40%	250	6,10%	1341	13,60%
H Transporte y almacenamiento	20970	7,30%	5486	7,20%	8	3,90%	285	7,00%	767	7,80%
I Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	13360	4,70%	3591	4,70%	7	3,40%	245	6,00%	496	5,00%
J Información y comunicaciones	2905	1,00%	691	0,90%	7	3,40%	34	0,80%	51	0,50%
K Actividades financieras y de seguros	2540	0,90%	597	0,80%	-	-	9	0,20%	61	0,60%
L Actividades inmobiliarias	929	0,30%	149	0,20%	-	-	1	0,00%	7	0,10%
M Actividades profesionales, científicas y técnicas	9387	3,30%	2436	3,20%	7	3,40%	112	2,70%	193	2,00%
N Actividades de servicios administrativos y de apoyo	16054	5,60%	4143	5,40%	7	3,40%	298	7,30%	558	5,70%
O Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	11669	4,10%	2328	3,10%	48	23,20%	74	1,80%	499	5,10%
P Enseñanza	15145	5,30%	3200	4,20%	12	5,80%	125	3,10%	703	7,10%

Nivel del curso más alto aprobado	Región		Calama		Ollagüe		Tocopilla		María Elena	
Q Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	11049	3,90%	2749	3,60%	1	0,50%	68	1,70%	323	3,30%
R Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas	2085	0,70%	428	0,60%	2	1,00%	14	0,30%	53	0,50%
S Otras actividades de servicios	4799	1,70%	1149	1,50%	4	1,90%	15	0,40%	135	1,40%
T Actividades de los hogares como empleadores; actividades no diferenciadas de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio	-	-	1535	2,00%	-	-	10	0,20%	206	2,10%
Z Rama no declarada	51183	17,90%	16478	21,70%	33	15,90%	761	18,60%	1932	19,60%
Total	211087	100%	76051	100%	207	100%	4087	100%	9839	100%

Folio005477

3.1.6 Sectores productivos

Considerando al total de empresas (es decir, incluyendo a aquellas que no presentan ventas), la distribución de las empresas por sector económico y su participación en las ventas y el empleo es la siguiente:

Tabla 3.26. Participación en el número de empresas, ventas y empleo. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo 2014

Sector	Número de empresas		Ventas		Empleo	
	Región	País	Región	País	Región	País
Agricultura, ganadería caza y silvicultura	0,40%	8,70%	0,10%	3,20%	0,10%	8,40%
Pesca	0,20%	0,30%	0,20%	0,80%	0,30%	0,50%
Manufactura	8,60%	9,10%	9,70%	18,60%	6,10%	1,50%
Minería	1,50%	0,60%	39,40%	6,50%	6,10%	1,50%
Electricidad, gas y agua	0,20%	0,30%	11,50%	5,70%	1,60%	0,80%
Construcción	11,10%	7,50%	9,80%	6%	25%	16,90%
Comercio	38,50%	35,60%	12%	24,90%	13,40%	17,50%
Hoteles y restauranes	7,00%	4,50%	1,90%	0,80%	5,10%	3,50%
Transportes y telecomunicaciones	12,10%	9,90%	6,10%	5,20%	6,40%	6%
Intermediación financiera	1,40%	5,10%	1,60%	20,60%	0,80%	2,80%
Act. Inmobiliarias. Empresariales y de alquiler	10,70%	10,40%	4,30%	5%	10,40%	13,50%
Adm. Pública y defensa	0,00%	0,10%	0%	0,30%	2,60%	4,30%
Enseñansa	8,00%	1,10%	1,20%	1.2%	5,70%	4,90%
SS socialesy salud	2,30%	1,90%	1,20%	0,80%	2,40%	2,40%
Servicios comunitarios, sociales y personales	5,10%	4,60%	0,90%	0,50%	2,50%	3,30%
Consejo de adm. De edificios y condominios	0,10%	0,10%	0%	0%	0,10%	0,10%
Org. Y órganos extrasectoriales	0,00%	0%	0%	0%	0%	0%
Total	100,00%	100%	100%	100%	100%	100%

En la Tabla 3.26 es posible visualizar los principales sectores a nivel nacional y regional en función del número de empresas, ventas y empleos que estas generan. Se evidencia que a nivel nacional el sector con mayor cantidad de empresas corresponde al comercio con un 35,6%, en segundo lugar el rubro de transporte y telecomunicaciones abarca un 10,4% del total de empresas, en relación a las ventas nuevamente el comercio cumple un papel relevante con un 24,9% seguido de las actividades de intermediación financiera con un 20,6% y finalmente los rubros que generan una mayor cantidad de empleos están representados por el comercio, con un 17,5% y la construcción con un 16,9%.

En tanto a la realidad regional, se aprecia que los principales sectores económicos en la región son Comercio, que representa el 38,5% del total de empresas, Transporte y Telecomunicaciones (12,1%), Construcción (11,1%) y Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler (10,7%). No obstante, el sector minero es el que más ventas presenta en la región, con un 39,4% del total y tiene el cuarto lugar como fuente de empleo a nivel regional con un 6,1%.

Folio005478

3.1.7 Descripción de actores estratégicos

Las altas presiones a las que se exponen los recursos hídricos dentro de la cuenca del río Loa causan conflictos socio-ambientales cada vez más recurrentes, los cuales deben ser abordados desde una gobernanza hídrica que integre la gobernanza energética y ambiental enfatizándola antes que el mercado (Bauer 2014). Para que esto sea posible se deben identificar a todos los actores estratégicos presentes en la cuenca, generando participación púbica, política y privada en las soluciones y acuerdos. A continuación, se mencionan los actores relevantes dentro de la cuenca.

3.1.7.1 Servicios Públicos

A continuación, se presenta una breve descripción de los organismos públicos competentes en la gestión del recurso hídrico, además de sus principales funciones:

i. Gobierno Regional de Antofagasta

Este organismo de estado trabaja en tres aristas: ordenamiento territorial, fomento de actividades productivas y desarrollo social y cultural. En materia de ordenamiento territorial, las funciones del organismo se distribuyen en establecer políticas y objetivos para el desarrollo integral y armónico de los sistemas de asentamientos humanos; ser un agente participativo en la coordinación con autoridades nacionales, regionales y comunales para programas de desarrollo y mantenimiento de obras de infraestructura y equipamiento para la región; fomentar y velar por la protección, conservación y mejoramiento del medio ambiente, adoptando medidas que sean acordes a la realidad de la región, decretos supremos y normas legales que rijan la materia; fomentar y velar por el buen funcionamiento de la prestación de servicios en materia de transporte; fomentar y propender al desarrollo de áreas rurales y localidades aisladas de la región, procurando la acción multisectorial en la dotación de infraestructura económica y social; finalmente, proponer a la autoridad competente la localidad en que deberán radicarse las secretarías regionales ministeriales y las direcciones regionales de los servicios públicos. En materia de fomento de actividades productivas el Gobierno Regional contribuye en la formulación de políticas nacionales de fomento productivo, capacitación laboral y asistencia técnica, desde el punto de vista regional, aplicando políticas nacionales definidas en el ámbito regional; establece prioridades de fomento productivos en los diferentes sectores, preocupándose especialmente por una explotación racional de los recursos naturales, coordinando a los entes públicos competentes y concretando acciones en el sector privado; promueve la investigación científica y tecnológica y preocuparse por el desarrollo de la educación superior y técnica de la región; y finalmente, fomentar el turismo en los niveles regional y provincial, con arreglo a las políticas nacionales. Por último, en materia de desarrollo social y cultural, corresponde al gobierno regional establecer prioridades regionales para la erradicación de la pobreza; participar en coordinación con las autoridades competentes, en acciones destinadas a facilitar el acceso de la población de escasos recursos o que viva en lugares aislados, a beneficios y programas en el ámbito de

Folio005479

la salud, educación y cultura, vivienda, seguridad social, deportes y recreación y asistencia judicial; determinar la pertinencia de inversión en proyectos que sean sometidos a la consideración del consejo regional, considerando las evaluaciones de impacto ambiental y social; distribuir entre las municipalidades de la región los recurso para el financiamiento de programas sociales; realizar estudios relacionados con las condiciones, nivel y calidad de vida de los habitantes de la región; y finalmente, fomentar las expresiones culturales, cuidar el patrimonio histórico, artístico y cultural de la región, y velar por la protección y el desarrollo de las etnias originarias (GORE 2018).

ii. Intendencia Regional de Antofagasta

La labor de este organismo es representar al Presidente de la República en la Región, de manera de canalizar la elaboración y aplicación de políticas públicas de acuerdo al Programa de Gobierno del Primer Mandatario. Además, de fomentar, velar y promover el desarrollo económico, social y cultural de la región mediante la formulación y ejecución del presupuesto de inversión regional, la generación de políticas y sistemas de evaluación de la gestión pública, orientados a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la Región de Antofagasta (Intendencia de Antofagasta 2018).

iii. Gobernaciones provinciales

Estas instituciones asisten en el ejercicio del Gobierno y la administración interior del Estado al Presidente de la República. El servicio provee la plataforma política, administrativa y de gestión para que Intendentes y Gobernadores puedan ejercer a cabalidad dicha representación en las jurisdicciones en que se divide el territorio nacional para efectos del ejercicio del gobierno y administración superior y, además, proporciona a la población los bienes, las prestaciones y servicios que establece la ley o por políticas establecidas por el Ministerio del Interior y Seguridad Pública. El Gobernador es el representante del Intendente en la Provincia, pudiendo recibir funciones delegadas de este último, para el mejor ejercicio de sus labores.

iv. Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública

Esta institución trabaja sobre tres pilares estratégicos, preparación, alerta y respuesta, la primera corresponde al desarrollo de capacidades internas como la entrega de acciones formativas a la población para una mejor preparación y tener como resultado comunidades resilientes; la segunda corresponde a acciones tendientes a alertar oportunamente a la población sobre situaciones de riesgo o emergencia, dando tiempo suficiente para la reacción; por último, la respuesta comprende de actividades necesarias para entregar a la comunidad una atención y control eficaz ante una emergencia, desastre o catástrofe (ONEMI 2018).

v. Corporación Nacional de Desarrollo indígena

Este organismo busca promover, coordinar y ejecutar la acción del Estado en favor del desarrollo integral de las personas y comunidades indígenas, particularmente en los ámbitos económico, social y cultural, además de impulsar la participación en la vida nacional a través de la coordinación intersectorial, el financiamiento de iniciativas de inversión y la prestación de servicios. Dentro de los objetivos que se plantea la institución están el incremento de la participación de la población indígena en los procesos de formulación de políticas públicas, medidas administrativas y/o legislativas que afecten directamente a las comunidades; Incrementar el aprendizaje de lenguas t culturas originarias en niños y jóvenes indígenas; reducir el déficit de activos productivos (tierras y agua), perfeccionando política de tierras y aguas mediante la incorporación de instrumentos de apoyo a la formación de capital humano y emprendimiento productivo; aumentar las oportunidades de desarrollo de familias y organizaciones indígenas urbanas, mediante instrumentos que mejoren el acceso a subsidios y/o créditos orientados al desarrollo productivo, comercial y sociocultural; Aumentar las oportunidades para el desarrollo integral de familias, comunidades y organizaciones indígenas rurales, a través de instrumentos y/o subsidios que promuevan la producción, acceso a mercados y cadenas de valor, como el desarrollo sociocultural y organizacional; disminuir los tiempos de tramitación de la población indígena, a través de procesos de innovación, productos y tecnología disponible en los espacios de atención del servicio (CONADI 2018).

vi. Dirección General de Aguas

Este organismo dependiente del Estado es el encargado de promover la gestión y administración del recurso hídrico en un marco de sustentabilidad, interés público y asignación eficiente, además de entregar y difundir la información contenida en el Catastro Público de Aguas. Dentro de las funciones de esta institución se encuentran el planificar el desarrollo del recurso hídrico en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento; constituir derechos de aprovechamiento de aguas; investigar y cuantificar el recurso hídrico; mantener y operar el servicio hidrométrico nacional; orientar a la coordinación de los programas de investigación que corresponda a las entidades del sector público, así como instituciones privadas que realicen trabajos financiados parcialmente por el Estado; Ejercer la labor de policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en éstos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorización del Servicio o autoridad competente; así como también, supervigilar el funcionamiento de las Organizaciones de usuarios, de acuerdo con lo dispuesto por el actual Código de Aguas (DGA 2018).

vii. Dirección Regional de Planeamiento del MOP

Esta representa la instancia asesora estratégica del MOP, en materias de planificación, definición de políticas, coordinación general y priorización de planes de estudios, proyectos y ejecución de las obras, de acuerdo con las necesidades del país, los programas

Folio005481

gubernamentales y los objetivos de los distintos Servicios y Unidades que comprende el quehacer ministerial (MOP 2018)

viii. Super Intendencia de Servicios Sanitarios

Esta institución vela porque la población urbana reciba servicios de agua potable y saneamiento con la calidad y continuidad que establece la normativa, a un precio justo y sostenible en el largo plazo. Adicionalmente, la institución vela que el agua que ya fue utilizada sea devuelta al sistema natural de forma compatible con un desarrollo sustentable (SISS 2018).

ix. Corporación Nacional Forestal

Esta institución busca contribuir al manejo sustentable de bosques nativos, formaciones xerofíticas y plantaciones forestales mediante instrumentos de fomento, fiscalización de la legislación forestal ambiental, la protección de los recursos vegetacionales y la conservación de la diversidad biológica a través del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas. Los objetivos estratégicos del organismo son: fiscalizar e incentivar el manejo sustentable de bosques nativos y formaciones xerofíticas y la protección de especies protegidas; mejorar el acceso a los beneficios de la actividad forestal y el turismo de conservación a los productores forestales enfatizando los pequeños, medianos e indígenas, a través de instrumentos de fomento forestal y la asistencia técnica integral; promover la generación de servicios ambientales mediante el fomento y cuidado de arbolado urbano, periurbano, natural y todo tipo de plantas con valor patrimonial y cultural, difundiendo los beneficios que aportan a la sociedad; proteger a la comunidad de las amenazas provocadas por incendios forestales, plagas, especies invasoras y efectos del cambio climático sobre los bosques nativos, formaciones xerofíticas y plantaciones y componentes patrimoniales presentes en el SNASPE; y finalmente, conservar la diversidad biológica a través del fortalecimiento del SNASPE, además de otros instrumentos de conservación y el aporte de los boques nativos y formaciones xerofíticas, de esta forma contribuye la mejora de la calidad de vida de la sociedad con énfasis en las comunidades locales (CONAF 2018).

x. Servicio Agrícola y Ganadero

Este organismo del Estado es el encargado de apoyar el desarrollo de la agricultura, bosques y ganadería, mediante la protección y mejoramiento de la salud de los vegetales y animales. Dentro de sus funciones están: el evitar la introducción desde el extranjero de enfermedades o plagas que pudieran afectar a vegetales o animales dañando gravemente a la agricultura nacional, para esto se han establecido controles fronterizos fito y zoo sanitarios; realizar un control sobre los productos animales o vegetales de exportación, donde SAG participa de la certificación sanitaria de estos productos; conservar y mejorar los recursos naturales renovables que afectan a la producción agrícola, forestal y pecuaria, controlando la contaminación de las aguas de riego conservando flora y fauna silvestre, recuperando el recurso suelo, con el fin de prevenir la erosión y mantener su

Folio005482

productividad; adicionalmente otra función de la institución es controlar que los alimentos y medicamentos utilizados en animales sean seguros y no produzcan alteraciones en su salud, y que los productos químicos y biológicos utilizados en el control de las plagas de los vegetales cumplan con sus normas de fabricación (SAG 2018).

xi. Servicio Nacional de Geología y Minería

Es el organismo técnico responsable de generar, mantener y difundir información de geología básica y de recursos y peligros geológicos del territorio nacional. Los objetivos estratégicos de este servicio son: Mejorar la acción fiscalizadora en seguridad minera, mediante el incremento de la cobertura y calidad de fiscalizaciones a las instalaciones/faenas; mejorar el proceso de revisión de proyectos mineros, permisos sectoriales y de cierre de instalaciones /faenas, mediante la generación de guías metodológicas, para contribuir a la industria extractiva minera segura; mantener, actualizar y entregar información técnica de manera correcta y oportuna para fines de constitución de concesiones mineras y para el catastro y registro de concesiones geotérmicas; asistir técnicamente en materias de competencia del servicio a las autoridades ambientales, durante el proceso de evaluación ambiental y fiscalización para el cumplimiento de la normativa ambiental, con fin de aportar al desarrollo sustentable del país; potenciar el monitoreo y el conocimiento de la actividad volcánica del territorio nacional; generar, mantener y difundir conocimiento geológico general, mediante publicaciones de geología básica, geofísica y geoquímica del territorio; generar, mantener y difundir conocimiento geológico aplicado; y generar competencia en materias de seguridad minera.

xii. Servicio de Evaluación Ambiental

Organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio, su función central es tecnificar y administrar el instrumento de gestión denominado “Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental”, cuya gestión se basa en la evaluación de proyectos según lo estipula la norme vigente, fomentando y facilitando la participación ciudadana en esta evaluación. Así mismo, el servicio cumple la función de uniformar los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites, exigencias técnicas y procedimientos de carácter ambiental que establezcan los ministerios y demás organismos del Estado competentes (SEA 2018)

xiii. Secretaría Ministerial del Medio Ambiente

Este servicio tiene la labor de ejercer lo que corresponda a las competencias del Ministerio señaladas en el artículo 70 de la ley 19300 sobre bases generales del medio ambiente; asesorar al Gobierno Regional para la incorporación de criterios ambientales en la elaboración de los planes y estrategias de desarrollo regional; colaborar con los respectivos municipios en materia de gestión ambiental; coordinar el procedimiento de declaración de una zona del territorio en calidad latente o saturada, salvo que la zona objeto de aquella declaración estuviere situada en distintas regiones, en cuyo caso el

Folio005483

procedimiento queda a cargo del Ministerio del Medio Ambiente; informar en el marco del procedimiento de elaboración de planes de prevención o de descontaminación; y proporcionar los medios materiales para el correcto funcionamiento del Consejo Consuntivo Regional.

xiv Dirección de Obras Hidraulicas

Dependiente del MOP este organismo se encarga de proveer de servicios de Infraestructura Hidráulica que permitan el óptimo aprovechamiento del agua y la protección del territorio y de las personas.

Entre sus objetivos, destacan: proveer de infraestructura de regadío que permita disponer del recurso hídrico, para incorporar nuevas áreas al riego y/o aumentar la seguridad de riego, de las superficies actualmente regadas, incrementando así, el potencial productivo del sector; proveer de infraestructura de red primaria y disposición final, para la evacuación y drenaje de aguas lluvias, a las áreas urbanas, con el fin de disminuir los daños provocados en ellas; proveer de infraestructura para proteger las riberas de cauces naturales, contra crecidas y para contrarrestar los efectos de los procesos aluvionales, en beneficio de la ciudadanía, y proveer de infraestructura para el abastecimiento de agua potable a las localidades rurales concentradas y semiconcentradas, con el fin de contribuir al incremento de la calidad de vida, mediante el mejoramiento de las condiciones sanitarias de este sector (MOP 2019).

xv Comisión Nacional de Riego

Dependiente del Ministerio de Agricultura, este organismo se encarga de dirigir la acción pública en materia de riego. Entre sus principales objetivos se encuentran:

Contribuir a la generación de una Política de Estado en materia de uso de los recursos hídricos para riego, tanto superficial como subterránea. Considerando las características propias de las cuencas, suelo y clima, mediante realización de estudios, programas, proyectos e instrumentos de fomento, normales y focalizados en la pequeña Agricultura, tendientes a incrementar y mejorar la superficie regada del país.

Asegurar la disponibilidad de riego en el país, impulsando la innovación y facilitando la materialización del proyecto y construcción de grandes obras de riego corno también el fomento a la inversión privada de obras de riego, medianas y menores, mediante la bonificación otorgada por la Ley 18.450, según las características de las cuencas de cada región.

Fortalecer la gestión de las Organizaciones de Usuarios de Aguas, a través de estudios y programas que permitan la autogestión en el uso eficiente del recurso hídrico de una manera sustentable.

Folio005484

Contribuir a un desarrollo sustentable de la agricultura mediante la implementación y desarrollo de Energías Renovables No Convencionales que permitan hacer frente a la situación climática actual y futura permitiendo mejorar y aumentar la superficie regada del país (CNR, 2019).

Tabla 3.27 Instituciones públicas de competencia relevante en la gestión del agua. Adaptado de ARCADIS 2016.

Institución	División
Poder Ejecutivo	Gobierno Regional de Antofagasta
Ministerio del Interior y Seguridad Pública	Intendencia Regional
	Gobernación Provincial del Loa
	Gobernación Provincial de tocopilla
	ONEMI Dirección Regional
Ministerio de Desarrollo Social	CONADI Dirección Regional
Ministerio de Obras Públicas	DGA
	Dirección Regional Planeamiento del MOP
	SISS
	DOH
Ministerio de Agricultura	CONAF Dirección Regional
	INDAP Dirección Regional
	SAG Dirección Regional
	CNR
Ministerio de Minería	SERNAGEOMIN Dirección Regional
Ministerio del Medio Ambiente	Seremi del Medio Ambiente
	SEA Dirección Regional

3.1.7.2 Sector privado

Tabla 3.28 Organismos privados de competencia relevante en la gestión del agua. Adaptado de ARCADIS 2016.

Organizaciones	
Organizaciones de Usuarios (OUAs)	Juntas de Vigilancia
	Comunidades de agua
	Asociaciones de canalistas
Organismos de la comunidad (sociedad Civil y Grupos Representativos)	Organizaciones indígenas
	Comités de agua potable rural
	Universidades, centros de investigación
Empresas y usuarios privados	Sector sanitario
	Sector minero
	Sector agricola

Folio005485

En la Tabla 3.28 se resumen las organizaciones privadas que se describen a continuación:

3.1.7.2.1 Organizaciones de Usuarios de Aguas

Los OUAs son aquellas entidades, sin fines de lucro, con o sin personalidad jurídica, reguladas principalmente en el Código de Aguas y que tienen por objeto, fundamentalmente, administrar las fuentes o cauces de aguas, según el caso, sobre los cuales ejercen competencia y/o las obras a través de las cuales ellas son captadas, conducidas y/o almacenadas; distribuir y, excepcionalmente, redistribuir tales aguas entre sus miembros; y resolver determinados conflictos entre estos, entre sí o entre estos y la propia organización. (Muñoz, 2003)

i. Juntas de Vigilancia

Esta organización se encuentra compuesta de personas naturales, personas jurídicas, y organizaciones de agua (tanto superficial como subterránea), que se encuentran dentro de la misma cuenca. El directorio de esta figura se encarga de vigilar la captación de aguas, distribuye y declara escasez, priva uso de aguas cuando corresponde, solicita a la DGA declaración de agotamiento y sus actos pueden ser revisados por el juzgado de letras.

A continuación, se presentan las juntas de vigilancias presentes en la cuenca:

Tabla 3.29 Juntas de vigilancias presentes en la Cuenca. Fuente Aquatierra ingenieros 2009.

Nº	NOMBRE CANAL	TIPO DE ORGANIZACIÓN
1	Essan S.A.	Particular
2	Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia F.C.A.B.	Particular
3	La Prensa de Calama	Particular
4	Núñez de Calama	Particular
5	Soquimich S.A.	Particular

Folio005486

Sin embargo, a la fecha no existe una Junta de Vigilancia para el río Loa donde participen todos sus usuarios, el motivo es principalmente debido a que las comunidades atacameñas se han opuesto. Las comunidades se muestran completamente desconfiadas de este aparato legal, argumentando que el sistema no da garantías de que se respeten las visiones e intereses locales y culturales, se señala que este sistema no tiene atribuciones colectivas, siendo que de esa forma conviven las comunidades indígenas (ARCADIS, 2016).

ii. Comunidades de agua

Esta organización comprende a distintos usuarios de Derechos de Aguas que se encuentran relacionados a una obra común. Los Derechos que constan en los títulos de usuarios son convertibles en acciones, y los estatutos son fijados por sentencia o por acuerdo. La comunidad de agua debe llevar registro de los comuneros asociados y debe presentar un directorio o administrador, el cual administra los bienes de la comunidad, atiende la captación de aguas, vela por la correcta repartición de éstas, vigila instalaciones, fija multas y resuelve las disputas entre comuneros.

En relación con los comuneros, estos tienen su derecho a voto y su obligación de concurrir gastos en función de sus acciones (lt/s), estos deben asistir a reuniones, costear construcción y reparación de obras comunes, costear gastos de mantención de la comunidad, entre otras obligaciones fijadas por los estatutos.

A continuación, se presentan las comunidades de aguas presentes en el área de estudio:

Tabla 3.30 Comunidades de aguas presentes en la cuenca del río Loa. Fuente DGA, catastro público de aguas 2019.

Código de Expediente	Nombre del Solicitante	Fecha de Ingreso DGA
NC-0202-1	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL YALQUINCHA	07-05-1984
NC-0202-2	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL COCO LA VILLA, RAMAL TAMB	08-03-1984
NC-0202-3	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL NUÑEZ	07-05-1984
NC-0202-4	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL COCO LA VILLA, RAMAL BILB	07-05-1984
NC-0202-5	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL LA PRENSA	07-05-1984
NC-0202-6	CANAL CHAÑAR	30-11-1984
NC-0202-7	CANAL COCO LA VILLA RAMAL RADIC	30-11-1984
NC-0202-11	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL COCO LA VILLA, RAMAL QUIN	07-05-1984
NC-0202-12	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL LAY-LAY, RAMAL CHUCHURI A	07-05-1984
NC-0202-13	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL TRONCO	07-05-1984
NC-0202-14	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL TOPATER	07-05-1984
NC-0202-15	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL LAY-LAY, RAMAL CARVAJAL	07-05-1984

Código de Expediente	Nombre del Solicitante	Fecha de Ingreso DGA
NC-0202-16	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL QUILCHIRI DE LASANA	20-07-1984
NC-0202-17	COMUNIDAD DE AGUAS SAN ANTONIO DE LASANA	20-07-1984
NC-0202-18	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL LOS PERALES DE LASANA	20-07-1984
NC-0202-19	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL PONA DE LASANA	20-07-1984
NC-0202-20	COMUNIDAD DE AGUAS CANAL GRANDE DE LASANA Y CHIU C	20-07-1984
NC-0202-21	CANAL LOS RAMIREZ DE LASANA	20-07-1984
NC-0202-22	CANAL BUEN RETIRO DE LASANA	20-07-1984
NC-0202-23	CANAL QUICHIRA DE LASANA	20-07-1984
NC-0202-24	CANAL EL PUEBLO DE CHIU-CHIU	20-07-1984
NC-0202-25	CANAL EL PUEBLO - RAMAL COCHALA DE CHIU-CHIU	20-07-1984
NC-0202-26	CANAL GRANDE - RAMAL EL TRIANGULO DE CHIU-CHIU	20-07-1984
NC-0202-27	CANAL EL PUEBLO-RAMAL EL PONGO DE CHIU-CHIU	20-07-1984
NC-0202-28	CANAL LA BANDA,RAMAL LOS BLANCOS DE CHIU CHIU	20-07-1984
NC-0202-29	CANAL EL PUEBLO, RAMAL EL CALVARIO DE CHIU CHIU	20-07-1984
NC-0202-30	CANAL EL PUEBLO, RAMAL SAN RAMON DE CHIU CHIU	20-07-1984
NC-0202-31	CANAL GRANDE, RAMAL Nº 4 PUKARA DE CHIU CHIU	20-07-1984
NC-0202-32	CANAL GRANDE, RAMAL CALLEJON DE CHIU CHIU	20-07-1984
NC-0202-33	CANAL GRANDE, RAMAL SAN JUAN DE CHIU CHIU	20-07-1984
NC-0202-34	GRANDE,RAMAL N*3 PIAR DE CHIU CHIU	20-07-1984
NC-0202-35	CANAL EL PUEBLO,RAMAL LA PARROQUIA DE CHIU CHI	20-07-1984
NC-0202-36	CANAL EL PUEBLO, RAMAL STA FAUSTINA DE CHIU CHIU	20-07-1984
NC-0202-37	CANAL GRANDE, RAMAL Nº 6 SAN ANDRES DE CHIU CHIU	20-07-1984
NC-0202-38	CANAL LA BANDA DE LASANA Y CHIU CHIU	20-07-1984
NC-0202-39	CANAL COCO LA VILLA RAMAL BERNA	30-11-1984
NC-0202-40	CANAL COCO LA VILLA DE CALAMA	30-11-1984
NC-0202-41	CANAL LAY - LAY SECTOR LA BANDA DE CALAMA	30-11-1984
NC-0202-42	CANAL CHUNCHURI BAJO DE CALAMA	30-11-1984
NC-0202-43	CANAL B.T. DUPONT DE CALAMA	30-11-1984

iii. Asociaciones de canalistas

Las asociaciones de canalistas, al igual que las comunidades de aguas, corresponde a usuarios que se emplazan sobre una obra común, normalmente se organizan en los canales matrices de los sistemas de riego extraprediales, cuya fuente es el río. Están normadas en el artículo 257 y siguientes del Código de Aguas. (Centro del agua 2018).

3.1.7.2.2 Organizaciones de la comunidad civil

i. Organizaciones indígenas

Las comunidades Indígenas presentes en la zona de estudio corresponden principalmente a Atacameños, Quechuas y Aimaras en menor medida (Tabla 3.33), según los registros de CONADI encontrándose en particular las siguientes comunidades:

- Comunidad Atacameña de Caspana
- Comunidad Atacameña de Conchi Viejo
- Comunidad Atacameña de Cupo
- Comunidad Atacameña de Toconce
- Comunidad Atacameña de Chiu Chiu
- Comunidad Atacameña del pueblo de San Pedro
- Comunidad Indígena Sumac-Lllajcta
- Comunidad Atacameña de Taira
- Comunidad Indígena Lickan Antay Agricola y Cultural Kamac Mayu, Hijos de Yalquincha
- Comunidad Indígena de La Banda
- Comunidad Quechua de Chela
- Comunidad Indígena de Chunchuri
- Comunidad atacameña de Ayquina- turi
- Comunidad Indígena Pankara Loa
- Yalquincha Lickan Ichai Paatcha
- Comunidad Indígena Pueblo Ojos de San Pedro
- Comunidad Aymara de Quillagüa

Folio005489

Se ubican principalmente en la zona más alta de la cuenca y en la ciudad de Calama (Figura 3.44). Estas comunidades se dedican principalmente a la agricultura de subsistencia, ya que la cantidad y calidad de agua disponible para riego limita la producción a esa escala (Prieto 2015). Entre los cultivos más importantes están la quinua, el maíz, la alfalfa y la papa.

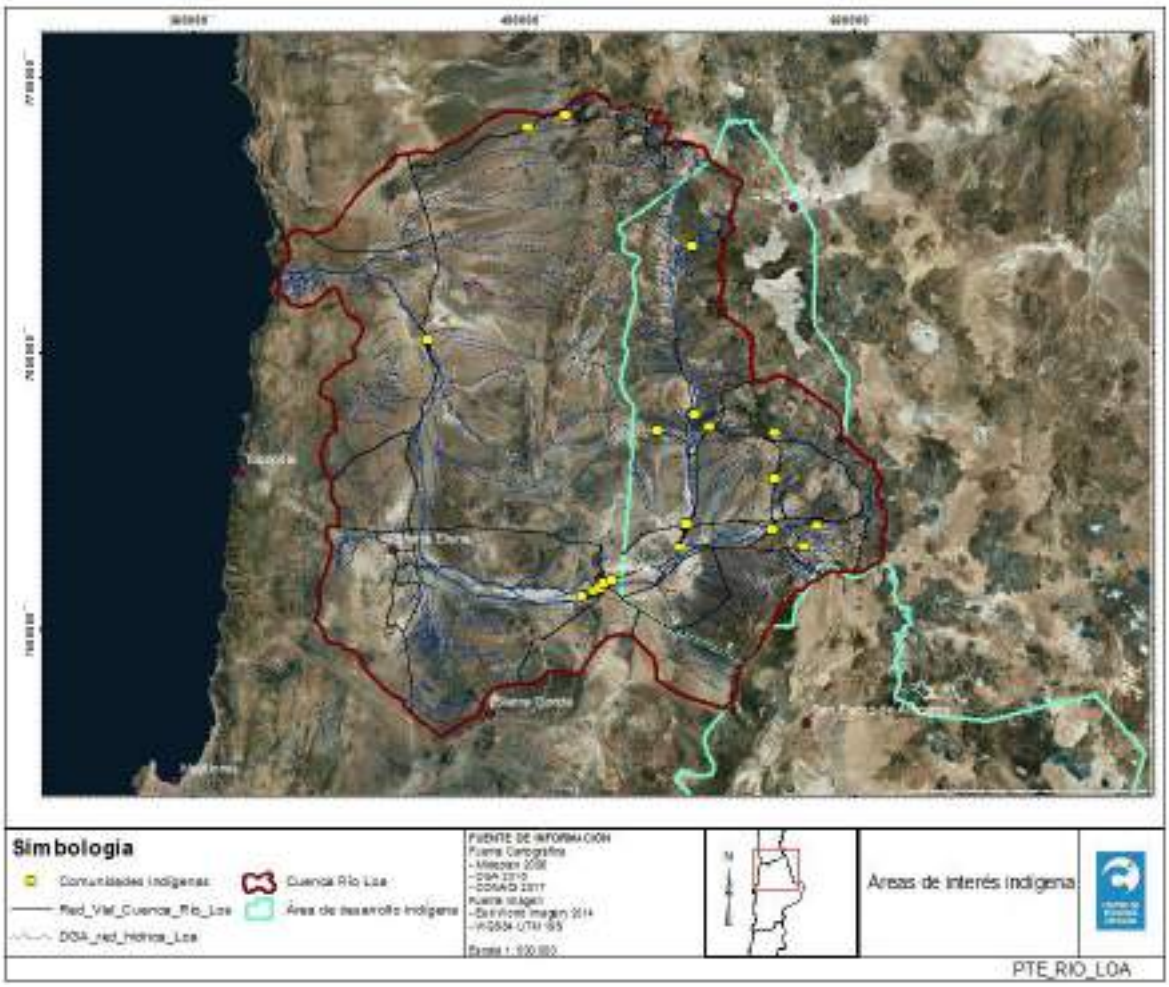


Figura 3.44. Ubicación de comunidades indígenas en la cuenca del río Loa. CONADI 2017

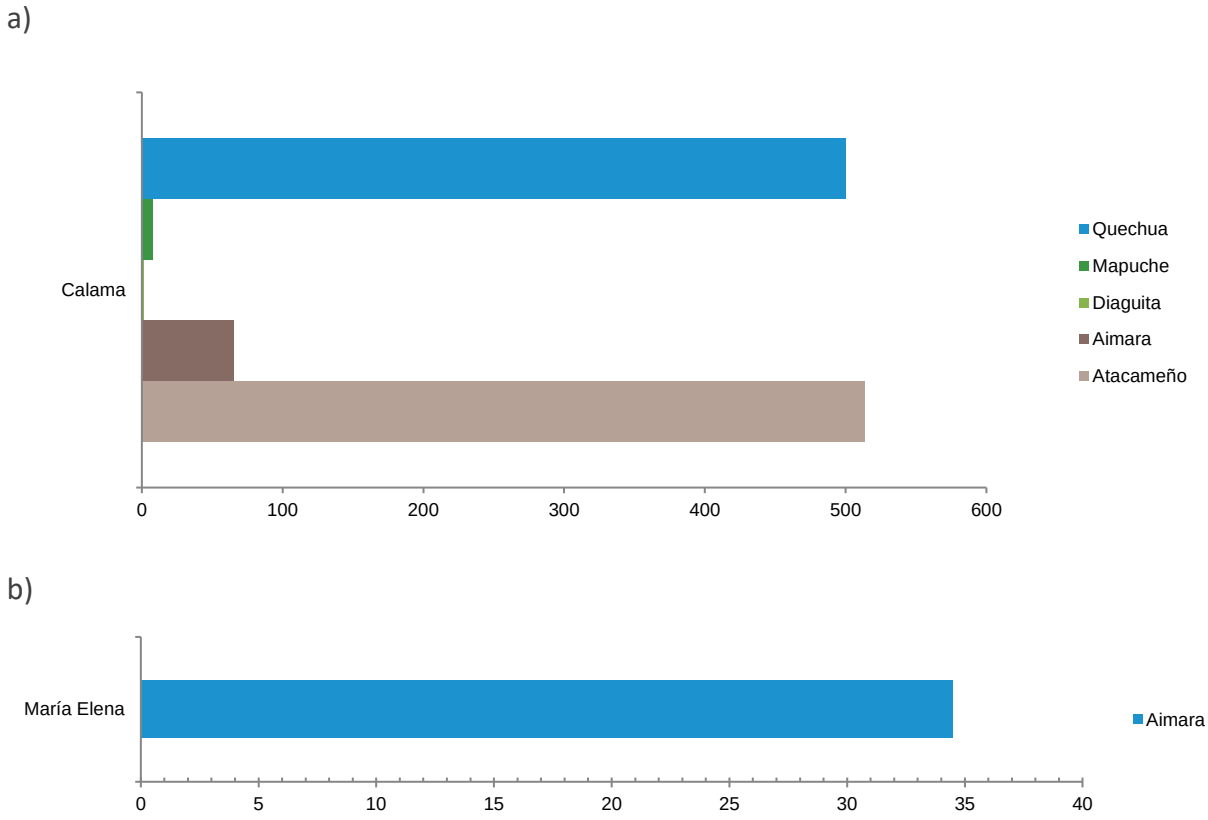


Figura 3.45. Productores agropecuarios y forestales individuales por pueblos originarios. a) Productores originarios en Calama. b) Productores originarios en Maria Elena. Censo nacional agropecuario 2007

El agua cumple un papel preponderante en la cultura de estas comunidades, se le rinde culto a través de diversas actividades tradicionales que se han preservado desde épocas precolombinas, un ejemplo de estas es la limpieza de canales realizada durante solsticio de invierno en el mes de junio, que une trabajo, fiesta y rituales, con oraciones a la virgen y a los santos. En ella se despejan las acequias y se pide a la Pachamama la abundancia de agua para los cultivos (DGA 2016).

Estas actividades se comenzaron a potenciar y a propagar públicamente gracias al reconocimiento de los pueblos originarios a través de la promulgación de la Ley Indígena en 1993, respaldada a su vez, por el convenio internacional de la OIT al cual Chile adhiere en 2008, ratificado en 2010 (Prieto 2015, Aylwin et al 2010). La situación antes descrita se ve reflejada en la Tabla 3.31, Tabla 3.32 y Tabla 3.33, que presentan la variación en número de personas identificadas con una etnia y la diversidad de estas según el censo nacional población y vivienda, periodo 1992 – 2017, se observa que el total de personas identificadas con una etnia ancestral aumenta significativamente alcanzando cerca de un 90% de crecimiento para los casos de Calama y Ollague, mientras que Tocopilla y Maria Elena lo hicieron cercano al 40%. En cuanto a la diversidad de Etnias en el periodo de tiempo evaluado, cobran gran peso relativo los pueblos Atacameño, Aimara y Quechua.

Folio005491

Tabla 3.31. Pertenencia a pueblos indígenas, en las comunas que pertenecen al área de estudio. Adaptado de censo de población y vivienda 1992

Etnia	Región		Calama		Ollagüe		Tocopilla		María Elena	
Mapuche	12053	72,50%	2759	60%	2	14%	208	73,50%	594	75,60%
Aymara	4164	25%	1783	38,50%	12	86%	66	23,30%	176	22,40%
Rapa Nui	417	2,50%	88	1,90%			9	3,20%	15	1,90%
Atacameño o Lican Antay										
Quechua										
Colla										
Diaguita										
Kawésqar										
Yagán o Yamana										
Otro										
total	16634	100%	4630	100%	14	100%	283	100%	785	100%

Tabla 3.32. Pertenencia a pueblos indígenas, en las comunas que pertenecen al área de estudio. Adaptado de censo de población y vivienda 2002

Etnia	Región		Calama		Ollagüe		Tocopilla		María Elena	
Mapuche			1211	8,73%	5	2,30%	38	32,40%	155	72%
Aymara			1305	9,41%	4	1,80%	48	14%	28	13%
Rapa Nui	42	0,25%	4	0,03%						
Atacameño o Lican Antay	13874	85,20%	9658	69,63%	4	1,80%	25	21,30%	25	11,60%
Quechua	2063	12,60%	1546	11,15%	200	93,40%	4	3,40%	4	1,80%
Colla	194	12%	96	0,69%	1	0,40%	2	1,70%	3	1,30%
Diaguita										
Kawésqar	52	3,20%	30	0,22%						
Yagán o Yamana	60	3,70%	20	0,14%						
Otro										
total	16285	100%	13870	100%	214	100%	117	100%	215	100%

Folio005492

Tabla 3.33. Pertenencia a pueblos indígenas, en las comunas que pertenecen al área de estudio. Adaptado de censo de población y vivienda 2017

Etnia	Región		Calama		Ollagüe		Tocopilla		María Elena	
Mapuche	17594	21,30%	4416	11,10%	5	2,30%	244	31,00%	855	43,50%
Aymara	12861	15,60%	4918	12,40%	15	7,00%	317	40,30%	417	21,20%
Rapa Nui	103	0,10%	15	0,00%					4	0,20%
Atacameño o Lican Antay	25262	30,70%	18100	45,60%	7	3,30%	38	4,80%	65	3,30%
Quechua	10446	12,70%	7207	18,10%	181	84,20%	46	5,80%	114	5,80%
Colla	1007	1,20%	341	0,90%			18	2,30%	20	1,00%
Diaguita	8425	10,20%	3431	8,60%	5	2,30%	70	8,90%	288	14,70%
Kawésqar	82	0,10%	31	0,10%					2	0,10%
Yagán	55	0,10%	20	0,10%			4	0,50%	2	0,10%
Otro	6577	8,00%	1245	3,10%	2	0,90%	50	6,40%	198	10,10%
Total	82412	100%	39724	100%	215	100%	787	100%	1965	100%

Cabe destacar que estas comunidades fueron generando redes que le permitieron posicionarse en el mercado de las aguas, posicionándose en un 9 % en la compra-venta de derechos de agua para el año 2009. Esta situación se genera a partir de la voluntad de adquirir derechos de aguas de vendedores indígenas para la comunidad, si bien, a un precio mucho menor del que tendría la industria, pero con la finalidad de preservar el recurso para uso de la comunidad.

Tabla 3.34. Número, volumen y porcentajes, asociados a la compra de derechos de agua superficial en Calama 1981-2009. Prieto 2015

Comprador	Cantidad de derechos comprados	%	miles de m3/año	%
Varios usos privados	503	63,9	38,861	57,2
Minería	100	12,7	8,394	12,3
Intermediarios	63	8	7,579	12,1
Agua potable	20	2,5	12,876	16,6
Org. Indígenas	71	9	3,359	4,9
Construcción	21	2,6	0,1531	2,2
Org. Sinfines de lucro	9	1,1	0,362	0,5
Total	787	100	69,44	100

Otra circunstancia que favorece esta situación, son los instrumentos de fomento que facilita la CONADI para comunidades y grupos individuales indígenas, como lo es el fondo de tierras y aguas (Tabla 3.35).

Folio005493

Tabla 3.35. Instrumentos de fomento que posee CONADI para el desarrollo indígena. Adaptado de CONADI 2018

Fondo	Programa	Objetivos
Fondo de cultura y educación	Manejo y protección del patrimonio cultural indígena	Desarrollo de un plan de protección participativo(arqueología, arquitectura, cultural, histórico)
		Promoción de medicina tradicional indígena
	Subsidio de capacitación y protección indígena	Desarrollo de un mecanismo de subsidio que permita una ejecución efectiva
		Generar convenios con instituciones sin fines de lucro, nacionales e internacionales, para obtención de becas
	Difusión y fomento a las culturas indígenas	Generar iniciativas y proyectos de difusión cultural de asociaciones urbanas y rurales
		Sistematizar y editar material gráfico, radial y micro espacios en televisión que den cuenta de la realidad indígena
	Aplicacuón del diseño curricular y pedagógico intercultural bilingüe	Constituir procesos de interculturalidad acorde a las necesidades de estudiantes indígenas de enseñanza media
		Abrir espacios académicos en universidades para el conocimiento y ciencia indígena
	Recuperación y revitalización de las lenguas indígenas	Contribuir a la recuperación de las lenguas vernáculas en población infanto -juvenil indígena del país
		Obtener Lenguas vernáculas planificadas, en el ámbito oral y escrito, proporcionadas a población infanto-juvenil en la escuela
		Desarrollar recursos educativos para la enseñanza /aprendizaje de las lenguas vernáculas proporcionadas a población infanto-juvenil en la escuela.
		Generar instancias de participación indígena en el desarrollo, promoción y valoración de las lenguas indígenas.
Fondo de tierras y aguas	Subsidio para asociaciones indígenas o individuales	En caso de ser insuficiente, aumentar la superficie de tierras de una asociación o individual, posterior a la aprobación de CONADI
		Financiar los mecanismos que permitan solucionar los problemas de tierras, con motivo de cumplimiento de transacción o resoluciones, judiciales y extrajudiciales
		Financiar constitución, regularización o compra de derechos de agua
		Financiar obras de acceso al recurso hídrico
		Generar convenios con instituciones sin fines de lucro, nacionales e internacionales, para obtención de becas

ii. Organizaciones urbanas de Calama

Existen diversas organizaciones urbanas en Calama que buscan conocer y proteger el patrimonio natural que representa el ecosistema que genera el río Loa. Dentro de ellas destacan, Calama sin Plomo, Coordinadora por la defensa del río Loa, Corporación Yareta y Red de Mujeres del Loa, estas dos últimas asociaciones fueron partícipes del primer taller de difusión del estudio.

Folio005494

iii. Comités de agua potable rural

En la región existen diversas localidades que no logran ser abastecidas por un sistema de agua potable, como si es posible en las grandes ciudades, en cambio las demandas de agua para uso de bebida y sanitario se realiza mediante una red de camiones aljibes, las cuales se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 3.36. Sistemas de Agua Potable Rural presentes en la región de Antofagasta. Fuente MOP 2018.

Sistema APR	Fuente	Coordenadas UTM (WGS84 Huso 19)		Observaciones
		Este	Norte	
San Pedro de Atacama	Vilama B-1	7468506,04	584901	Titular del Derecho DGOP
San Pedro de Atacama	Vilama B-3	7464856,00	585169	Titular del Derecho Comité APR San Pedro
Quillagua	Rio Loa	7603053,61	444624,05	Cámara de captación. Los derechos Corresponden a la Comunidad Aymara de Quillagua
Ayquina	Aducción Toconce	7536196,99	569255,47	Punto de toma, aducción Toconce ADASA
Ollagüe	Vertiente la Escalera	7658571,48	569343,55	Los derechos corresponden a la comunidad de Ollagüe
Toconao	Vertiente Silapetti	7438446,18	606674,88	Los derechos corresponden a la comunidad de Toconao
Peine	Chaquisoque	7370226,62	626514,58	Los derechos corresponden a la comunidad de Peine
Chunchuri	52 bis.	7514565,47	506260,79	Aldunate con Aconcagua. Corresponde a calama Rural, conexión desde matriz de sanitaria
Paposo	Agua de Mar	7232595,79	351630,97	Noria. Agua de mar
Caspana	Capatación canal de regadio	7528836,14	587945,03	Corresponde a la comunidad de Caspana
Rio Grande	Guaitiquina	7495295,79	587945,03	Corresponden a la comunidad Atacameña Río Grande
Toconce	Canal	7536066,98	587738,09	Captación Toconce ADASA, (captación Linzor para red sin tratamiento)
Chiu-Chiu-Codelco	Linzor	7537257,55	638660,36	Cámara de arranque adducción Linzor Codelco, sector planta
Lasana-Codelco	Linzor	7537257,55	538660,36	Cámara de arranque adducción Linzor Codelco, sector planta
Flor de Alfalfa-ADASA	52 bis.	7514772,47	506004,8	Cobija / Inés de Suarez. Corresponde a Calama Rural, conexión desde matriz sanitaria

Dentro de los sistemas APR destacan las principales localidades rurales presentes en la cuenca como lo son: Quillagüa, Ayquina, Ollagüe, Caspana, Chiu Chiu y Lasana.

Folio005495

3.1.7.2.3 Empresas y usuarios privados

i. Sector sanitario

En relación con las principales empresas ligadas al sector sanitario presentes en el área de estudio, es pertinente considerar a Aguas Antofagasta que comienza su concesión el 29 de diciembre de 2003. Esta empresa posee una importante cantidad de derechos de aprovechamiento de aguas a través de tres captaciones superficiales ubicadas en la zona precordillerana y una captación superficial ubicada en el río Loa, en el límite del radio urbano de la ciudad de Calama. Adicionalmente, la empresa cuenta con tres plantas de tratamiento de aguas, una en la ciudad de Calama y dos en Antofagasta (Aguas Antofagasta 2018).

Otra empresa que tiene una participación en la cuenca es Tratacal, creada el 8 de enero del 2007 con giro único y de una dedicación exclusiva para el tratamiento de las aguas servidas de la ciudad de Calama. La empresa asume mediante licitación pública por un periodo de 27 años y hasta el 29 de diciembre de 2033 posee los derechos de explotación de la concesión sanitaria de disposición de aguas servidas de la ciudad de Calama. (Tratacal 2018).

a) Aguas Antofagasta

En el "Estudio de capacidad de fuentes superficiales, Aguas Antofagasta" elaborado por CONIC- BF para la Super Intendencia de Servicios Sanitarios en 2015, describe sistema de abastecimiento de agua superficial, sus respectivas captaciones y los derechos de aprovechamiento asociados a estas; información que se presenta a continuación.

Aguas de Antofagasta cuenta con un sistema de abastecimiento de agua superficial el que se denomina Gran Sistema Norte (GSN), el cual satisface la demanda de las ciudades de la región de Antofagasta. El Gran Sistema Norte está formado por 4 captaciones; la Captación Toconce ubicada en la zona alta recibe además los caudales provenientes de las cuencas Hojalar y Linzor y el resto de las captaciones Lequena, Quinchamale y Puente Negro se encuentran en el río Loa. Además de estas captaciones se dispone de dos entregas de agua por parte de la empresa CODELCO, denominada San Pedro de Inacaliri I y II.

- Captaciones Lequena y Quinchamale

Estas captaciones se abastecen de los cursos superficiales provenientes de las cuencas ubicadas en la cabecera del río Loa. La captación de Lequena, ubicada a 110 km de Calama y a 3.332 m.s.n.m, posee derechos por 550 lt/s, mientras que la de Quinchimale ubicada a unos 30 km aguas debajo de Lequena a 3.080 m.s.n.m., posee derechos por 300 lt/s.

Folio005496

- Captaciones Toconce, Hojalar y Linzor

Estas captaciones se encuentran ubicadas en la cabecera del río Salado y se abastecen de las aguas provenientes de la cuenca formada por el río Toconce, la quebrada Linzor (afluente de río Toconce) y la cuenca formada por el río Hojalar.

La captación Linzor, ubicada a 4.128 m.s.n.m. posee derechos por 50 lt/s y la captación Hojalar ubicada a 4.118 m.s.n.m. posee derechos por 140 lt/s. La captación Toconce se emplaza a una altura de 3.245 [m.s.n.m.]. La infraestructura existente consiste en una obra de captación formada por un muro de 22 metros de largo y 1 metro de altura; además, cuenta con una compuerta desripiadora en la zona sur. Esta obra capta el flujo correspondiente a los derechos de Hojalar, Linzor y Toconce, alcanzando los 470 lt/s

- San Pedro de Inicaliri I

Esta captación nace a partir de un convenio firmado entre CODELCO y ESSAN el año 1995, empresa antecesora de Aguas de Antofagasta S.A.

El total de los derechos que posee CODELCO, en la subcuenca de San Pedro de Inacaliri I, corresponden a 1.850 l/s consuntivos de agua subterránea de ejercicio permanente. A partir del convenio antes mencionado, se decide entregar a ESSAN 50 l/S a través de la aducción San Pedro que se conecta a la aducción Quinchamale en el sector de Conchi.

- San Pedro de Inicaliri II

Al igual que Inacaliri I proviene de una entrega por parte de CODELCO de 40 l/s firmada en agosto de 2011, esta entrega se efectúa en la represa San Pedro de CODELCO ubicada a 2 km de la estación San Pedro del Ferrocarril Antofagasta a Bolivia.

- Captación Puente Negro

Capta las aguas del río Loa, ubicada en la ciudad de Calama cercana a la intersección entre la ruta 21 y la ruta 25. Estos derechos corresponden a compras efectuadas a los regantes de esa zona. Estos derechos corresponden a varios canales de riego: Coco la Villa, Coco la Villa Ramal Bilbao, Lay-Lay, Carvajal y Topater I. El total de esos derechos asciende a 2.074.800 [m3/año], equivalentes a aproximadamente 66 [l/s]. En la Tabla 3.37 se presenta los derechos de agua estacionales según los títulos de dominio.

Tabla 3.37. Derechos de agua estacionales según los títulos de dominio.

Fuente	Localidad	Tipo de Fuente	Subcuenca	Ubicación de la Fuente	Caudal (m^3/año)	Caudal (l/s)	Resolución DGA, Decreto, Venta, Cesión o Transferencia	Inscripción en Registro de Aguas de Conservador de Bienes Raíces de El Loa-Calama
Lequena	Lequena	Superficial, río Loa	río Loa	río Loa, unos 35 km aguas arriba de la confluencia con río San Pedro.		550	EFR Nº1101 15.01.1993.	Fojas 17 Nº 13 El Loa, año 1993
Quinchamale	Quinchamale			río Loa, unos 7 km aguas arriba de la confluencia con río San Pedro.		300	EFR Nº1101 15.01.1993.	Fojas 17 Nº 13 El Loa, año 1993
Puente Negro	Calama			Sector de Puente Negro en Calama, canal LayLay Carvajal.	**172200**	**5**	**Compra - Venta. Derecho no ha sido trasladado a captación Puente Negro.**	**Fojas 55 Nº 48 El Loa, año 1994**
Puente Negro				Sector de Puente Negro en Calama, canal Coco La Villa Ramal Bilbao.	**143500**	**5**	**Compra - Venta. Derecho no ha sido trasladado a captación Puente Negro.**	**Fojas 01 Nº 01 El Loa, año 1995**
Puente Negro				Sector de Puente Negro en Calama, canal Topater.	**401800**	**13**	**Compra - Venta. Derecho no ha sido trasladado a captación Puente Negro.**	**Fojas 30 Nº 27 El Loa, año 1998**
Puente Negro				Sector de Puente Negro en Calama, canal Coco La Villa.	466800	15	Compra - Venta. Derecho trasladado a captación Puente Negro.	Fojas 66 Nº 59 El Loa, año 1994
					861800	27		Fojas 01 Nº 01 El Loa, año 1995
					28700	1		Fojas 01 Nº 01 El Loa, año 1995
Toconce	Toconce	Superficial, río Toconce	río Toconce	río Toconce, 8 km aguas arriba de junta con río Salado.		470	EFR Nº1101 15.01.1993	Fojas 17 Nº 13 El Loa, año 1993
Hojalar		Superficial, río Hojalar	río Hojalar	Qda. Hojalar, afluente de río Toconce.		140	Res DGA Nº 113 de 28.03.1985	Fojas 7 Nº 2 El Loa, año 1985

Fuente	Localidad	Tipo de Fuente	Subcuenca	Ubicación de la Fuente	Caudal (m^3/año)	Caudal (l/s)	Resolución DGA, Decreto, Venta, Cesión o Transferencia	Inscripción en Registro de Aguas de Conservador de Bienes Raíces de El Loa-Calama
Linzor		Superficial, vertientes	Quebrada Linzor	Vertientes en Qda. Linzor afluente de río Toconce.		50	Decreto MOP Nº 413 de 12.12.1985	Fojas 9 Nº 3 El Loa, año 1986
San Pedro Inacaliri I	S. Pedro Inacaliri	Entrega Codelco	río San Pedro de	El agua proviene de captaciones de aguas subterráneas de CODELCO en la Subcuenca de San Pedro de Inacaliri.		50	Cesión de derechos de agua subterránea entre CODELCO y ESSAN. Escritura pública del 10.01.1995 de notaría Luis Chávez, Antofagasta.	Fojas 12 Nº 12 El Loa, año 1995
San Pedro Inacaliri II			Inacaliri	El agua proviene de conducciones de aguas superficiales de CODELCO, que captan aguas en el río San Pedro Inacaliri.		40	Cesión de derechos de aguas superficiales entre CODELCO y ESSAN. Escritura pública, 4ª notaría de Calama de fecha 03.08.2001.	Fojas 51 Nº49 El Loa, año 2001

Folio005499

b) Tratacal

Las obras y acciones materias del presente proyecto se emplazan dentro del mismo terreno de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas existente ESSAN. En la RCA de N° 0336/2008, la empresa declara que sus procesos contienen tratamiento físico de los lodos y digestores aeróbicos, previos a la descarga de las aguas tratadas a la quebrada Quetena. También declara que en casos de emergencia excepcionales se hará una descarga de aguas crudas, lo cual puede deberse a fallas en los equipos de la empresa, cortes prolongados de electricidad y consecuencia de acciones vandálicas en las dependencias de la empresa.

A continuación, se presentan los valores de diseño que presenta la empresa en su DIA.

Tabla 3.38. Valores de diseño de planta de tratamiento de aguas servidas Tratacal.

Descripción	Unidad	2007	2017	2021	2033	2035
		máximo diario	máximo diario	máximo diario	máximo diario	máximo diario
Población total	personas	146.700	161.635	169.933	189.748	235.398
Caudal de diseño[1]	L/s	287	317	333	372	411,9
	m^3/d	24.835	27.363	28.768	32.122	35.592
Caudal máximo horario[2]	L/s	399	440	462	516	695,9
Carga Orgánica DBO[3]	kg/d	8.010	9.246	9.941	11.594	11,757
Carga máxima horaria DBO[4]	kg/h	384	443	476	556	940,6

A partir del año 2016 se pone en marcha el proyecto “Mono-relleno Calama, Tratacal”, que consiste en la operación de un mono-relleno para la disposición final de lodos orgánicos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) de Tratacal, así como de lodos provenientes de terceros (DIA proyecto “Mono-relleno Calama, Tratacal”, 2015). Este proyecto no tiene influencia directa sobre las aguas del río Loa. Indirectamente tiene influencia, ya que bajo el relleno se dispone de un dren para el manejo de percolados, los cuales serán trasladados a la PTAS Tratacal, junto a otros residuos líquidos que se generen. Además, el proyecto no contempla intervención de aguas subterráneas, cuerpos de agua que generen fluctuaciones de niveles, glaciares, ni de vegas y/o bofedales.

ii. Sector minero

La minería en la región de Antofagasta proviene de larga data, desde el periodo precolombino los Atacameños fueron pioneros en explotar los minerales de la zona. Vivían en los valles y extraían el cobre de la zona donde hoy se ubica Chiquicamata. Con estos minerales las comunidades elaboraban objetos decorativos que frecuentemente ocupaban en sus ceremonias (Ministerio de Minería 2018). Posteriormente, durante el siglo XIX la minería del salitre representó uno de los rubros con mayores aportes al PIB nacional, dada la alta demanda de este insumo para la elaboración de explosivos y su masificado uso como fertilizante (Ministerio de Minería 2018). Ya a partir del siglo XX aparece la gran minería del cobre con la explotación de dicho mineral en Chuquicamata por firmas Estado Unidenses. Finalmente, a partir de 1970 se genera un proceso gradual de nacionalización del cobre. Este sector alcanzó su auge entre los años 1990 y 2011 (Ministerio de Minería 2018).

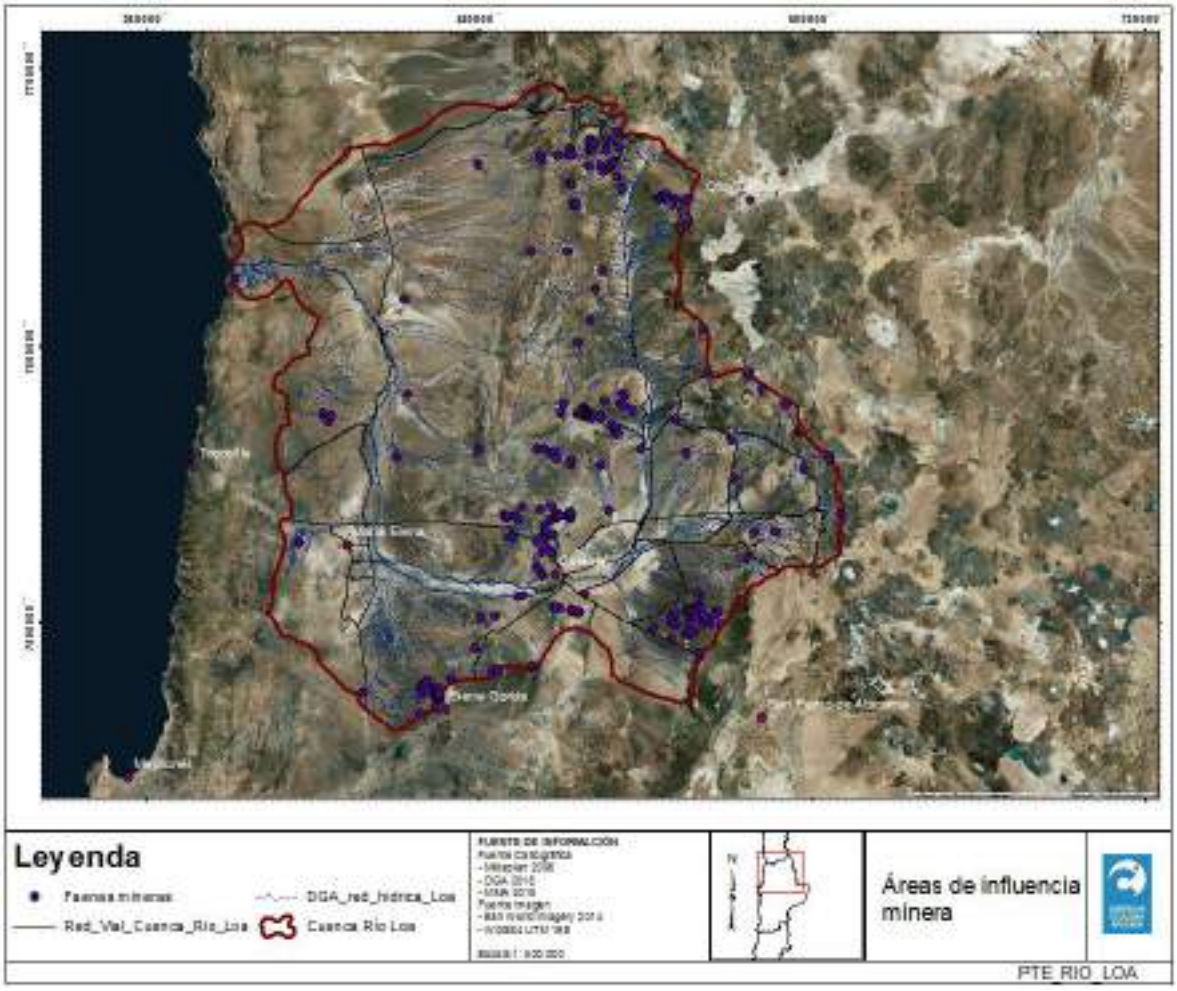


Figura 3.46. Faenas mineras presentes en la cuenca del río Loa. Elaboración propia.

Folio005501

En la Figura 3.46 se presentan las faenas mineras presentes en la cuenca, se observa que la actividad de este sector se encuentra ampliamente distribuida en la zona alta y media de la cuenca.

Algunas de las principales faenas mineras presentes en la cuenca se describen a continuación:

a) Minera El Abra

Es una compañía minera que explota a rajo abierto un mineral pórfido cuprífero (mineral oxidado) y que produce cátodos electrolíticos de cobre. El yacimiento fue puesto en marcha el año 1995-96 y se sometió voluntariamente al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental a través de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, por lo que presentaría sus residuos industriales manejados en sistemas ambientalmente evaluados y debidamente controlados por todas las autoridades competentes (Azil 2001).

b) CODELCO División Radomiro Tomic

Compañía minera que al igual que la anterior explota a rajo abierto un mineral oxidado produciendo cátodos electrolíticos de cobre. El yacimiento funciona desde el año 1998 y se sometió al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental a través de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, por lo que presenta sus residuos industriales manejados en sistemas ambientalmente evaluados y debidamente controlados por todas las autoridades competentes. El mineral de Radomiro Tomic es abastecido de agua a través de su empresa matriz CODELCO-Chuquicamata, la cual obtiene el recurso hídrico desde el río San Pedro de Inacaliri, que es uno de los afluentes superficiales del río Loa.

c) CODELCO División Chuquicamata

Compañía Minera que explota dos minas a rajo abierto, la Mina Sur donde se obtiene mineral oxidado, y la Mina Chuqui de donde se extrae mineral sulfurado. Este complejo minero produce concentrado de cobre, cátodos electrolíticos de cobre, ánodos electrolíticos de cobre. El yacimiento se explota desde muy antigua data, incluso desde antes de la dominación Inca, pero desde el año 1915 bajo la responsabilidad de sus antiguos dueños, una empresa norteamericana, que implementó la producción de barras de cobre fino es que se da inicio a la explotación industrial del yacimiento, sin embargo desde el año 1971 debido a la nacionalización del cobre, este complejo minero pasa a ser completamente propiedad del Estado Chileno y es explotado bajo la responsabilidad de la empresa estatal (Ministerio de Minería 2018). Los residuos industriales líquidos que genera la división históricamente han sido dispuestos en dos tranques de relaves de grandes dimensiones, el Tranque de Relaves de Talabre y el Tranque de El Indio, los cuales originalmente eran lechos de salares naturales (Azil 2001).

Folio005502

iii. Sector agrícola

A la fecha, los datos que utilizan los diversos análisis sobre el sector agrícola, tanto de ODEPA, como INE se basan en el Censo Nacional Agropecuario y Forestal del 2007, ya que el próximo levantamiento de información se encuentra programado aproximadamente para marzo de 2019 (ODEPA 2016), por lo que el posterior análisis se basará en el mismo insumo de datos.

Si bien la agricultura no representa un peso relativo relevante en aporte al PIB regional representando un 0,4 % del número de empresas y 0,1 % de ventas y empleos en la región, (tal como se observa en la Tabla 3.25), sí cobra un gran valor cultural presente en las comunidades rurales, indígenas y urbanas presentes en la cuenca. Dentro de la cuenca, la comuna de Calama es la que presenta mayor superficie de explotación agropecuaria, existiendo actividad en las localidades de Lasana, Chiu Chiu, Lasana, Ayquina, Caspana, entre otras (ECONAT consultores 2005). En cuanto a la superficie cultivada bajo riego, Calama presenta más de 2000 hectáreas de las cuales más de un 95 % son regadas bajo sistemas gravitacionales de baja eficiencia, tal como se observa en la Figura 3.47

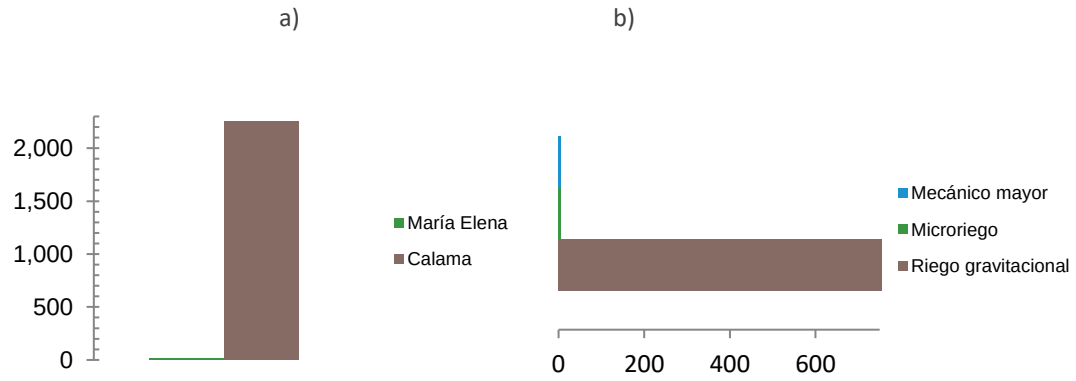


Figura 3.47. a) superficie de explotaciones agropecuarias bajo riego. b) Superficies por sistema de riego en Calama. Censo nacional agropecuario 2007

Por otra parte, en la comuna de Maria Elena la actividad agropecuaria es sustancialmente menor según los datos del censo nacional agropecuario del 2007, la cual se desarrolla prácticamente en la localidad de Quillagüa (ECONAT consultores 2005), sin embargo, existe una tendencia a la baja dada las precarias condiciones de calidad y cantidad de agua de la que disponen los Quillagüinos, de hecho, estos mismos han declarado que actualmente prácticamente no existe agricultura precisamente a causa de los factores antes descritos.

Dentro de las explotaciones agropecuarias, las más importantes son las forrajeras, las hortalizas y los cereales en menor medida (Figura 3.48). El hecho de que exista gran producción de plantas forrajeras se relaciona con un importante papel de la ganadería en la cuenca, en tanto a los cultivos que no se encuentran asociados a la ganadería,

principalmente las hortalizas, estos se orientan para satisfacer la demanda local de Calama y las demás ciudades de la Región (ECONAT Consultores 2015).

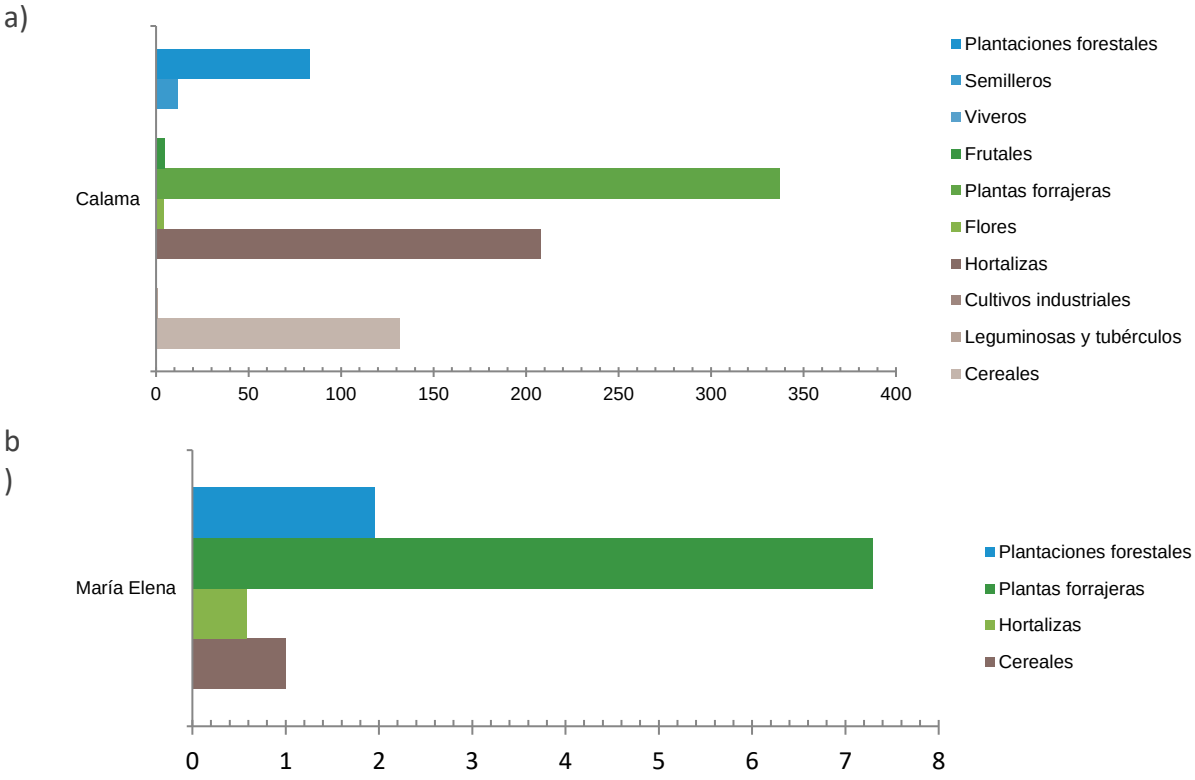
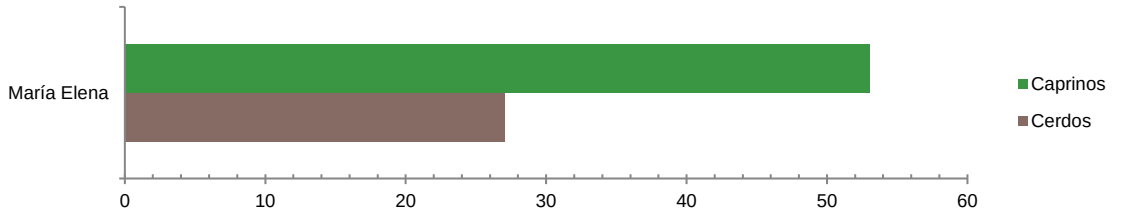


Figura 3.48. Superficie total plantada (ha) según grupo de cultivos a) Calama. b) Maria Elena. Censo nacional agropecuario 2007

Según los datos del Censo agropecuario 2007 la ganadería de Calama produce principalmente ovinos, caprinos y llamas agrupando cerca de 9.000 cabezas de ganado, mientras que la comuna de María Elena con una producción significativamente menor, trabaja principalmente con ovinos y cerdos agrupando cerca de 90 cabezas, como se señala en el siguiente gráfico (ver Figura 3.49).

a)



b)

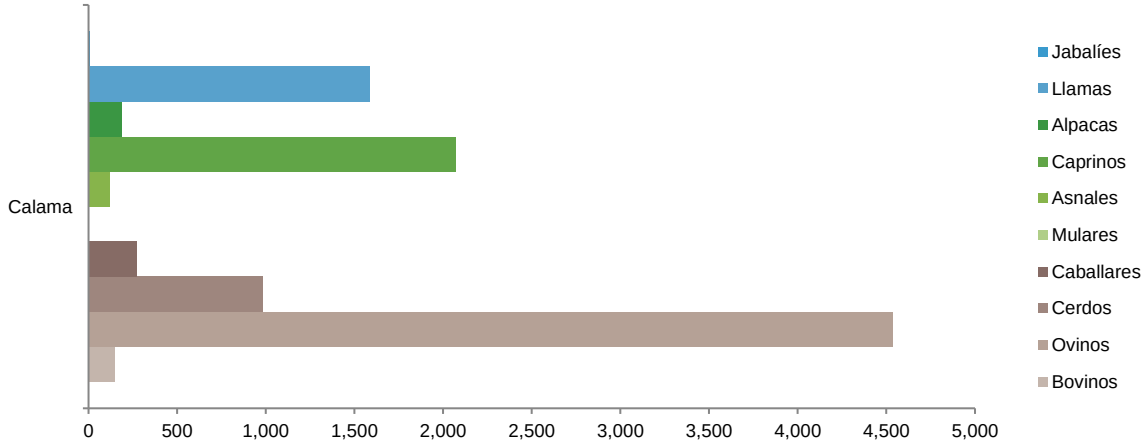


Figura 3.49. Existencia de ganado. a) Cabezas de ganado en Maria Elena. b) Cabezas de ganado en Calama. Censo nacional agropecuario 2007

3.1.8 Identificación de servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos identificados se presentan según la clasificación de Haines-Young and Potshin (2012), metodología indicada por el MMA en 2014, y se describen a continuación:

3.1.8.1 Servicios de provisión

3.1.8.1.1 Recolección de recursos hidrobiológicos asociados al cuerpo fluvial

En la parte baja de la cuenca, está presente el Camarón de río del Norte de Chile, Cryphiops caementarius (Molina 1782), el cual históricamente ha sido un recurso hidrobiológico fundamental, principalmente en la zona de la desembocadura y la localidad de Quillagüa, cuyos habitantes han declarado durante los talleres de difusión del actual estudio, que previo al desarrollo de grandes proyectos asociados el río Loa, esta especie representó un pilar en lo económico y nutricional para su subsistencia, así también lo declara la Red de Mujeres del Loa en un material audiovisual realizado en 2014 a través del instrumento de fomento del Gobierno Regional, FNDR 2% de cultura. Adicionalmente, el Ministerio del Medio Ambiente (2013) en la ficha de antecedentes de la especie declara que durante el periodo 2000-2013, se observa una disminución de la especie cercana al 50%, lo cual se puede atribuir a al efecto negativo que han generado derrames accidentales de faenas mineras.

Otra especie de importancia comercial presente en el río es la Trucha arcoíris, Oncorhynchus mykiss, especie norteamericana introducida. Hasta el momento no existe un estudio que precise el estado de la Trucha en el río Loa y según lo establecido por Ley, está prohibida su extracción, tal como se señala en el decreto excento N°698 de noviembre de 2017, del Ministerio de economía, fomento y turismo, subsecretaría de pesca y acuicultura (http://bcn.cl/286tu). Solo está permitida la pesca de ella de forma recreativa. Aun así, la venden como un plato gourmet en el Alto Loa (Fuente: soychile.cl - https://www.soychile.cl/Calama/Sociedad/2018/08/24/552049/Esta-prohibida-la-comercializacion-de-la-trucha-del-rio-Loa.aspx).

3.1.8.1.2 Producción agrícola y ganadera

Desde épocas precolombinas asentamientos humanos se han emplazado en zonas aledañas al río, estableciendo un desarrollo cultural fuertemente ligado a la agricultura (Gleisner 2014). Las zonas más relevantes para este uso son los diversos oasis presentes a lo largo del río, Lasana, Chiu Chiu, Calama, Quillagüa. Este último ha sido significativamente afectado por el gradual deterioro del estado ambiental de las aguas, debido a prácticamente la ausencia de agua para satisfacer las demandas de los cultivos en épocas estivales y a la disminución de la calidad de agua para riego producto de la menor dilución de sales y elementos contaminantes. Esto implica que incluso la alfalfa, cultivo tolerante a condiciones salinas, ya no se puede producir según declara la comunidad Aymara del sector de Quillagua, la pérdida de este cultivo se llevó consigo la

posibilidad de criar animales o incluso miel la cual se producía a partir de los alfalfales, (Documental En la ruta de las Mujeres del Agua, FNDR 2% de Cultura 2014).

En la actualidad la agricultura de la cuenca produce principalmente alfalfa (a excepción de la parte baja) que se utiliza para la producción precuaria, hortalizas y maíz, que son cultivos con relativa resistencia al As y B. Gran parte de esta actividad está asociada a la agricultura de subsistencia (ECONAT consultores 2005). En tanto a la actividad pecuaria, esta se asocia principalmente a sectores en que el agua fluye naturalmente, como es el caso de vegas y bofedales asociados a los oasis.

3.1.8.1.3 Agua potable y saneamiento

Las aguas del río Loa, en particular provenientes del sector alto de la cuenca, dan sustento a las grandes ciudades de la región, como es el caso de Calama y Antofagasta. Para el caso de agua potable la principal extracción se realiza en las captaciones de Linzor, Toconce, Hojalar, Lequena, Quinchimale y Puente negro (CONIC FB 2016). Las captaciones se establecieron en la parte alta de la cuenca, precisamente porque la calidad de agua de esta zona es la mejor, ya que es cercana al nacimiento de los cuerpos fluviales los cuales están sometidos a menores presiones de contaminación. Sin embargo, la población de las grandes ciudades no valora el recurso lo suficiente como para hacer un uso doméstico eficiente y sustentable, debido principalmente a que la mayor parte de los habitantes de estos grandes asentamientos urbanos desconoce la presión que generan estas extracciones de agua sobre el ecosistema fluvial y no poseen una identificación con el territorio que los motiven a conocer el estado ambiental de las aguas (Econat Consultores 2005). Además de estos antecedentes, un 28,2 % de los habitantes de la región se caracterizan por ser una población flotante, que tienen menores posibilidades de conocer los problemas locales referentes al recurso hídrico y su uso (Subdere, 2018).

En Calama cerca de 165.000 habitantes gozan de un servicio de saneamiento, suministrado por la empresa Tratacal, cuyo sistema de recolección gravitacional, con una pendiente media dirección nor oriente- sur poniente, desembocando finalmente en una planta de tratamiento ubicada en el sector de Quetena al poniente de la ciudad (Duran, 2016). Posterior al proceso de la planta, las aguas tratadas son vertidas en quebrada quetena, aguas arriba del río San Salvador, el cual confluye con el río Loa, lugar donde es posible ver una importante producción de espuma.

3.1.8.2 Servicios de regulación y mantención

3.1.8.2.1 Corredor biológico único en la Región

El río Loa, cómo ya se ha mencionado en diversos acápites del presente informe, se caracteriza por ser el más extenso a nivel nacional y el único cuerpo fluvial de la región que desemboca en el mar. Esta condición genera un corredor biológico único, donde sus aguas conectan la Cordillera de los Andes con el océano pacífico

3.1.8.2.2 Retención de contaminantes por parte de cobertura vegetal tolerante

Las especies vegetales que se encuentran aledañas a las zonas de escorrentías; particularmente en las zonas bajas del río, dónde su calidad va bastante mermada dado las presiones a la cual se expone el cuerpo fluvial aguas arriba; presentan altos niveles de tolerancia a la salinidad y más importante aún, cumplen un rol biológico de control de diversos elementos contaminantes cómo el As, a través de procesos de fitoestabilización, fitoextracción (como sucede con la especie Atriplex atacamensis) o inclusive, la sorción directa de este elemento por parte de la materia orgánica presente bajo las coberturas vegetales. (Bugueño 2014)

3.1.8.3 Servicios culturales

3.1.8.3.1 Uso recreativo de las aguas

Según los registros del Servicio Nacional de Turismo en relación con los atractivos turísticos de la Región de Antofagasta (2012), se señalan sectores que son utilizados como balneario por los habitantes y visitantes, destacando los ubicados en las comunas de Calama y María Elena correspondientes a los sitios naturales Las Cascadasanex y Balneario Coya Sur respectivamente. El primero corresponde a una piscina natural que se produce gracias a una cascada del río Loa, la cual se encuentra habitada por tórtolas, jilgueros, zorzales entre otras aves; mientras que el segundo sector con características de balneario, ubicado a 22 kilómetros de la ciudad de María Elena, cuenta con espacios dedicados para el camping, además en sectores aledaños es posible visitar la Escalera del Indio, labrada en la ladera de una quebrada en 1874, salitreras abandonadas, geoglifos y petroglifos (SERNATUR 2012).

Por otro lado, otra actividad recreativa que tiene lugar en las riberas del río, es la pesca deportiva principalmente de la Trucha arcoíris antes mencionada, sin embargo, esta actividad debe ser bajo los estándares de licencia que entrega SERNAPESCA, pudiendo realizar extracciones que no superen los 15 kg por día.

3.1.8.3.2 Interacciones físicas y espirituales

Existe una estrecha relación de los pueblos originarios y el río. Un factor común que tienen las etnias indígenas presentes en la cuenca, principalmente Aymaras, Atacameños y Quechuas es su visión del río como un ente viviente, que es capaz de proveer una serie de grandes beneficios para estas comunidades (Gleisner 2014).Algunos de los ritos que se celebran en torno a las aguas, es la limpieza de canales, la cual se hace en familia o en comunidad y tiene por objetivo limpiar de obstáculos los canales de manera que el agua fluya sin problemas y llegue a las zonas de regadío sin desbordarse o encharcarse. También se realizan diversos ritos en los que se hacen ofrendas a la pacha mama y al río, para pedir permiso del uso de sus aguas y agradecer los beneficios que provee a las

Folio005508

comunidades (Gleisner 2014). Sin embargo, las constantes presiones sobre las aguas, que producen la disminución en cantidad y en calidad, afectan directamente a estas costumbres, ya que muchos comuneros se han sentido agobiados por esta situación y han optado por vender sus derechos de aprovechamiento de aguas migrando, y de esta forma mermando la cultura ancestral (Carrasco y Fernandez 2009).

3.1.9 Identificación de problemas y conflictos

Si bien, según el código civil el agua es un bien natural de uso público, sin embargo, con la promulgación del actual código de aguas en 1981 se genera la figura del derecho de aprovechamiento de las mismas, derecho que es entregado a perpetuidad y donde el titular puede administrarlo de la misma forma que un bien raíz, pudiendo transar libremente este bien en función de la dinámica del mercado. A raíz de esta figura se crea un desarrollo económico en la región, basado en el uso de este recurso donde el sector minero y sanitario adquiere un rol preponderante en el uso del agua, generando presiones en diversos sectores de la cuenca, lo que desemboca en problemas socio-ambientales que se describen a continuación.

3.1.9.1 Enriquecimiento de Arsénico

Según un estudio realizado por Mukherjee et al 2014, dónde se evalúa a escala global el origen del enriquecimiento de Arsénico en las fuentes hídricas, se determina que esta situación se debe tanto a causas naturales como a causas antrópicas. Las zonas naturalmente ricas en As se encuentran asociadas a actividad volcánica cercana, como sucede en los casos de la India asociada al cordón montañoso del Himalaya, Rocky Mountain y Aplachian Mountain en Estados Unidos y Los Andes de Argentina y Chile. En tanto a la actividad antrópica, la minería tiene una relevante implicancia en el aumento del arsénico en el territorio.

En el caso de la cuenca del río Loa, la condición de enriquecimiento por arsénico está ampliamente favorecida por la actividad minera, debido a la suspensión de material particulado rico en minerales, tales como trióxido de arsénico. Demás de los grandes aportes que provienen de fuente geotermal del Tatio, las cuales promedian una concentración de 27 mg/lt (Vromman et al, 2016).

Dentro de los factores que determinan la biodisponibilidad del Arsénico se encuentran, el pH, potencial redox, textura y estructura de suelo, materia orgánica, y óxidos metálicos. Una alta conductividad eléctrica y pH alcalinos favorecen la movilidad del arsénico desde rocas volcánicas a los cuerpos fluviales (Vromman et al, 2016), condición representativa del río Loa.

Según la Organización Mundial de la Salud, el Arsénico (As) es un elemento contaminante natural y/o antrópico, que constituye una seria amenaza para la vida, relacionado con el

cáncer. Smith (Smith et al, 2007) estimaron que para el periodo de 1989-1993, un 7% de las muertes a en la región de Antofagasta se debían a la exposición al As.

Actualmente las principales ciudades de la región tienen acceso a agua potable que ha recibido un tratamiento de abatimiento de As, sin embargo, comunidades locales se encuentran expuestas a las altas concentraciones de este elemento en las fuentes de agua subterráneas (Vromman, et al 2016).

3.1.9.2 Xantato estudio SAG

En el año 2000, la dirección regional de Antofagasta del Servicio Agrícola y Ganadero realizó el estudio "Informe contaminación río Loa, período marzo 1997 – febrero 2000." (SAG, 2000), que analiza eventos de contaminación producidos entre los años 1997 y 2000 a través de análisis de calidad de agua en determinadas estaciones aguas abajo de tranque Talabre, y se determinó la presencia de Xantato, un producto del proceso de la minería, concluyendo que los eventos de contaminación se sucedieron de esta actividad, condicionando la calidad ambiental de las aguas en la localidad de Quillagüa. Los mismos habitantes de esta comunidad indican este evento como la muerte de la agricultura a manos de la gran minería, declarando que nunca se recuperó totalmente la capacidad productiva de los suelos, y el desenso de la capacidad del río para sostener recursos hidrobiológicos identificados con la zona, como lo son los camarones de río.

3.1.9.3 Contaminación desde faena El Abra

Con fecha 15 de diciembre de 1996 presentó un derrame de ácido sulfúrico que llegó al río Loa debido al colapso de una pila de lixiviación. En esta oportunidad habrían escurrido 13.000 litros de solución de ácido sulfúrico y cobre disuelto que cayeron al río Loa en las cercanías del embalse Conchi (Camus y Hajek, 1998). Además, debido al consumo de las aguas contaminadas del río Loa, se produjo la mortalidad de 15 ejemplares de ganado bovino en el sector de Lasana, que murieron entre el 16 de diciembre de 1996 y el 07 de enero de 1997, encontrándose en muestras de tejido y fecas de estos animales elevadas concentraciones de sulfato y cobre (SAG 2000).

3.1.10 Registro de emisiones del RETC

Se realizó una compilación de los datos registrados en la plataforma del RETC, estos datos corresponden a la masa de emisiones por año, para las comunas de Calama, Ollagüe, María Elena y Tocopilla. Estos resultados corresponden a los valores integrados de emisiones que presenta el sector agrícola, minero, sanitario y energético, mientras que el cuerpo receptor corresponde a suelo, aire y agua.

3.1.10.1 Medio receptor aire

Los siguientes valores de emisiones se encuentran relacionado al medio receptor aire, donde los sectores que tienen mayor influencia son la producción primaria del cobre y la

producción de energía termoeléctrica en base a la combustión de fósiles y carbón. Esta información fue recopilada para identificar posibles aportes (externos al cauce) de material particulado sobre el agua. Sin embargo, esta información no fue utilizada ya que los parámetros de sólidos suspendidos totales se encuentran dentro de los rangos aceptables (ver acápite 3.2.2.1).

3.1.10.1.1 MP 2,5

Para este componente, la comuna que más afectada es Calama con valores cercanos a las 570 ton año^{-1} en el periodo 2011, mientras que en María Elena los valores son bastantes menores alcanzando 22 ton año $^{-1}$ para el periodo 2015 y finalmente la comuna de Ollagüe es la que presenta los menores valores en relación al componente MP 2,5 cuyo mayor registro se presenta en el año 2011 con 0,05 ton año $^{-1}$

Los recuadros y flechas rojas en las figuras representan un acercamiento al gráfico en la zona encuadrada que será representada en la siguiente figura con una escala tal que se aprecien mejor los datos.

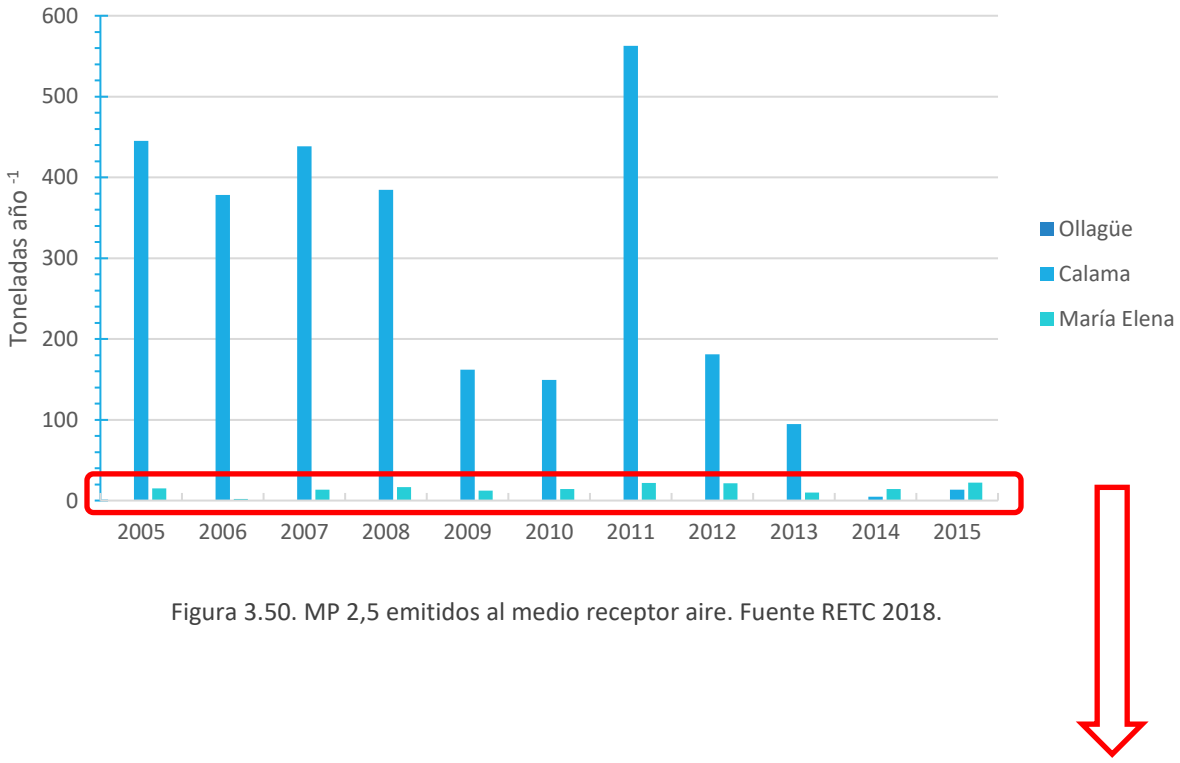


Figura 3.50. MP 2,5 emitidos al medio receptor aire. Fuente RETC 2018.

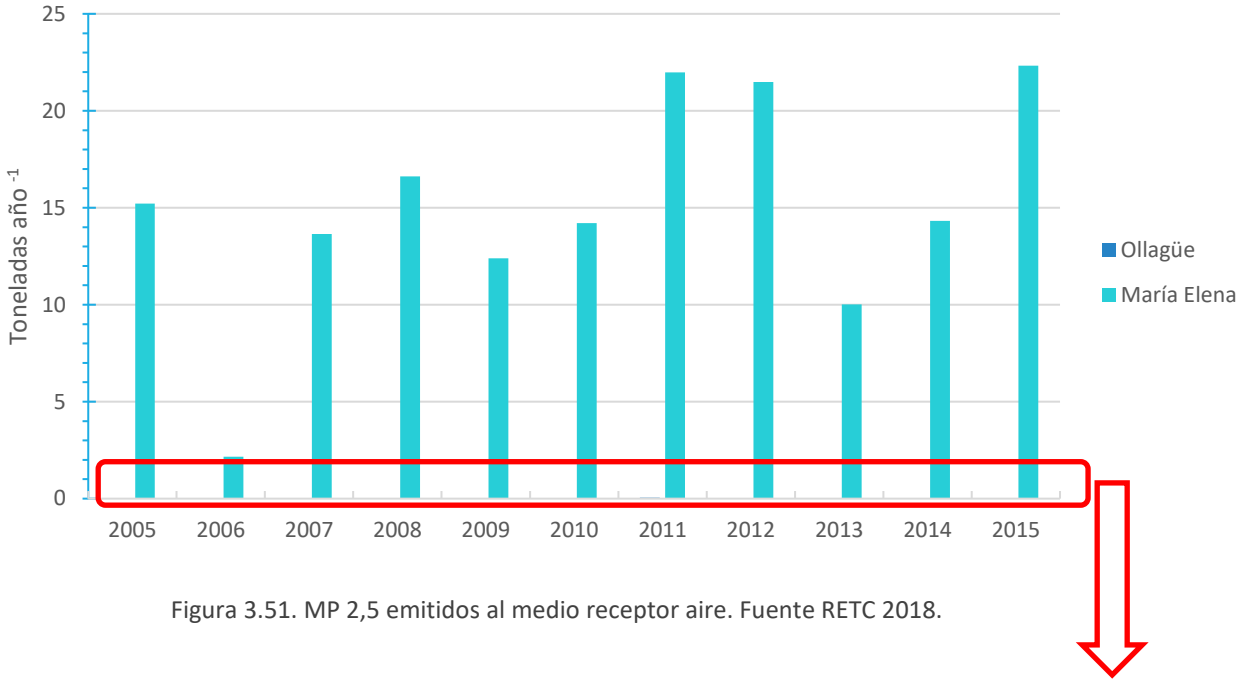


Figura 3.51. MP 2,5 emitidos al medio receptor aire. Fuente RETC 2018.

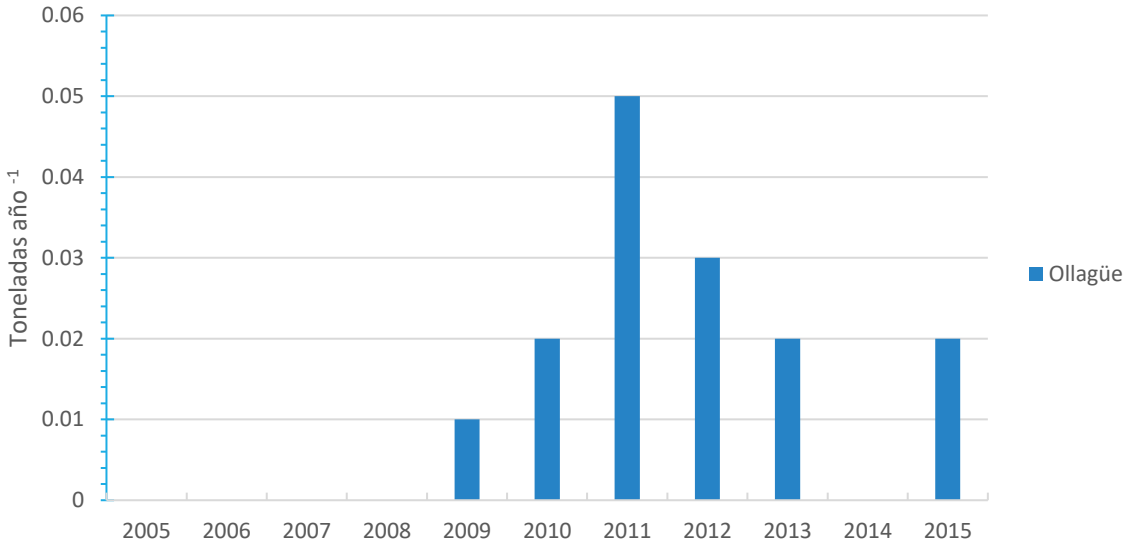


Figura 3.52. MP 2,5 emitidos al medio receptor aire. Fuente RETC 2018.

3.1.10.1.2 SO_2

En el caso del dióxido de azufre la comuna que presenta los valores más altos de emisiones corresponde a Calama que en el periodo 2016 registra valores de 600.000 ton año $^{-1}$, valores asociados a la industria de la minería y la producción primaria del Cobre. Para el caso de María Elena, el periodo con mayores registros de emisiones relacionadas al SO_2 fue en 2007 con un valor superior a las 1.000 ton año $^{-1}$, mientras que para el caso de Ollagüe, las emisiones fueron bastante menores con valores cercanos a 0,3 toneladas por año.

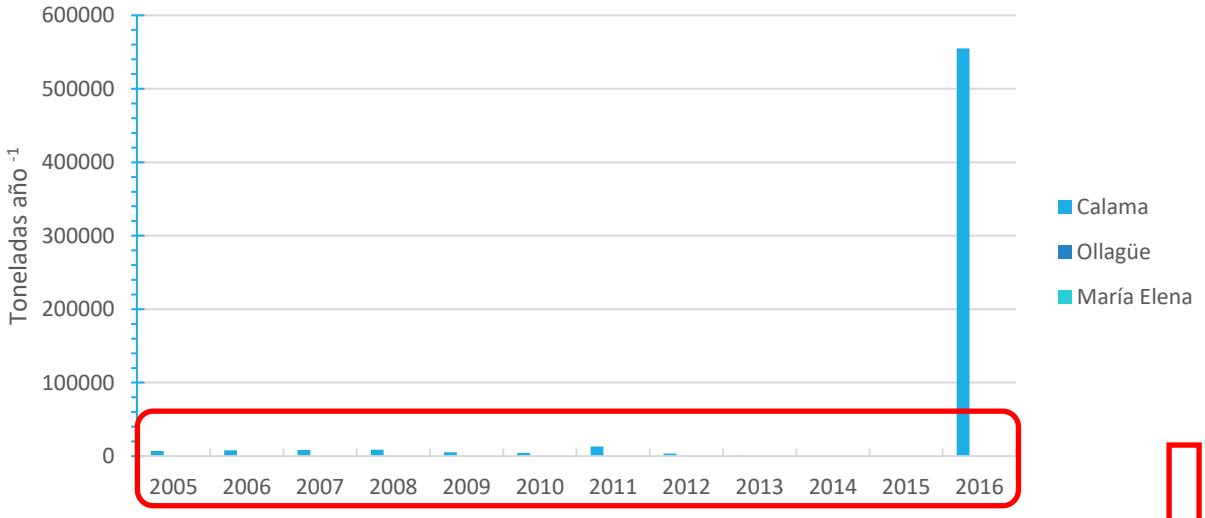
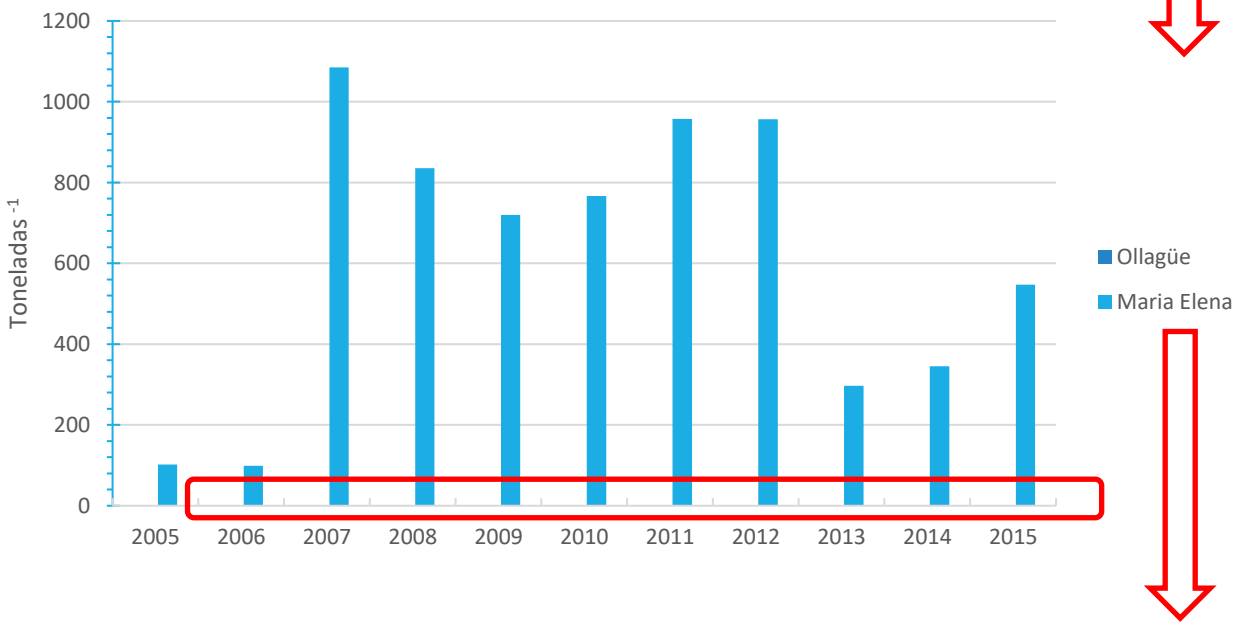


Figura 3.53. Emisiones de SO_2 al medio receptor aire para el periodo 2005-2016. Fuente RETC 2018.



Folio005513

Figura 3.54. Emisiones de SO_2 al medio receptor aire para el periodo 2005-2016. Fuente RETC 2018.

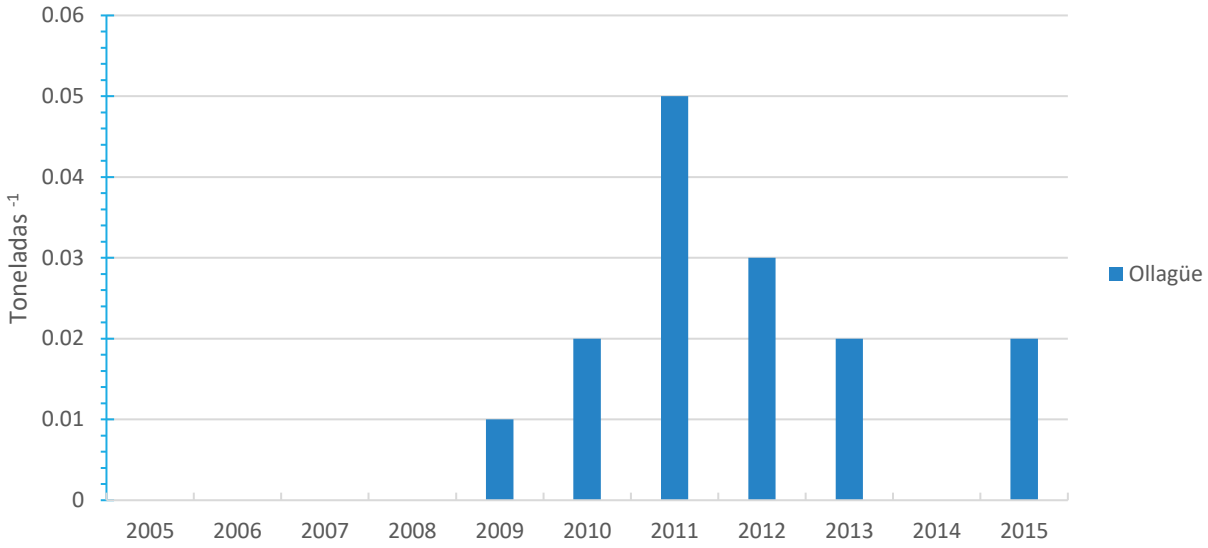


Figura 3.55. Emisiones de SO_2 al medio receptor aire para el periodo 2005-2016. Fuente RETC 2018.

3.1.10.1.3 CO_2

En relación al dióxido de carbono, la comuna que presentó los registros más altos fue Calama en 2011 alcanzando las 1.550.000 toneladas, asociada a la producción primaria del cobre y al uso industrial de calderas. En María Elena las mayores emisiones de anhídrido carbónico se registraron en 2005 con 286.472 toneladas, mientras que en Ollagüe el mayor registro figura en el año 2011 con 222,11 Toneladas.

Folio005514

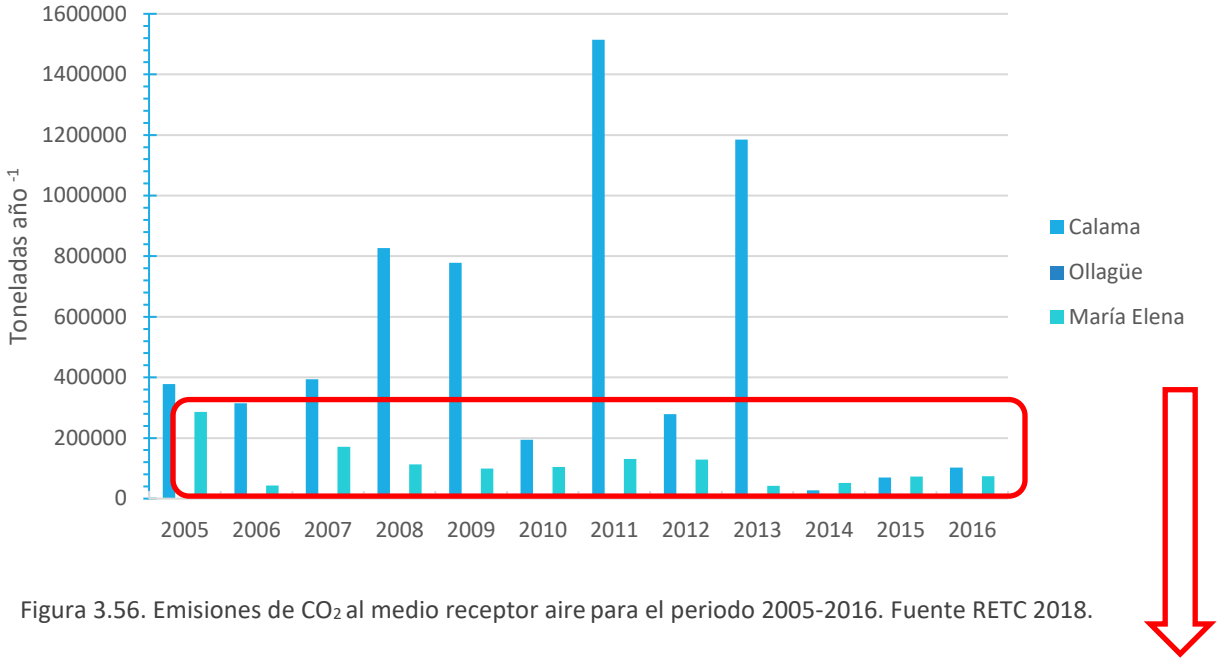


Figura 3.56. Emisiones de CO_2 al medio receptor aire para el periodo 2005-2016. Fuente RETC 2018.

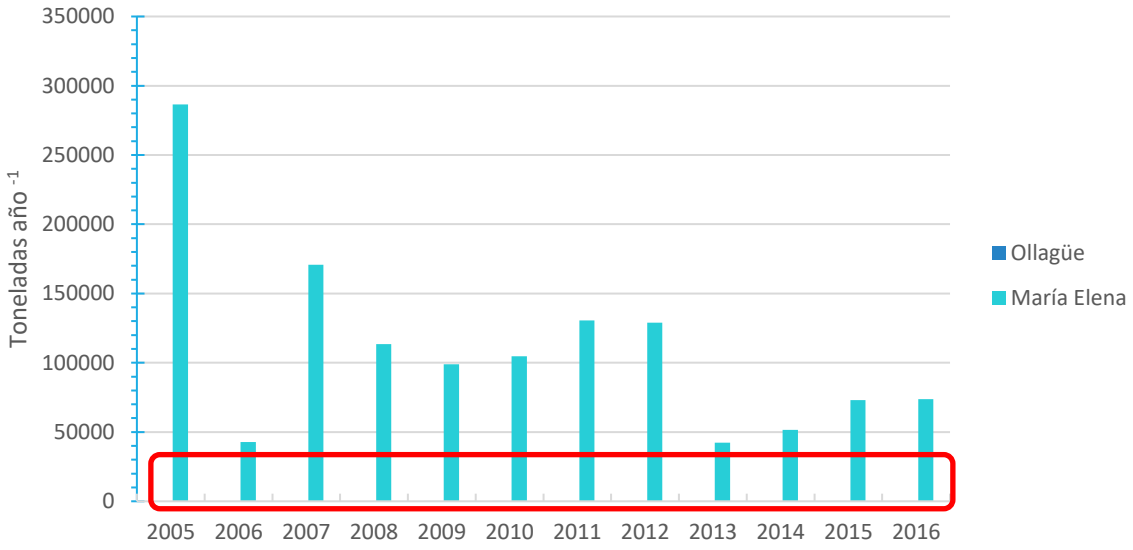


Figura 3.57. Emisiones de CO_2 al medio receptor aire para el periodo 2005-2016. Fuente RETC 2018.

Folio005515

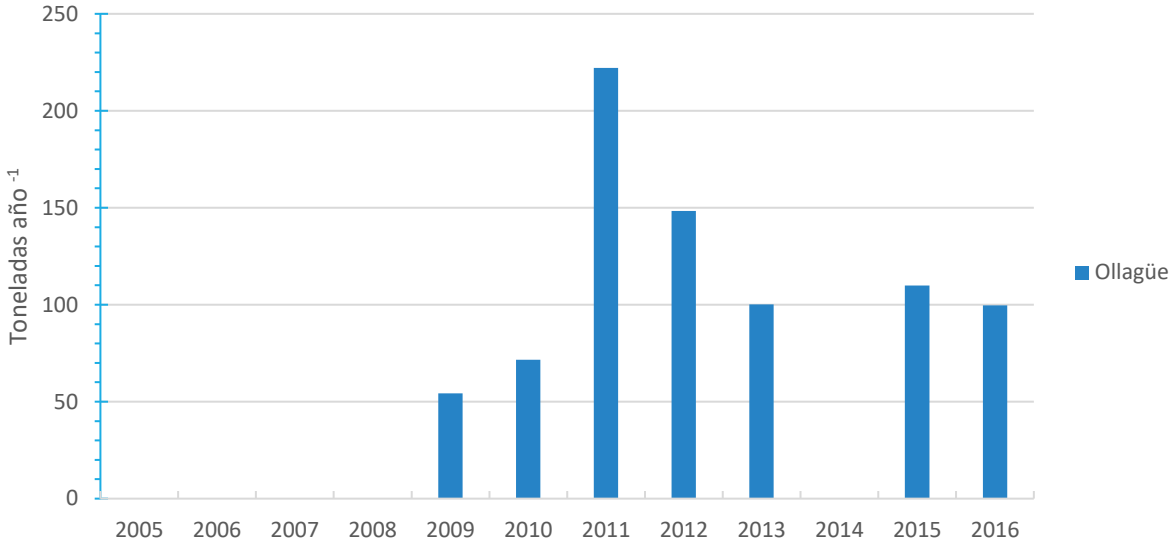


Figura 3.58. Emisiones de CO_2 al medio receptor aire para el periodo 2005-2016. Fuente RETC 2018.

Folio005516

3.1.10.1.4 CO

Al igual que los componentes anteriores, la comuna que más emisiones de monóxido de carbono es Calama cuyo valor más alto registrado corresponde a 520 toneladas durante el año 2011. De la misma forma que en todas las emisiones descritas, las comunas de María Elena y Ollagüe están afectadas en menor grado, alcanzando en el primer caso el mayor registro para el año 2005 con 108 toneladas, mientras que en el segundo caso los registros son considerablemente menores, alcanzando el registro máximo de 1,25 toneladas en 2011.

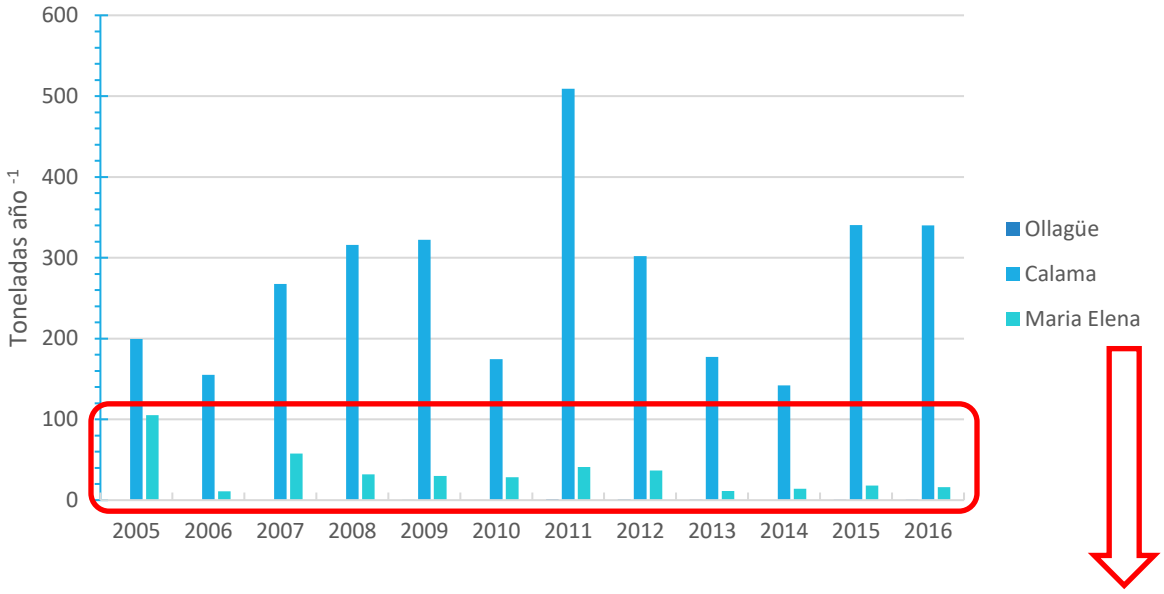
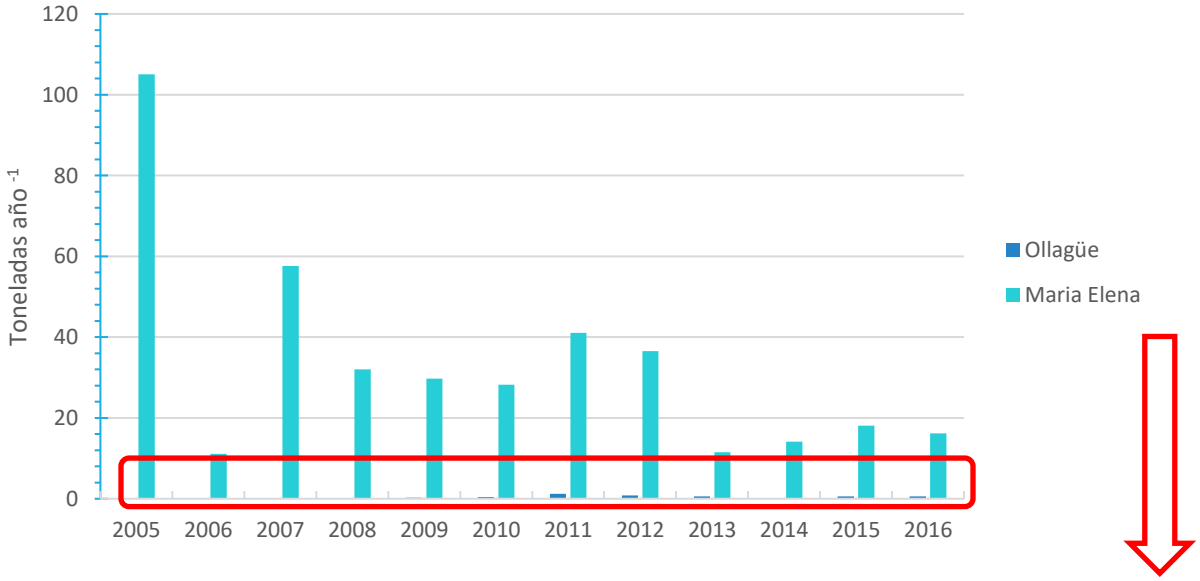


Figura 3.59. Emisiones de CO al medio receptor aire para el periodo 2005-2016. Fuente RETC 2018.



Folio005517

Figura 3.60. Emisiones de CO al medio receptor aire para el periodo 2005-2016. Fuente RETC 2018.

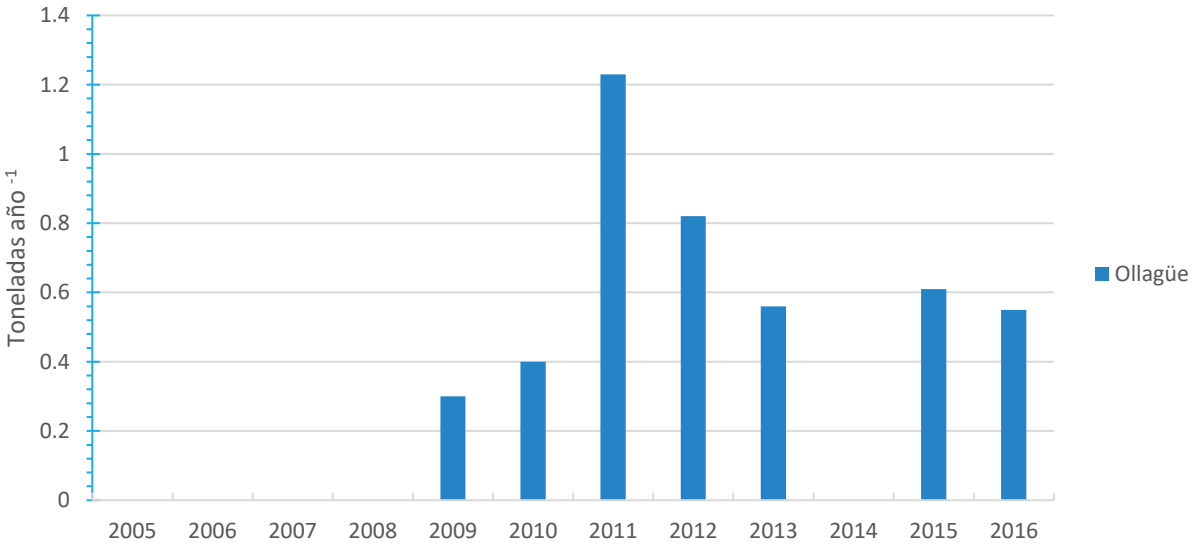


Figura 3.61. Emisiones de CO al medio receptor aire para el periodo 2005-2016. Fuente RETC 2018.

3.1.10.1.5 MP 10

Para las emisiones de MP10 la comuna que presenta el registro más alto es Calama con un valor cercano a las 34.000 toneladas para el año 2016. Para el mismo año Tocopilla presenta valores cercanos a las 16.000 toneladas, emisiones relacionadas principalmente a la producción primaria del cobre. El valor más alto para la comuna de María Elena tiene lugar en el periodo 2012 con 50 toneladas, mientras que en la comuna de Ollagüe se presentaron 0,2 toneladas durante el año 2011.

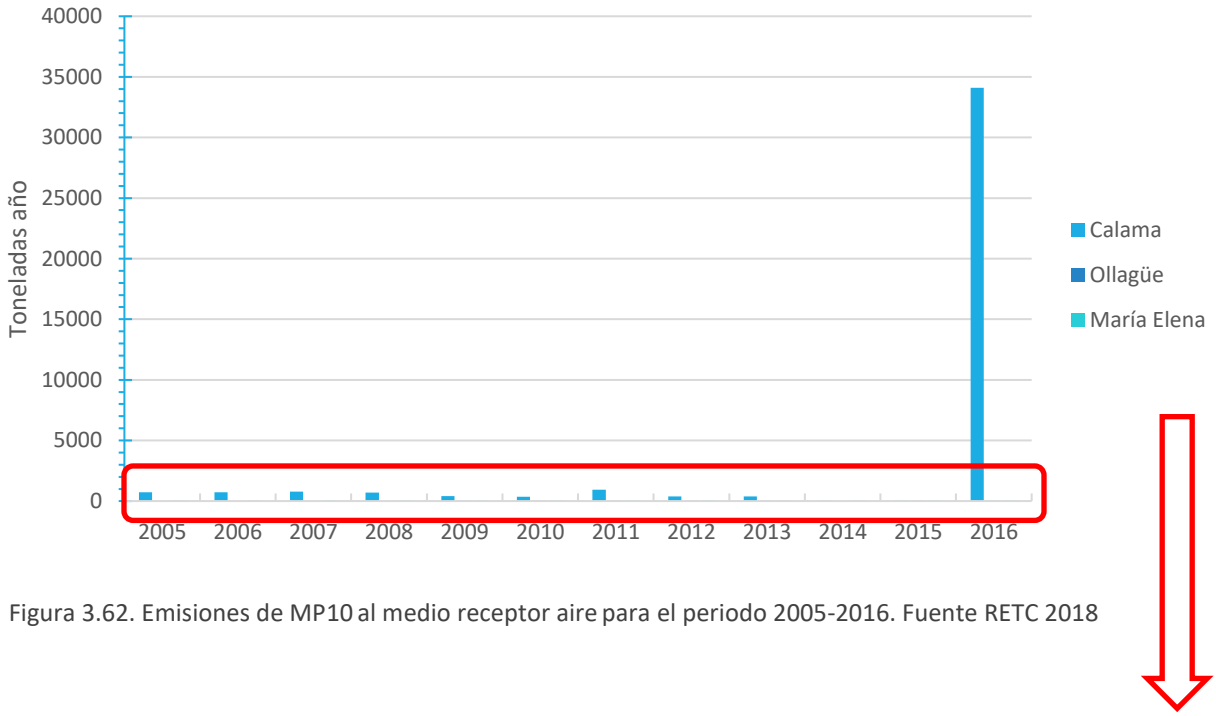


Figura 3.62. Emisiones de MP10 al medio receptor aire para el periodo 2005-2016. Fuente RETC 2018

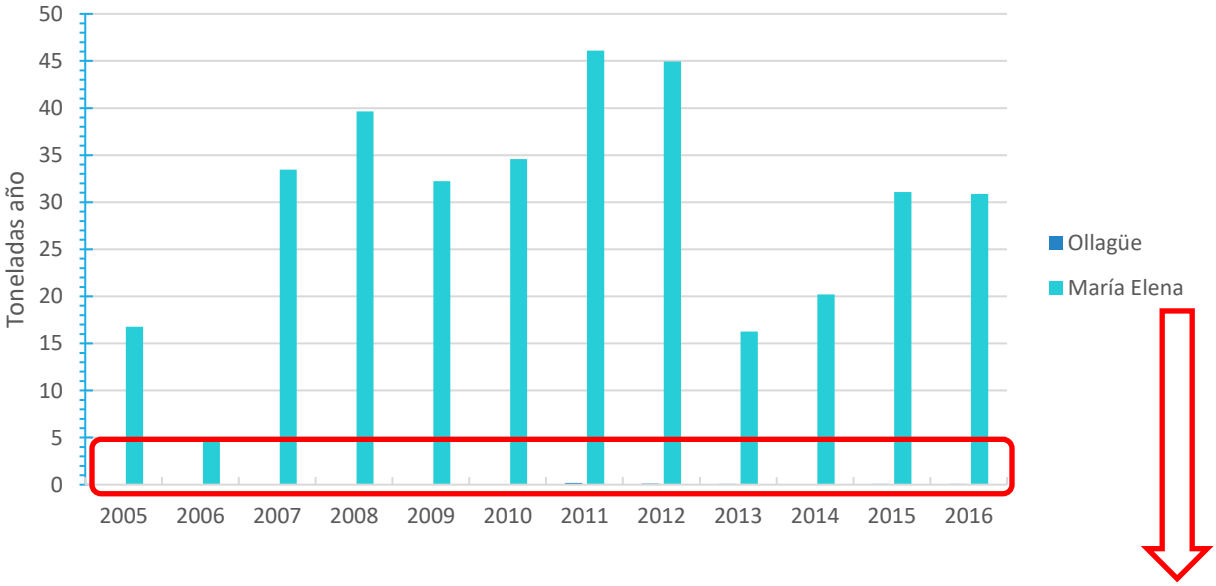


Figura 3.63. Emisiones de MP10 al medio receptor aire para el periodo 2005-2016. Fuente RETC 2018

Folio005519

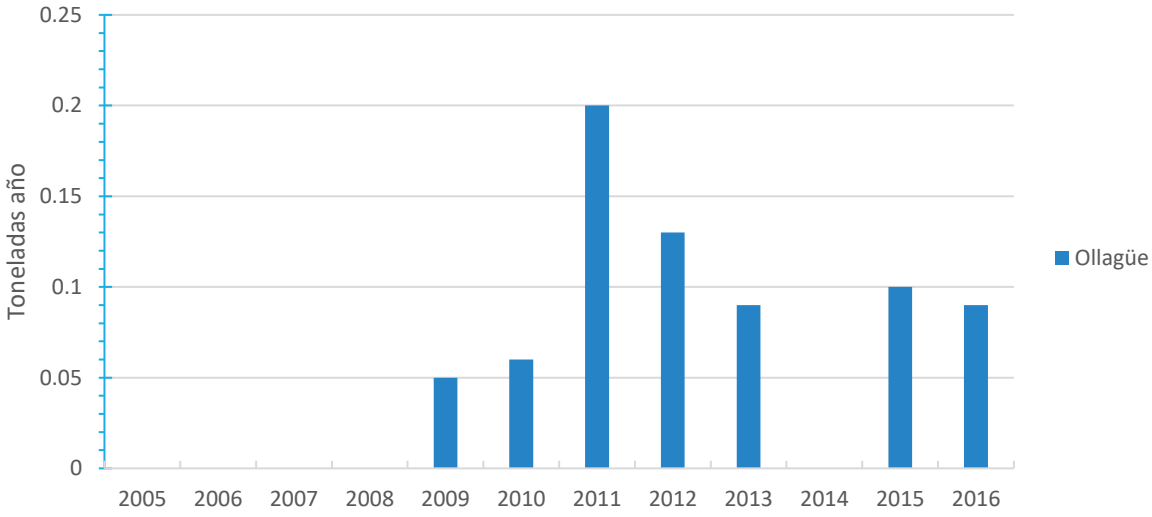


Figura 3.64. Emisiones de MP10 al medio receptor aire para el periodo 2005-2016. Fuente RETC 2018

3.1.10.2 Medio receptor agua

Para el medio receptor agua, se hizo el mismo ejercicio en el acápite anterior, integrando las emisiones de los sectores, agropecuarios, mineras, sanitarias y energético.

3.1.10.2.1 Sulfatos

Las emisiones registradas en el RETC para el parámetro sulfato solo presenta datos para la comuna de Calama. Los valores más altos del registro corresponden a 576,36 y 379,98 toneladas, correspondiente a los años 2011 y 2009 respectivamente.

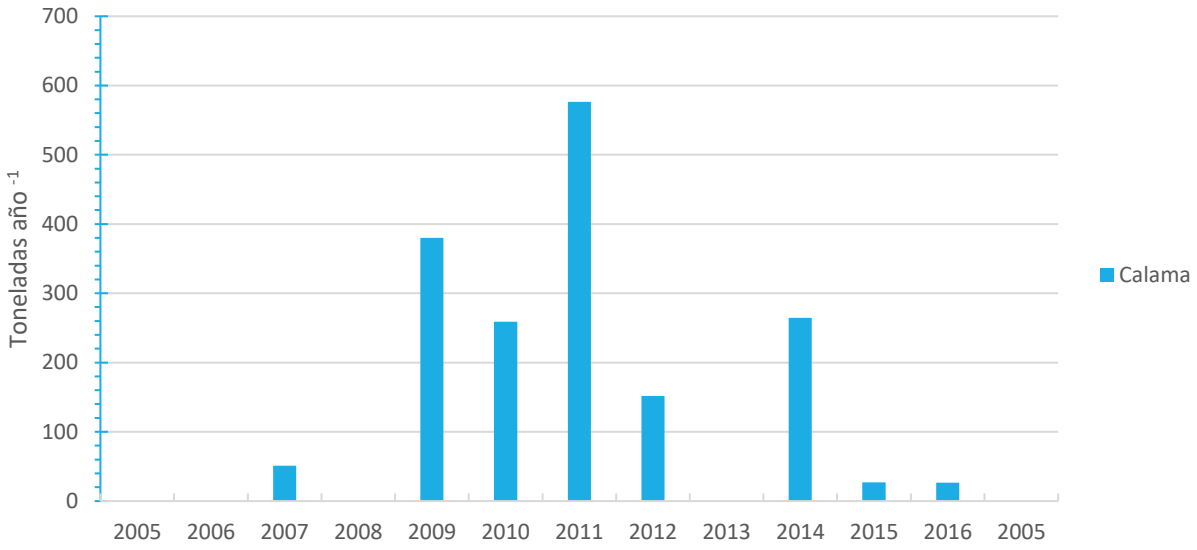


Figura 3.65 Emisiones de sulfatos al medio receptor agua. Fuente RETC 2018.

Folio005521

3.1.10.2.2 Boro

Para el caso del Boro, los valores mayores se presentan en los años 2012 y 2011 con 12,79 y 10,49 toneladas anuales respectivamente.

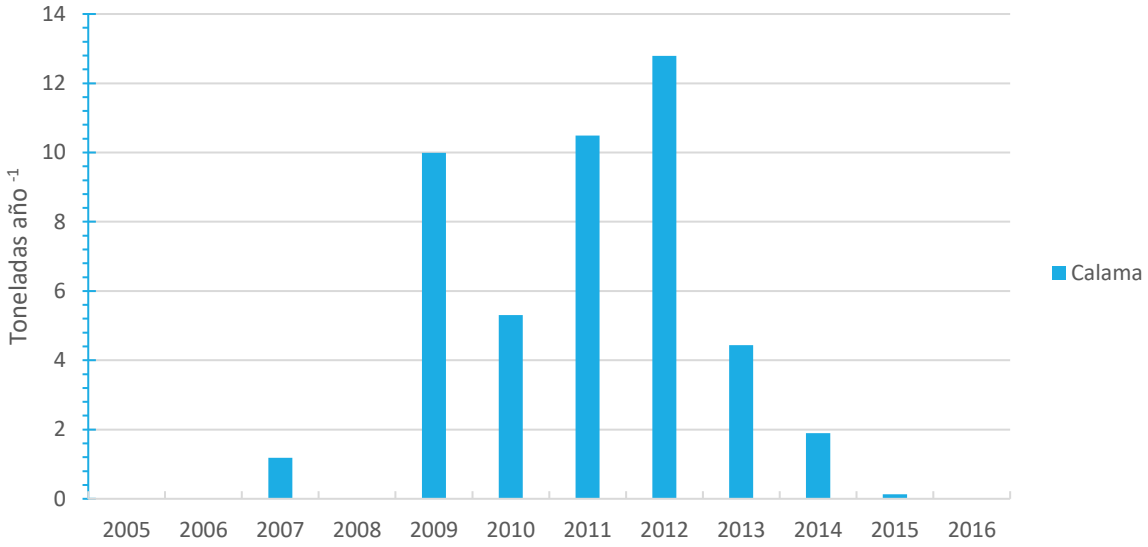


Figura 3.66. Emisiones de Boro al medio receptor agua. Fuente RETC 2018

3.1.10.2.3 Zinc

En el caso de las emisiones de Zinc para la comuna de Calama, los valores más altos se presentaron en los años 2011 y 2014 con valores del orden de 446,65 kilogramos y 279,84 kilogramos respectivamente, mientras que los registros que presentaron un menor valor se sucedieron en los años 2013 y 2015 con 0,88 y 8,33 kilogramos de emisiones de zinc respectivamente.

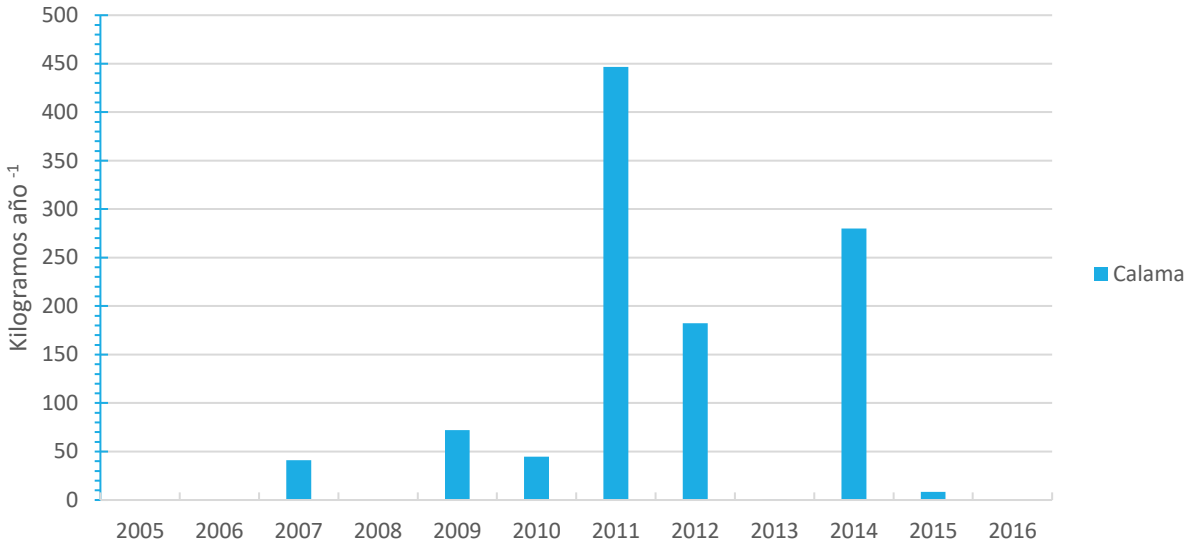


Figura 3.67. Emisiones de Zinc a medio receptor agua, Calama. Fuente RETC 2018

3.1.10.2.4 Cadmio

Para el caso de las emisiones de cadmio al medio receptor agua, la plataforma del RETC, sólo presenta registros para los periodos 2009-2012 y 2014-2015. El registro más alto se presenta en 2011 con 2,96 kilogramos, y el registro más bajo se presenta en 2014 con 0,07 kilogramos.

Folio005523

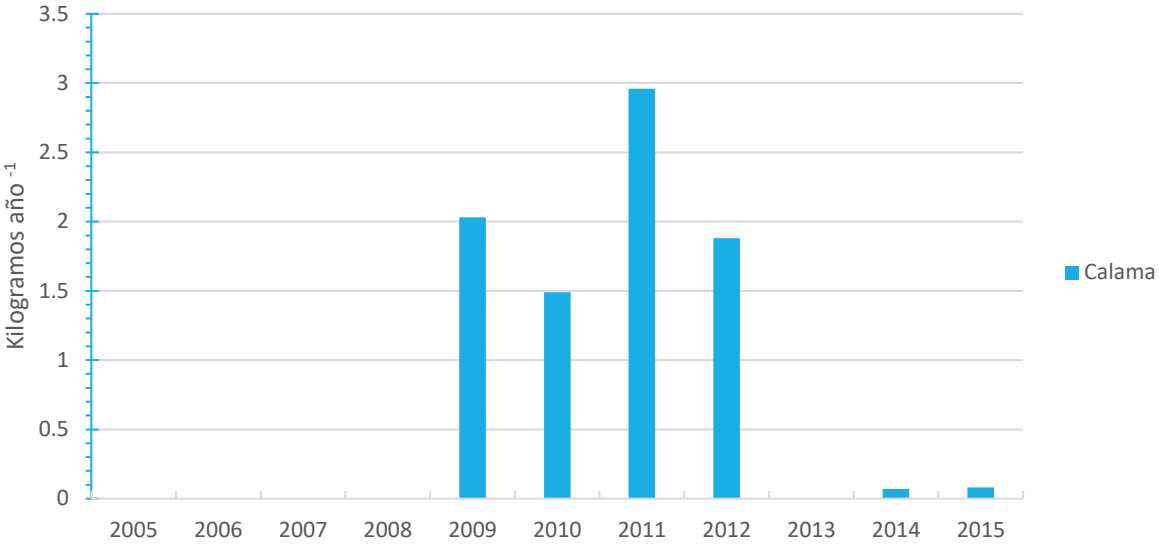


Figura 3.68. Emisiones de Cadmio a medio receptor agua, Calama. Fuente RETC 2018

Folio005524

3.1.10.2.5 Cloruro

Para este parámetro se registran emisiones en 2007 y el periodo 2009-2015, en el cual todos los registros superan las 2000 toneladas por año, presentando los mayores registros en 2012 y 2014 con 3304 y 3268 toneladas emitidas respectivamente. En 2007 el valor es significativamente menor a los registros de los años sucesivos, alcanzando solo 104,17 toneladas en su registro.

Figura 3.69. Emisiones de ión Cloruro a medio receptor agua. Fuente RETC 2018.

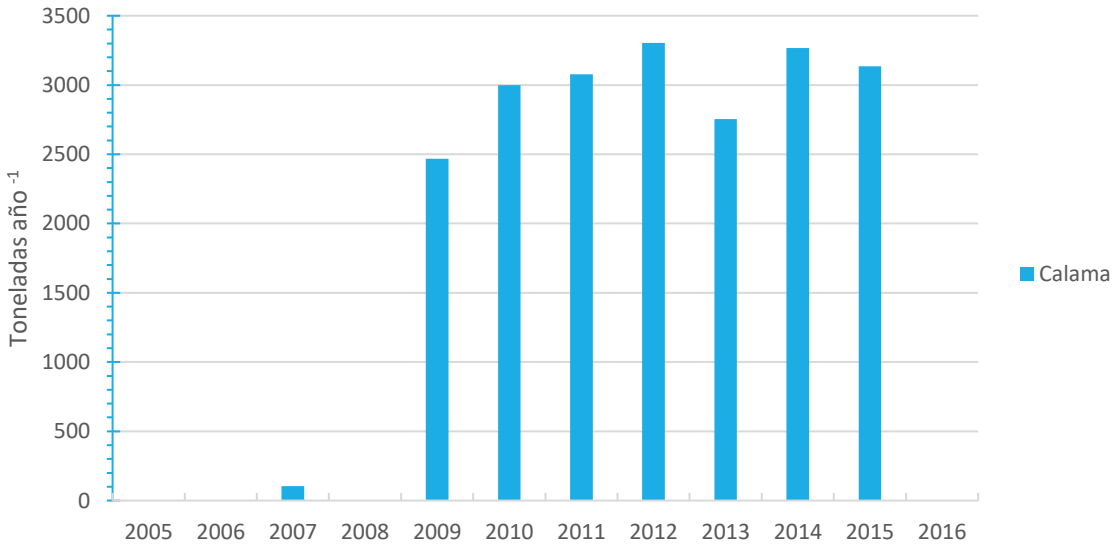


Figura 3.70. Emisiones de ión Cloruro a medio receptor agua. Fuente RETC 2018.

Folio005525

3.1.10.2.6 Cobre

Para el caso de las emisiones de cobre, ningún registro supera los 100 kilogramos por año, siendo el mayor valor registrado en 2011 con 96,55 kilogramos, mientras que el valor mínimo se presentó en 2014 con 4,72 kilogramos.

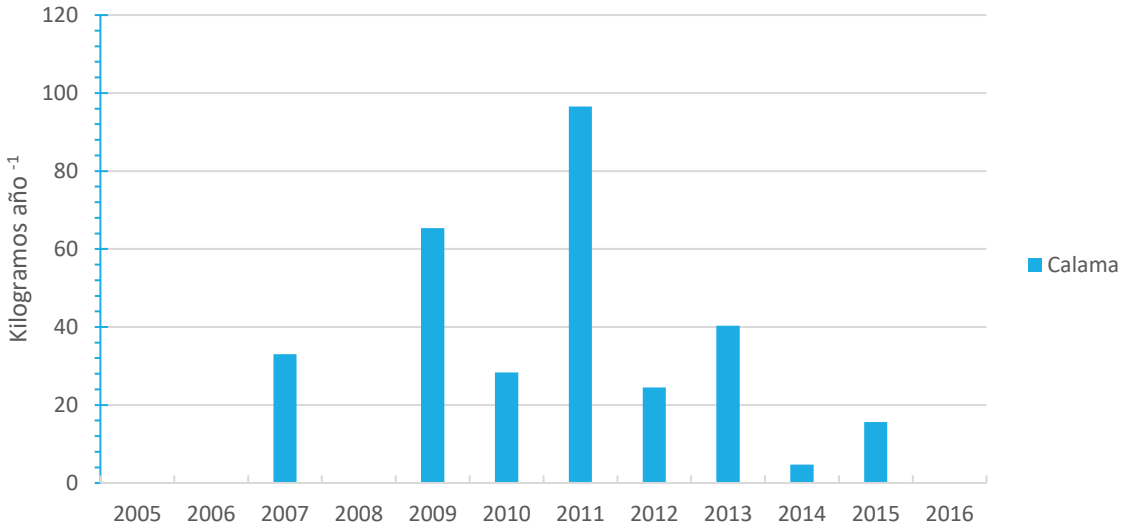


Figura 3.71. Emisiones de ion Cobre a medio receptor agua. Fuente RETC 2018.

Folio005526

3.1.10.2.7 Cromo hexavalente

Para el caso del cromo hexavalente los valores son sustancialmente menores al resto de los parámetros registrados en las emisiones a cuerpo receptor agua, sin embargo solo figuran dos valores en los registros del RETC, 2014 y 2015 con 0,7 kilogramos y 0,3 kilogramos respectivamente.

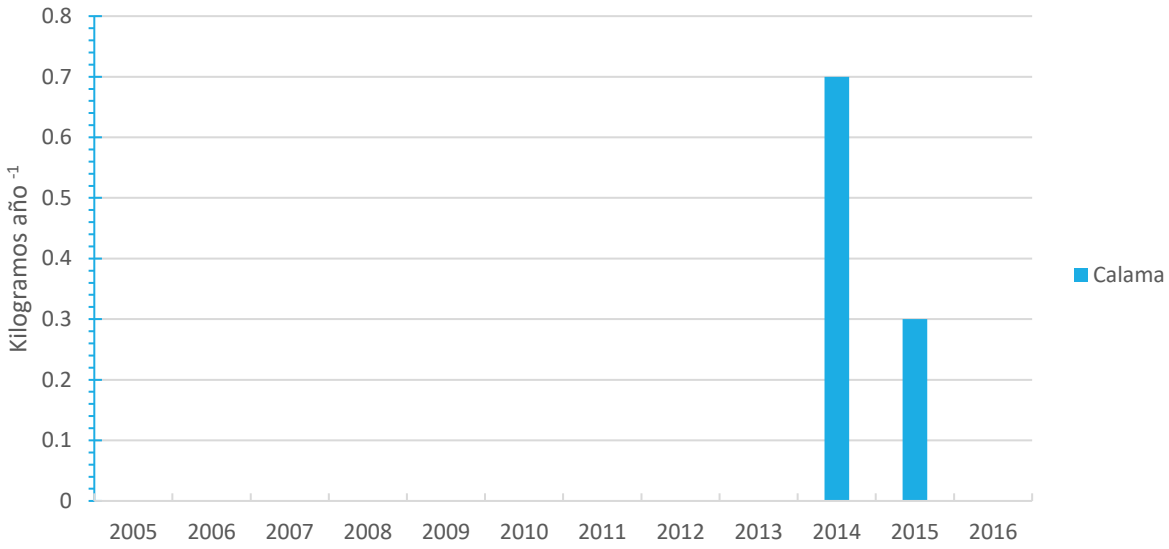


Figura 3.72 Emisiones de Cromo hexavalente a medio receptor agua. Fuente RETC 2018.

Folio005527

3.1.10.2.8 Cromo total

De las emisiones de cromo total registradas en la plataforma fue posible rescatar datos para el año 2008 el cual presentó el mayor valor correspondiendo a 16,01 toneladas y el periodo 2013 – 2016, en el cual no se superaron las 13 toneladas por año.

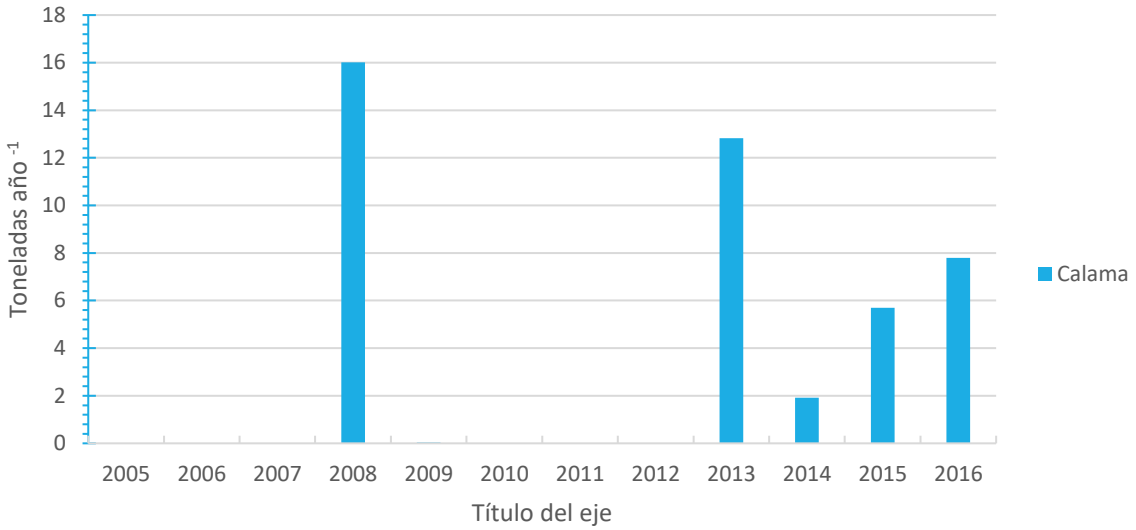


Figura 3.73. Emisiones de Cromo total a cuerpo receptor agua. Fuente RETC 2018

Folio005528

3.1.10.2.9 Arsénico

En la comuna de Calama el máximo aporte de arsénico se produjo el año 2005 con cerca de 92 kilogramos y el mínimo registro figura en el año 2013 16,29 kilogramos. En la comuna de María Elena los valores registrados son significativamente menores a los que se presentan en Calama, presentando las mayores emisiones al igual que en el caso anterior, en 2005 con 26,1 kilogramos y el menor registro corresponde al año 2013 con 2 toneladas.

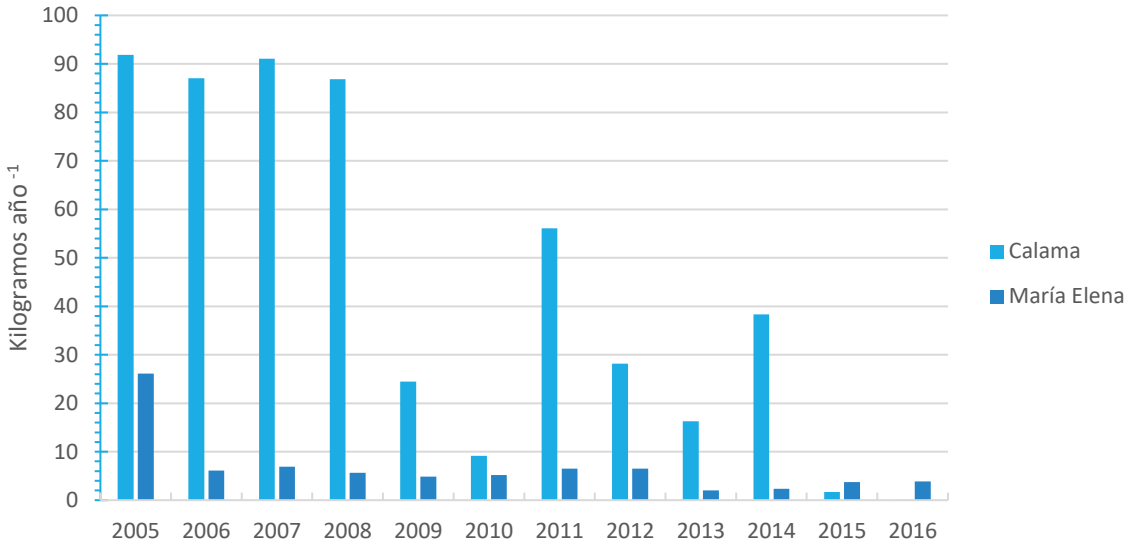


Figura 3.74. Emisiones de Arsénico a cuerpo receptor agua. Fuente RETC 2018.

3.1.10.2.10 Níquel

Para el caso de este elemento, en la plataforma digital del RETC se presentan registros en el año 2007 y en el periodo 2009 - 2015. El mayor registro se presenta en 2011 con 19,25 kilogramos, y el menor se presenta en 2015 con 0,5 kilogramos.

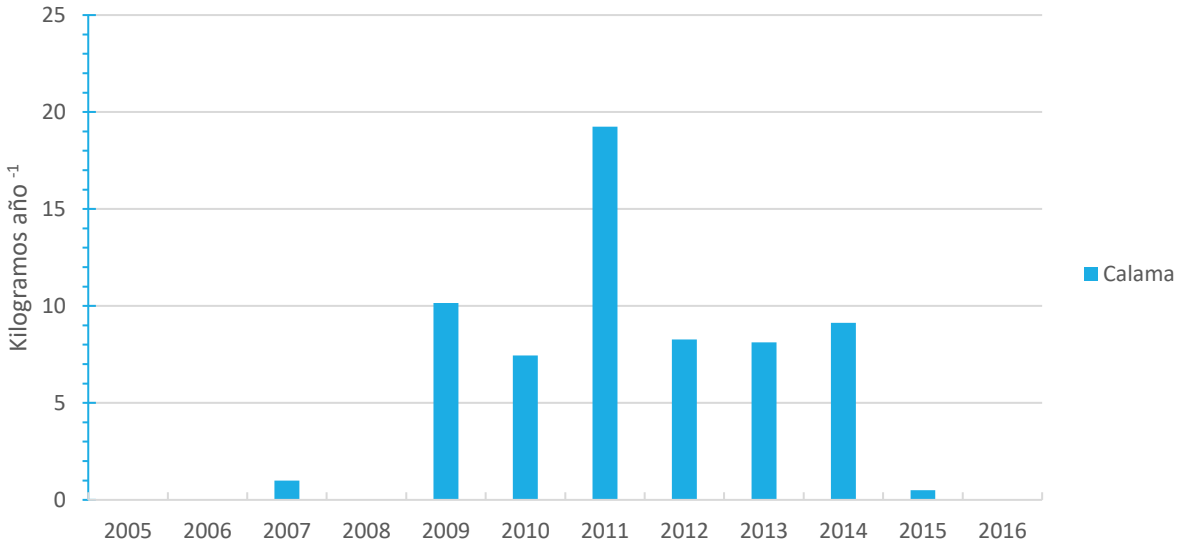


Figura 3.75 Emisiones de Níquel a cuerpo receptor agua. Fuente RETC 2018.

Folio005530

3.1.10.2.11 Nitritos y nitratos

Para el caso de nitritos y nitratos en la comuna de Calama según los registros del RETC el mayor valor registrado corresponde a 19,25 kilogramos para el año 2011.

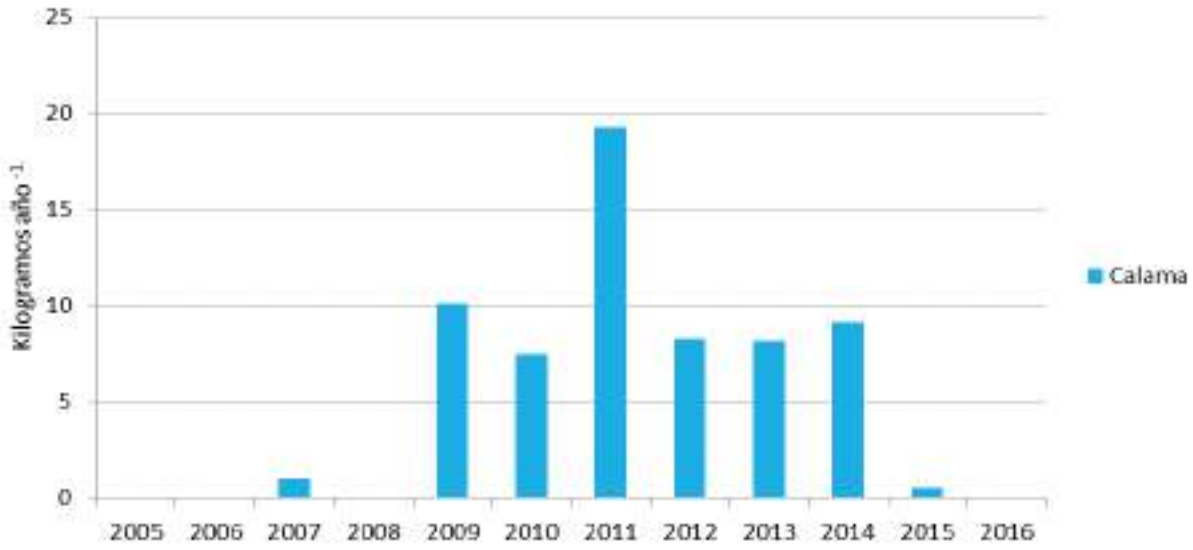


Figura 3.76. Emisiones de Nitritos y nitratos a cuerpo receptor agua. Fuente RETC 2018

3.1.10.2.12 Nitrógeno amoniacal (NH_3)

En relación a este componente la comuna de Calama presenta valores significativamente superiores a las comunas de María Elena y Ollagüe. El mayor valor corresponde al año 2011 en el caso de Calama con 197,7 kilogramos de nitrógeno amoniacal, en la comuna de María Elena el más alto registro se presenta en el año 2007 con 7,82 kilogramos y en 2011 con 9,97 kilogramos se presenta el mayor registro para la comuna de Ollagüe.

Folio005531

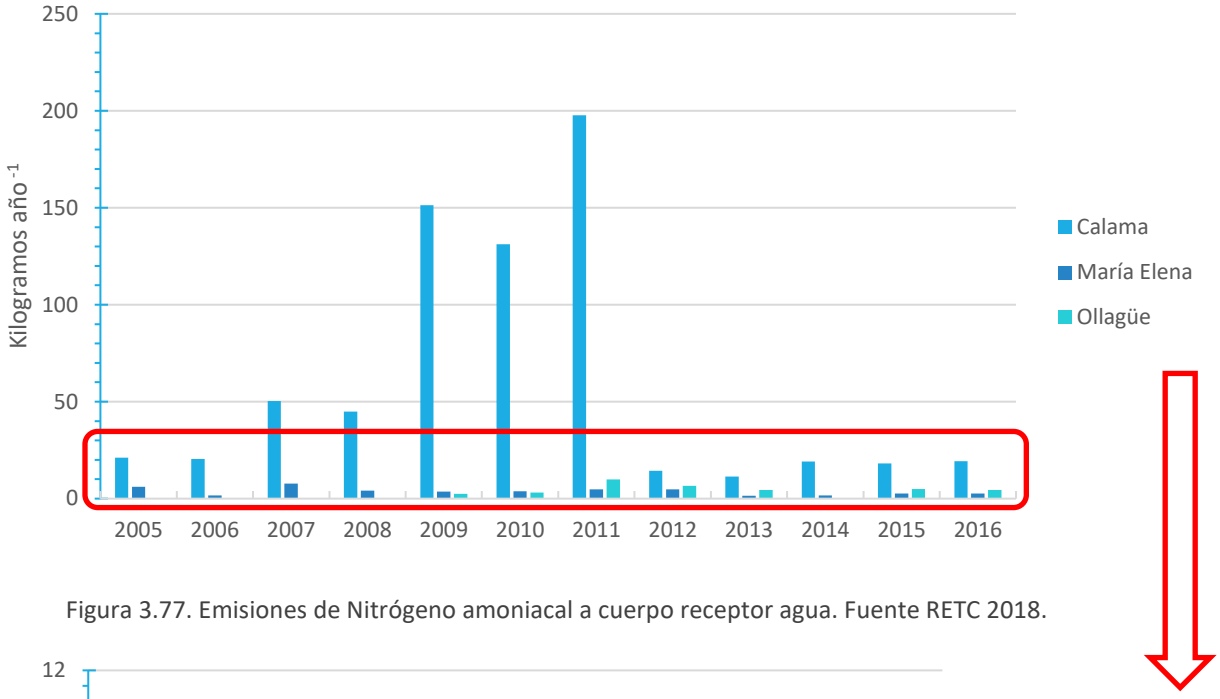


Figura 3.77. Emisiones de Nitrógeno amoniacal a cuerpo receptor agua. Fuente RETC 2018.

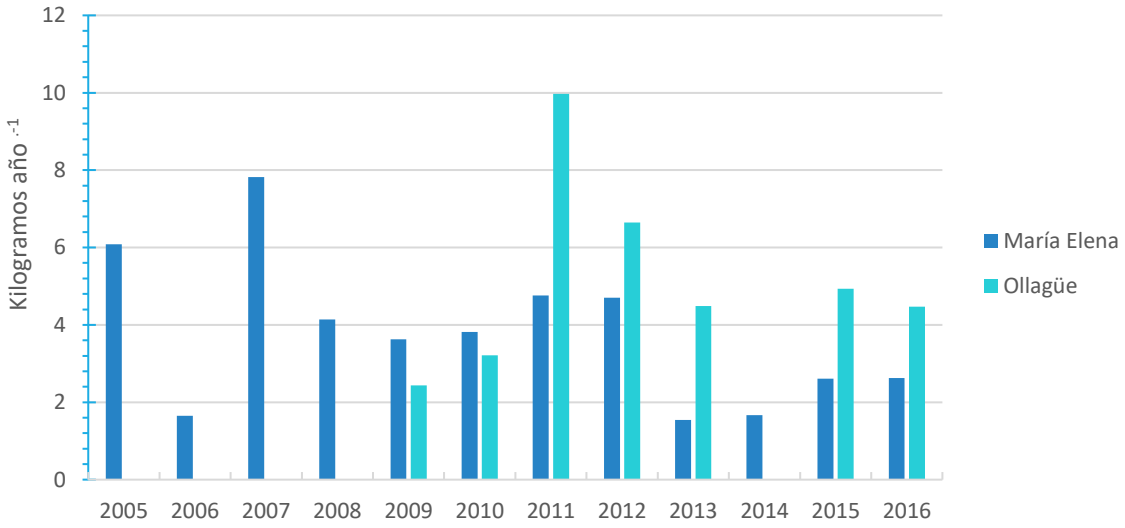


Figura 3.78. Emisiones de Nitrógeno amoniacal a cuerpo receptor agua. Fuente RETC 2018.

Folio005532

3.1.10.2.13 Nitrógeno total kjeldahl

Para este componente la plataforma digital presenta registro tanto para la comuna de Calama como la comuna de María Elena, siendo en la primera donde se regitraron los mayores valores, mientras que en el segundo caso los registros son sustancialmente menores. Durante el año 2005 ocurrieron las mayores emisiones de este elemento alcanzando 425,74 toneladas en Calama, mientras que el año con la mayor cantidad de emisiones en Maria Elena fue el 2007 con 7,82 kilogramos.

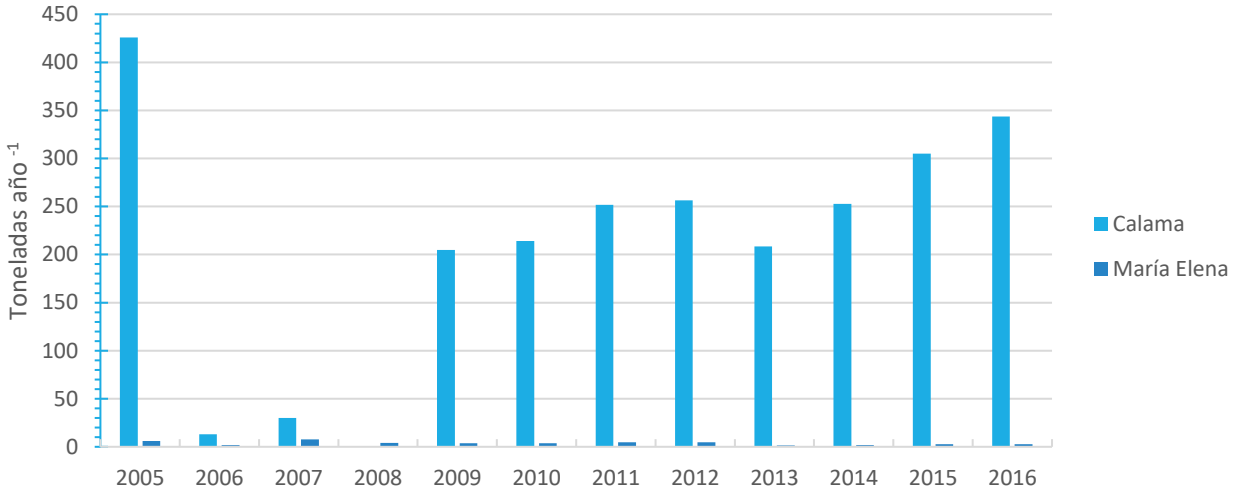


Figura 3.79. Emisiones de Nitrógeno total a medio receptor agua

Folio005533

3.1.10.2.14 Plomo

Para el caso del plomo al igual que en varios de los componentes ante mencionados, la comuna de Calama presenta valores significativamente superiores a los que se presentan en la comuna de María Elena durante todo el periodo de registro. Calama presenta las mayores emisiones de este componente en 2011 con cerca de 60 kilogramos ese año, mientras que en Maria Elena el mayor valor registrado corresponde al año 2007 con cerca de 800 gramos.

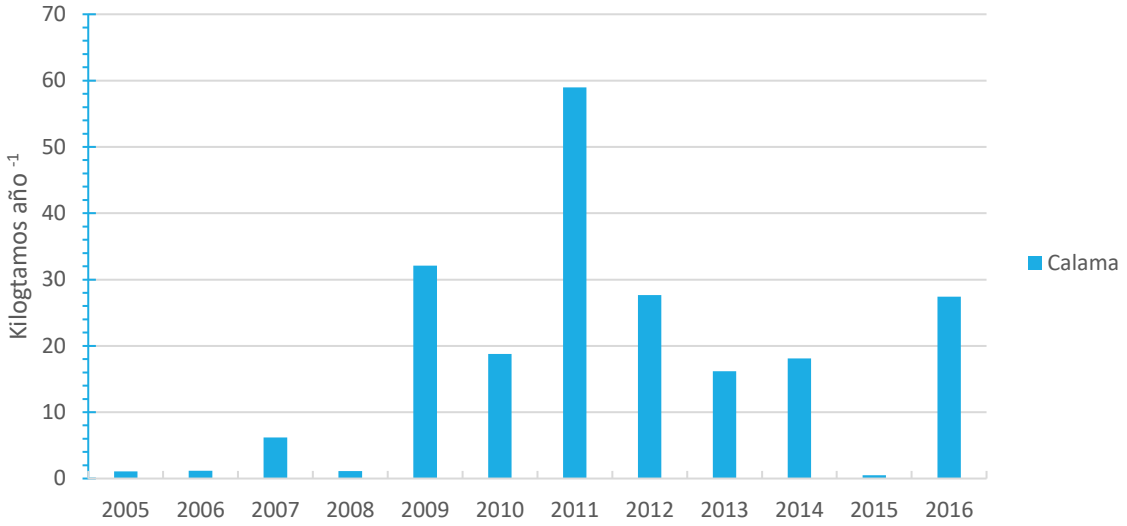


Figura 3.80. Emisiones de Plomo (kg/año) en medio receptor agua. Fuente RETC 2018.

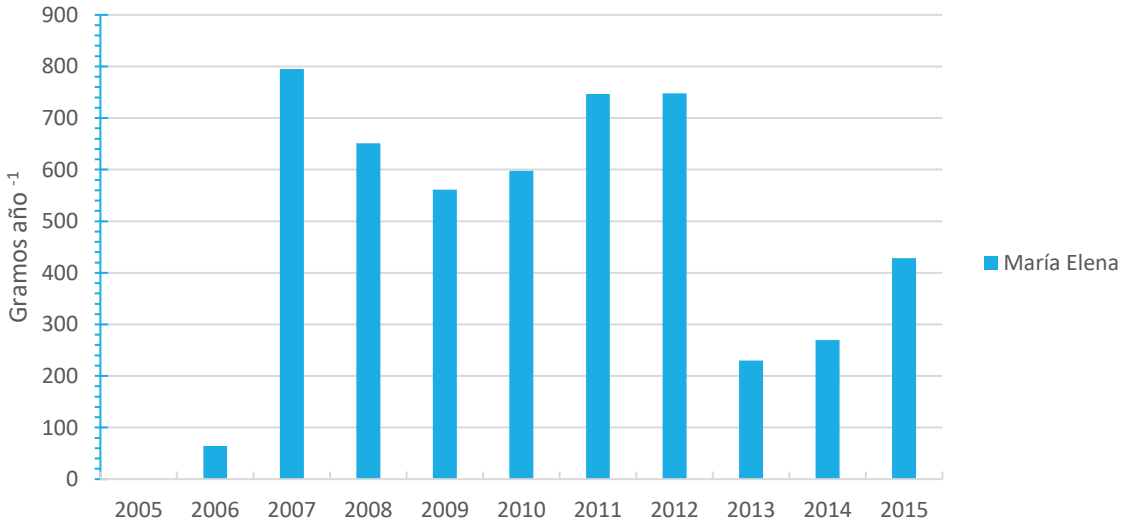


Figura 3.81. Emisiones de Plomo en medio receptor agua, María Elena. Fuente RETC 2018.

3.1.10.3 Suelo y transferencias

3.1.10.3.1 Cadmio, compuestos de cadmio

En el caso de este componente sólo un registro para la comuna de Calama supera las 1000 toneladas, particularmente el año 2008 donde el valor de las emisiones alcanza las 1126,96 toneladas, posterioremente durante el periodo 2011-2015 los valores se mantienen entre las 600 y 800 toneladas.

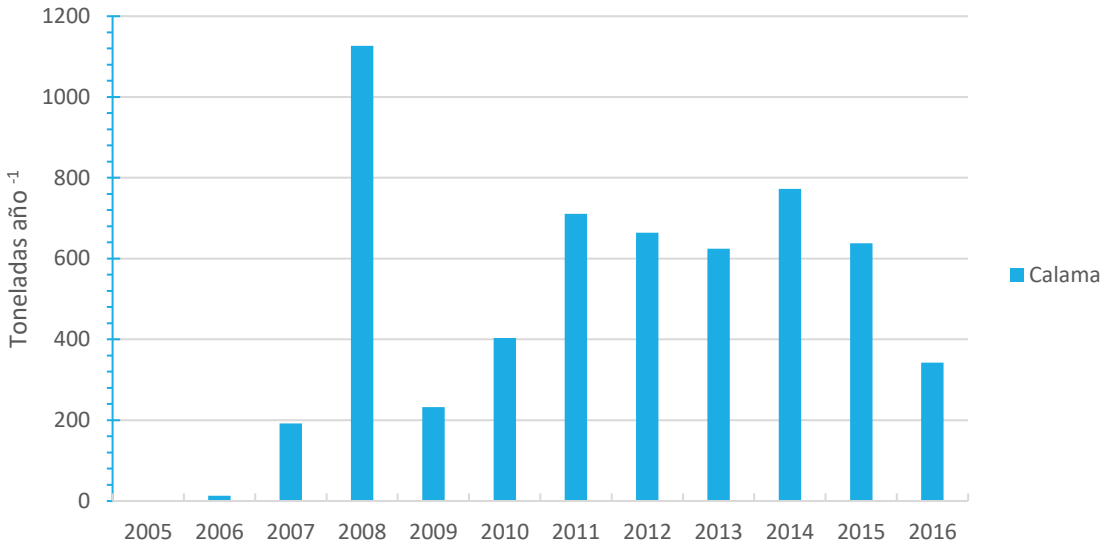


Figura 3.82. Emisiones de compuestos de cadmio medio receptor suelo. Fuente RETC 2018.

3.1.10.3.2 Cobre, compuestos de cobre

Para el caso de las emisiones de cobre a medio receptor suelo, se observan registros desde 2012 a 2016 para la comuna de Calama, por otra parte la comuna de María Elena solo presenta un registro en el año 2009, 0,15 toneladas. Los mayores valores se presentaron en Calama los años 2015 y 2016, 124,42 y 144,45 toneladas respectivamente.

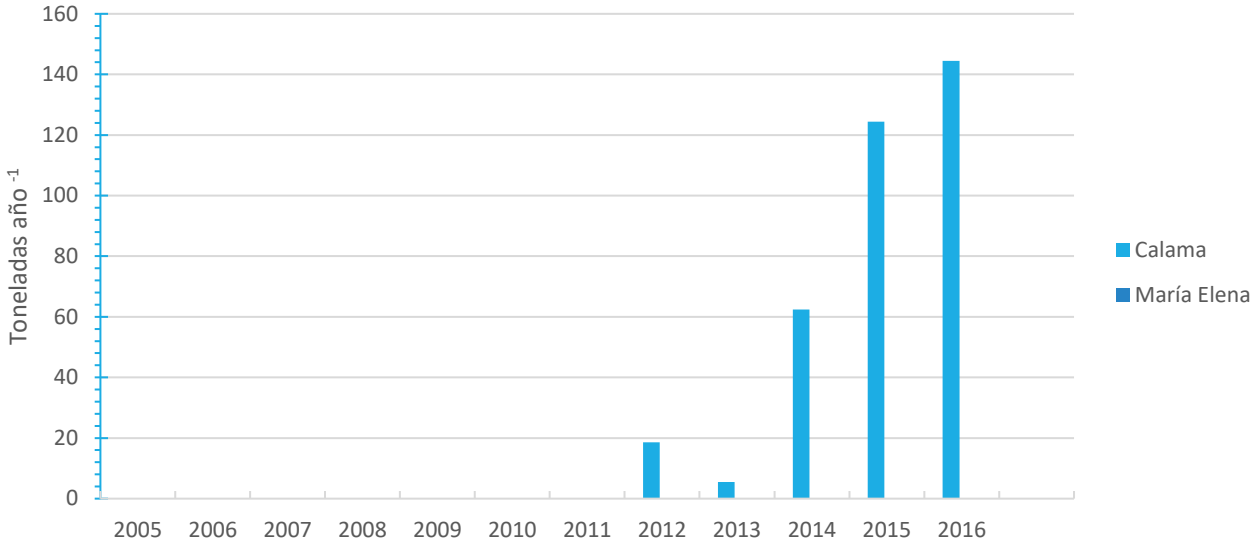


Figura 3.83. Emisiones de Cobre a medio receptor suelo. Fuente RETC 2018.

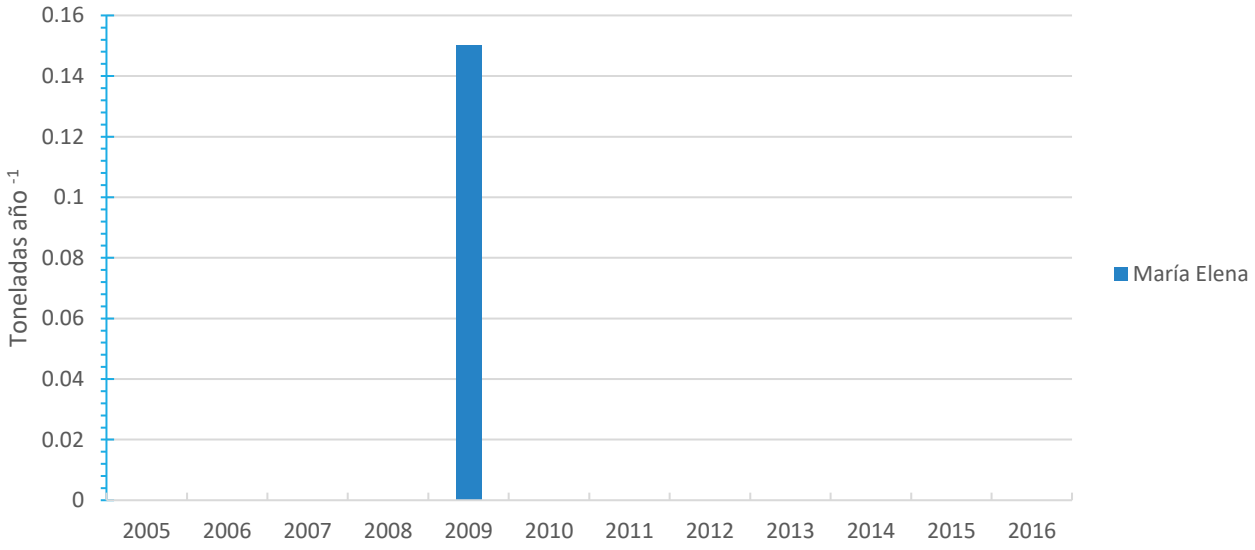


Figura 3.84. Emisiones de Cobre a medio receptor suelo. Fuente RETC 2018.

3.1.10.3.3 Cromo hexavalente, compuestos cromo hexavalente

Para el caso de Cromo hexavalente y compuestos derivados de este, se observa el mayor registro de emisiones para el año 2014, alcanzando más de 2.800 toneladas en la comuna de Calma. Mientras que la segunda comuna que presenta registros de este componente

Folio005536

en María Elena, pero con un aporte significativamente menor, alcanzando el registro máximo durante el año 2016 con 6,45 toneladas.

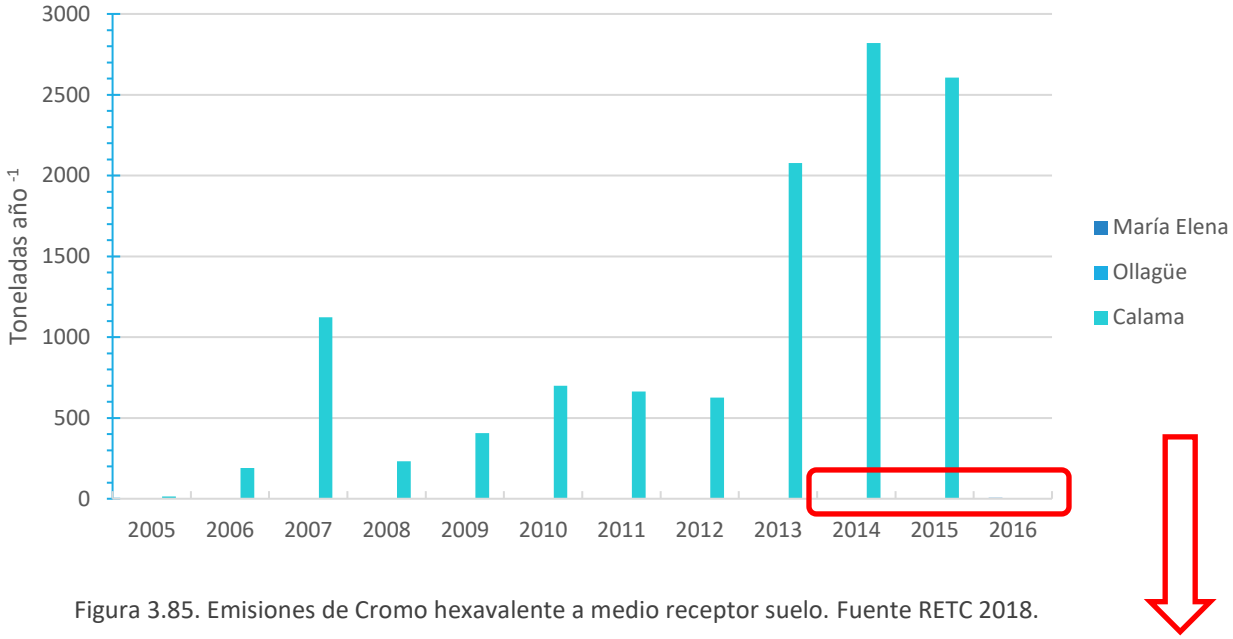


Figura 3.85. Emisiones de Cromo hexavalente a medio receptor suelo. Fuente RETC 2018.

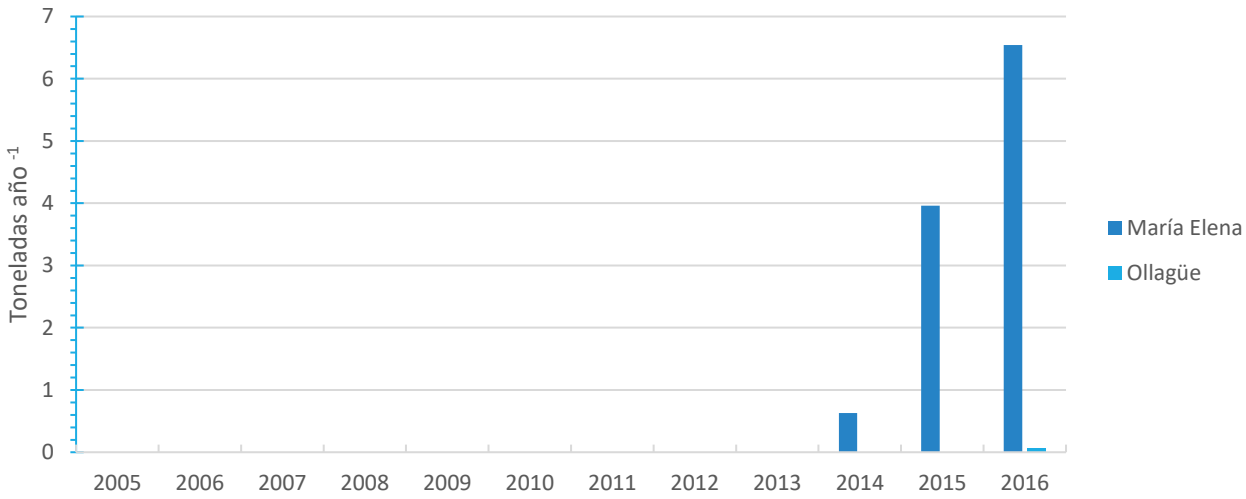


Figura 3.86. Emisiones de Cromo hexavalente a medio receptor suelo. Fuente RETC 2018.

3.1.10.3.4 Compuestos de Plomo

De las emisiones de compuestos de plomo a medio receptor suelo al igual que todos los otros componentes descritos, las mayores emisiones se registran en Calama, todas superando las 1500 toneladas por año, y cuyo mayor registro supera las 4500 toneladas

Folio005537

justamente en el año 2008. María Elena presenta su mayor registro en el año 2012 con 22,89 toneladas, mientra que el resto de los registros en esta comuna, no superan las 10 toneladas. Finalmente la comuna de Ollagüe solo presenta un registro correspondiente al año 2013 cuyo valor es 0,3 toneladas.

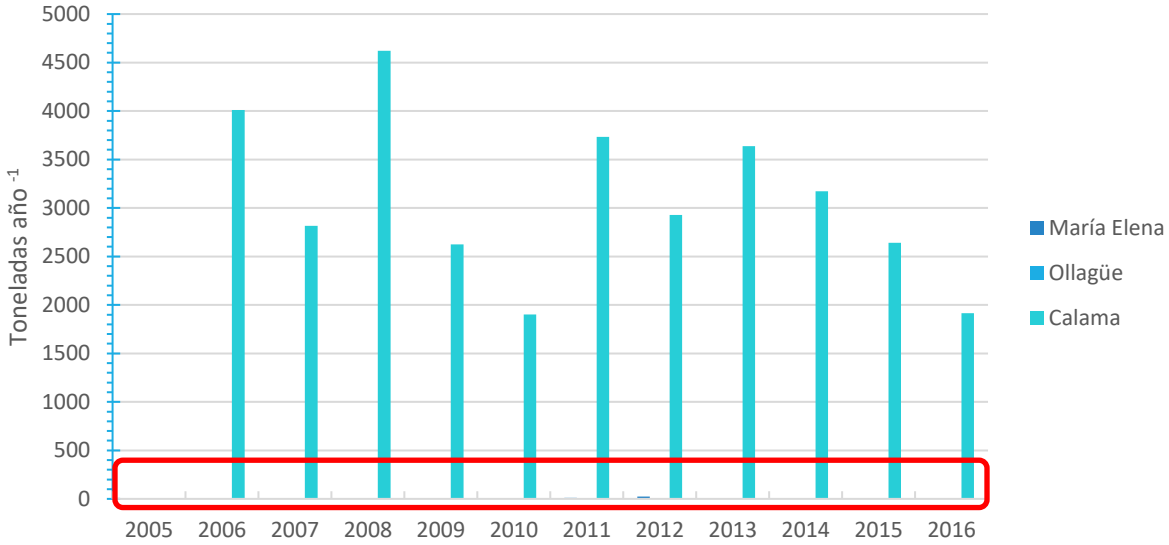


Figura 3.87. Emisiones de Plomo a medio receptor suelo. Fuente RETC 2018.

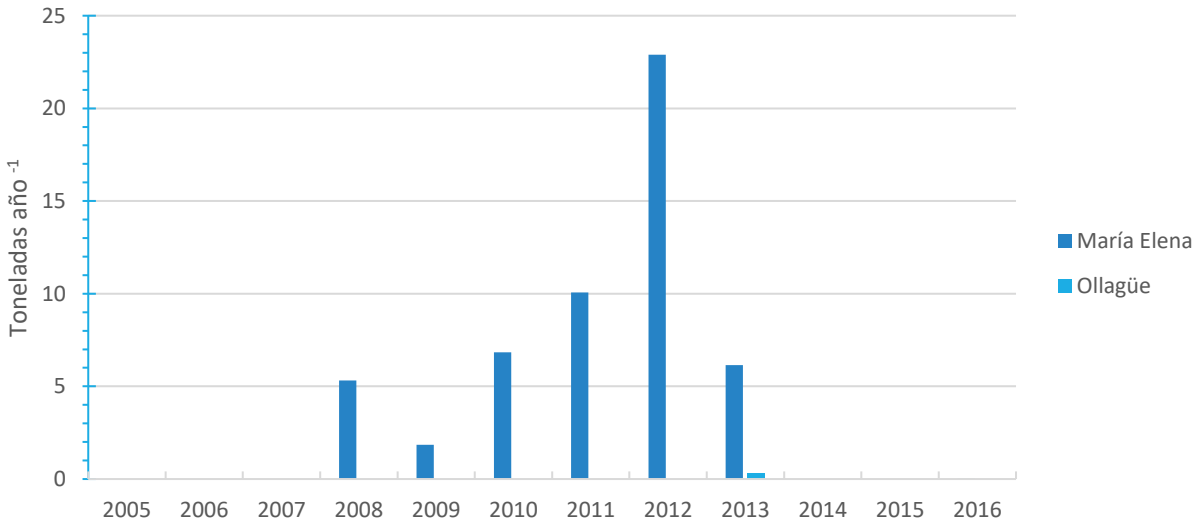


Figura 3.88. Emisiones de Plomo a medio receptor suelo. Fuente RETC 2018.

Folio005538

3.1.10.3.5 Compuestos de Zinc

Según los registros contenidos en la plataforma del RETC, para el caso de emisiones relacionadas con compuestos de Zinc, la comuna que presenta los valores más altos es María Elena, alcanzando 5 toneladas de este componente el año 2016, mientras que los registros de emisiones para la comuna de Ollagüe presentan el valor máximo en 2016 con 0,06 toneladas.

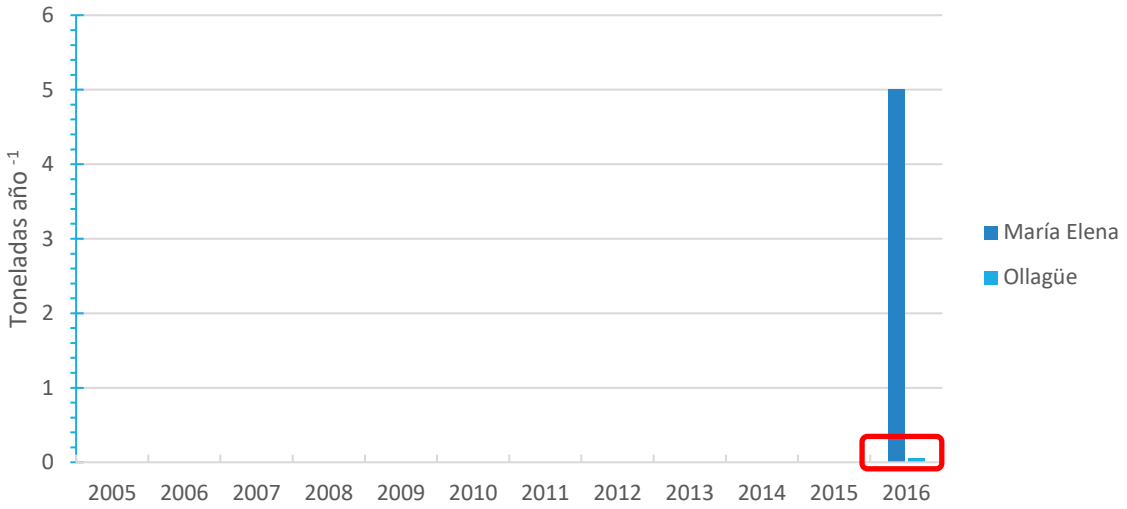


Figura 3.89 Emisiones de Plomo a medio receptor suelo. Fuente RETC 2018.

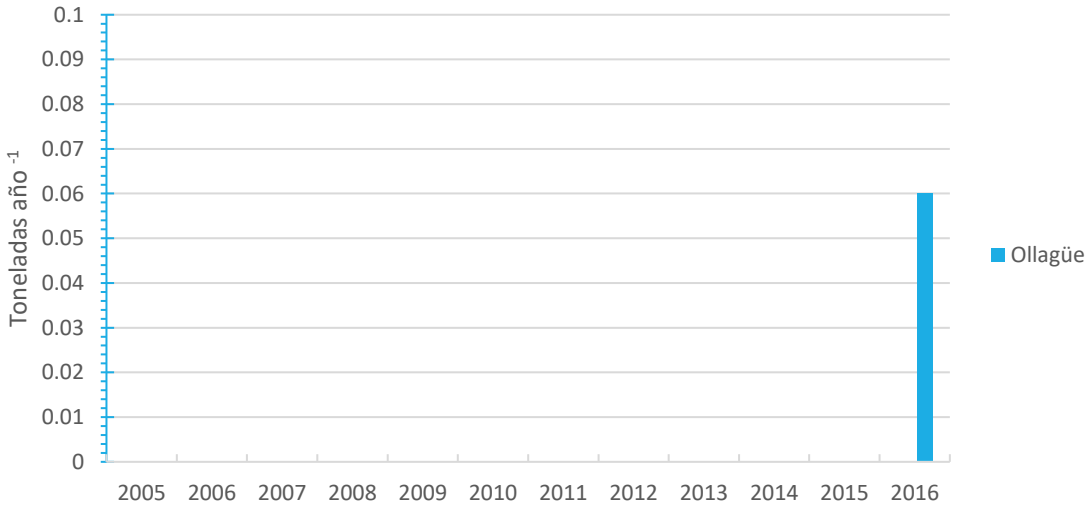


Figura 3.90. Emisiones de Plomo a medio receptor suelo. Fuente RETC 2018.

Folio005539

3.1.10.3.6 Compuestos de Arsénico

Para este componente solo se presentan registros en Calama a partir del 2009, cuyo menor valor se observa en el año 2014 con 9643,53 toneladas, mientras que el mayor valor registrado se presenta en 2016 con 95373,56 toneladas de arsénico emitido al medio receptor suelo.

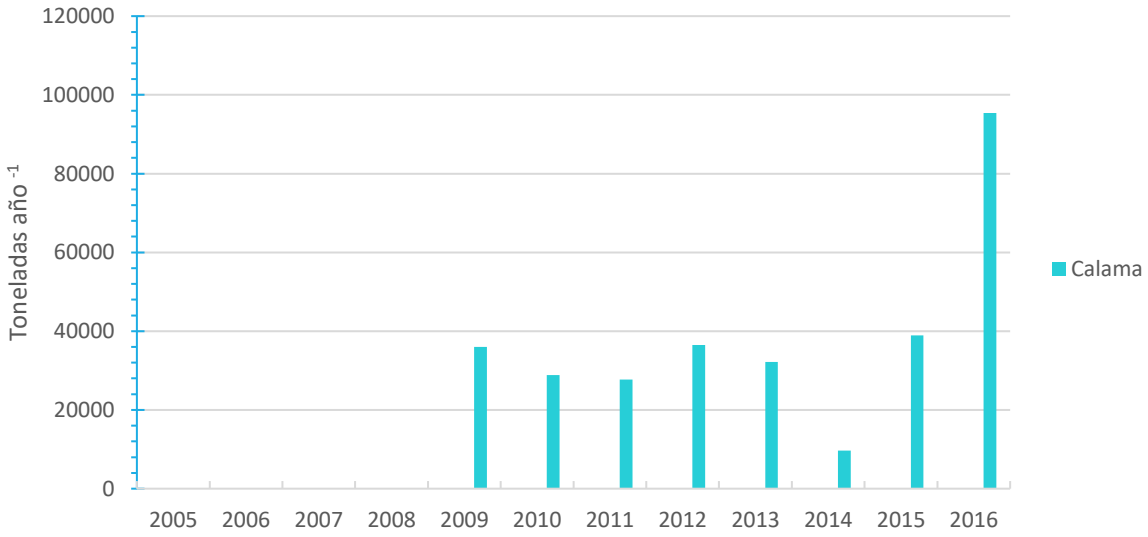


Figura 3.91. Emisiones de Arsénico a medio receptor suelo. Fuente RETC 2018.

3.1.11 Antecedentes topográficos

En el contexto del "Estudio de la inundación producida por caudales extremos vertidos desde el embalse Conchi, Región de Antofagasta", el Instituto Nacional de Hidráulica (INH), a solicitud de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), realizó una campaña de terreno durante el mes de Marzo de 2015, en la cual se realizó un levantamiento topográfico, obteniéndose un perfil longitudinal y 24 perfiles transversales aguas abajo del embalse Conchi. La zona en la cual se desarrolló el levantamiento está comprendida entre el embalse Conchi, por el extremo aguas arriba, y en las cercanías de Chiu Chiu por el extremo aguas abajo. La ubicación de los perfiles transversales trazados se puede apreciar en la Figura 3.92.

Folio005540

Figura 3.92. Ubicación de perfiles transversales del levantamiento topográfico realizado por el INH-DOH. (Elaboración Propia a partir de datos INH-DOH)

Folio005541

3.2 Resultados de las campañas de muestreo

Como parte del diagnóstico ambiental de la cuenca del Río Loa, se consideró realizar un levantamiento de la información disponible, y a modo de complemento y validación, se realizaron, además de un levantamiento topobatimétrico, monitoreos físico, químico y biológico en todas las estaciones del año. El levantamiento topobatimétrico se realizó en 100 puntos abordando los distintos tramos y afluentes del río Loa, dando énfasis en los sectores con mayor potencial de ofrecer servicios ecosistémicos.

Tabla 3.39. Coordenadas de puntos de muestreo

Punto de monitoreo	Coordenadas UTM (WGS84 Huso 19)		Tipo de monitoreo
	Este	Norte	
S1_Rio_Loa	532469	7640132	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
S2_Rio_Loa	533083	7617237	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
S3_Rio_Loa	440947	7570933	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
S4_Rio_Loa	430939	7625704	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
S5_Quebrada_Amarga	420821	7631117	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
1_Rio_Loa	534984	7605268	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
2_Rio_Loa	540292	7589056	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
3_Rio_San_Pedro (Oficial)	550165	7573071	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
3_Rio_Loa (Alternativo) *	540346	7570066	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
4_Rio_Loa	539127	7563977	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
5_Rio_Loa	535749	7526811	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
6_Rio_Salado	536369	7526239	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
7_Rio_Loa	527000	7516301	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
8_Rio_Loa	511183	7517888	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
9_Rio_Loa	500986	7510906	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
10_Rio_Loa_	445607	7522999	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
11_Rio_San_Salvador	445953	7523068	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
12_Rio_Loa	441708	7528654	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
13_Rio_Loa	446382	7598572	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas
14_Rio_Loa	443088	7607536	Calidad de agua, zoobentos, fitobentos, fauna íctica reptiles, anfibios, vegetación ribereña y plantas acuáticas

Folio005542

Figura 3.93. Distribución de las estaciones de muestreo de calidad de agua, biota y aforos, a realizarse a lo largo del río Loa. Los puntos amarillos son los asociados a estaciones fluviométricas y los rojos a sitios donde no existe información. El punto verde corresponde a una estación de muestreo alternativa.

Folio005543

3.2.1 Levantamiento de información de algunos componentes hidráulicos del río.

3.2.1.1 Perfiles batimétricos

Entre los días 28 de agosto y 6 de septiembre del 2018, se realizó una campaña de terreno de levantamiento de perfiles topobatimétricos a lo largo del río Loa. Mediante el uso de unos GPS Navcom, los cuales utilizan la señal de la red satelital Starfire y pueden autolocalizarse sin depender de una estación base (ver Figura 3.94).

Figura 3.94. Levantamiento topobatimétrico mediante GPS Navcom. Uso de móvil con señal Starfire.

Sin embargo, por la morfología del cauce del río Loa, el cual se encuentra encajonado en la mayor parte de su extensión, los GPS no adquirían buena señal al estar en las cercanías de los muros que delimitan el cajón. En estos casos fue necesario emplear el método RTK (Real Time Kinematic), utilizando dos GPS simultáneos, donde uno de ellos funciona como base fija en un lugar abierto y con buena recepción de señal satelital, mientras que el segundo GPS se utiliza como móvil geolocalizándose con respecto a la base fija instalada (ver Figura 3.95).

Folio005544

Bajo esta metodología descrita, fue posible realizar el trazado de 100 perfiles transversales al río a lo largo de su recorrido. La distribución espacial de estos perfiles se puede observar en la Figura 3.96.

En el sector comprendido entre el embalse Conchi y la localidad de Chiu Chiu, se dispone de perfiles topográficos levantados por la dirección de obras hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas, en el contexto del "Estudio de la inundación producida por caudales extremos vertidos desde el embalse Conchi, Región de Antofagasta". Dada la disponibilidad de estos perfiles, se priorizó otros sectores para hacer el levantamiento y solo se levantó algunos perfiles en este tramo para poder comparar y corroborar los datos.

Figura 3.95. Levantamiento topobatimétrico mediante GPS Navcom. Uso de base y móvil (RTK)

La metodología empleada por la DOH para realizar el levantamiento consistió en definir marcos de referencia (monolitos) distribuidos en el sector. Posteriormente, para la vinculación al sistema de referencia SIRGAS se utilizaron las coordenadas de referencia del PR EC-01 perteneciente al proyecto "Batimetría Embalse Conchi" y el PR RS- 58

Folio005545

Perteneciente al Proyecto "Control de Crecidas en la Hoya del Rio Salado. Para la vinculación planimétrica se realizó una red geodésica con vectores ajustados por mínimos cuadrados y referidos a los PR`s EC-01 y RS-58. La vinculación altimétrica de la Red geodésica se realizó por medio del EGM08, considerando como referencia las cotas geométricas de los PR`s de referencia y distribuyendo las diferencias respecto al modelo geoidal por medio de un ajuste por desniveles. Finalmente los perfiles transversales se realizaron por medio un levantamiento topográfico con Estación Total. El levantamiento topográfico en el Pueblo de Chiu Chiu y el levantamiento de elementos puntuales del terreno se realizaron por medio de metodología RTK.

Se levantó perfiles transversales no solo en el Río Loa, también se consideraron los principales afluentes a éste para efectos de la modelación. Es por esto que se incluyeron algunos perfiles en el Río Chela, Río San Pedro, Río Salado, Río San Salvador y Quebrada Amarga. La distribución de perfiles en los distintos tramos del río y tributarios se puede ver en la Tabla 3.40.

Tabla 3.40. Distribución de perfiles transversales levantados

Tramo	Cantidad de perfiles levantados
Río Chela	3
Río Loa aguas arriba de río San Pedro	8
Río San Pedro	4
Río Loa entre ríos San Pedro y Salado	7
Río Salado	8
Río Loa entre ríos Salado y San Salvador	33
Río San Salvador	8
Río Loa entre río San Salvador y Quebrada Amarga	27
Quebrada Amarga	2

En el Capítulo 8 de Anexos, se muestran graficados los perfiles realizados. Además, se detalla la información de los perfiles en Anexos digitales:

Anexos Digitales/OE 1 Recopilación y sistematización/ OE1_Campañas de Monitoreo / 0_Levantamiento_Perfiles_Topobatimétricos

Figura 3.96. Perfiles trasversales levantados en terreno

Folio005547

3.2.1.2 Medición de Caudales

Como parte de la campaña de terreno de levantamiento de perfiles transversales al río, se realizaron aforos en 19 de los 100 perfiles trazados. Para ello se utilizó un correntómetro Global Water, modelo FP111, con el cual se midió las velocidades en distintas subsecciones del cauce, para posteriormente calcular el caudal (ver Figura 3.97).

Tabla 3.41. Aforos realizados en campaña de Topografía

Río	Sector	Coordenadas		Fecha	Hora
		Este (m)	Norte (m)		
Salado	Sifón Ayquina	567456	7535032	02-09-2018	11:30
San Pedro	Puente entre Parshall 1 y 2	564361	7570872	31-08-2018	11:15
Salado	Camino a Ayquina	545215	7529983	01-09-2018	15:10
Chela	Vega chela	541539	7639329	31-08-2018	12:10
Loa	Estación Fluviométrica Codelco	541531	7639322	31-08-2018	16:50
Loa	Taira	540252	7573317	31-08-2018	16:30
Loa	Arriba Lequena	533460	7616002	01-09-2018	14:00
Loa	Estación DGA Loa en Angostura	527109	7516412	29-08-2018	10:20
Loa	Ojo Opache	505456	7512675	29-08-2018	16:50
San Salvador	Ojo Opache	502589	7517863	29-08-2018	11:50
Loa	Finca	500930	7510817	28-08-2018	17:02
Loa	Arriba Bomba Vergara	460361	7513140	03-09-2018	13:40
Quebrada Amarga	Antes confluencia Río Loa	460358	7513140	05-09-2018	13:55
San Salvador	Antes confluencia Río Loa	446036	7523061	03-09-2018	12:08
Loa	Antes confluencia Río San Salvador	445596	7522998	03-09-2018	11:30
Loa	Quillagua, bajo puente Pichi-Quillagua	444597	7604930	06-09-2018	10:05
Loa	Entre Río San Salvador y Quillagua	440998	7570907	04-09-2018	11:55
Loa	Antes confluencia Quebrada Amarga	420916	7630847	05-09-2018	14:15

Conociéndose las alturas de escurrimiento y caudales en algunas secciones del río, es posible realizar una calibración del modelo hidráulico, por ello fue importante realizar aforos en los distintos tramos de río a modelar.

Folio005548

Figura 3.97. Aforo en el río Loa mediante correntómetro.

Folio005549

3.2.2 Monitoreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua.

Se realizó la toma de muestras de agua en los puntos de monitoreo (coordenadas especificadas en Tabla 3.39), midiendo parámetros físicos, químicos, biológicos y de componentes bióticos asociados al sistema fluvial, en las 4 estaciones del año.

3.2.2.1 Calidad del agua.

La toma y preservación de las muestras de calidad de agua se realizó en base al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22st Edition 2012 y las normas chilenas NCh410:1996, NCh411/3:2014, NCh411/11:1998, NCh-ISO 5667/1:2017, NCh-ISO 5667/4:2016, NCh-ISO 5667/6:2015. Para cumplir con el tiempo crítico de análisis (Holding time), estas se enviaron diariamente a los laboratorios seleccionados.

El análisis de las muestras se realizó en laboratorios acreditados en el sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de normalización, INN, bajo la norma ISO NCh.17025 en el área físico-química para aguas crudas. Los métodos analíticos de cada parámetro y el laboratorio seleccionado se detallan en la Tabla 3.42:

Tabla 3.42 Parámetros, metodologías y laboratorios. Calidad de agua río Loa. Septiembre 2018.

Parámetro	unidad	Metodología	Laboratorio
Arsénico disuelto	mg/L	STM, Método 3120 B.	CEA
Bicarbonato/Carbonato	mg/L	STM, Método 2320-B	CEA
Boro disuelto	mg/L	STM, Método 3120 B.	CEA
Cadmio disuelto	mg/L	STM, Método 3120 B.	CEA
Clorofila “a”	mg/L	STM, Método 10200 H2c.	ANAM
Cloruro	mg/L	STM, Método 4500 Cl- B.	CEA
Cobre disuelto	mg/L	STM, Método 3120 B.	CEA
Coliformes fecales	NMP/100 mL	STM, Método 9221 E.	HIDROLAB
Coliformes totales	NMP/100 mL	STM, Método 9221B.	HIDROLAB
Conductividad eléctrica y salinidad	mS/cm	PTL-24, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según STM, Método 2520 B.	CEA
Cromo disuelto	mg/L	STM, Método 3120 B.	CEA
DBO5	mg/L	STM, Método 5210 B	HIDROLAB
Fósforo Total	mg/L	STM, Método 4500-P B y E.	CEA
Mercurio disuelto	mg/L	STM, Método 3112 B	HIDROLAB
Níquel disuelto	mg/L	STM, Método 3120 B.	CEA
Nitrógeno Total	mg/L	STM, Método 4500NA (1)	HIDROLAB
Plomo disuelto	mg/L	STM, Método 3120 B.	CEA
RAS	-	NCh-1333 (2)	HIDROLAB
Silicio disuelto	mg/L	STM, Método 3120 B.	CEA
Solidos disueltos totales		STM, Método 2540 C.	HIDROLAB
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	STM, Método 2540 D.	CEA
Sulfato	mg/L	PTL-3, basado en STM, Método 4500-SO4-2 E.	CEA
Temperatura	°C	PTL-26, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico	CEA

Folio005550

Parámetro	unidad	Metodología	Laboratorio
		P4 y Multi 340i y según STM, Método 2550 B.	
Zinc disuelto	mg/L	STM, Método 3120 B.	CEA

STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 22nd Edition.2012

(1): Nitrógeno total corresponde a la suma de las especies nitrato, nitrito y nitrógeno Kjeldahl expresado como mg/L

(2): Razón de adsorción de sodio (RAS): medida del efecto del sodio dada por la relación entre las concentraciones de iones sodio, calcio y magnesio, expresadas en miliequivalentes por litro, de acuerdo con la expresión siguiente:

$$RAS = \frac{\mathrm{Na}}{\sqrt{\frac{\mathrm{Ca} + \mathrm{Mg}}{2}}}$$

A continuación, se muestran los datos de todas las campañas realizadas de manera consolidada. Donde cada dato corresponde a una muestra puntual (n=1).

i. Consolidado campañas realizadas

A continuación, entre la Figura 3.98 y Figura 3.130 se muestran graficados los datos consolidados de todas las campañas realizadas.

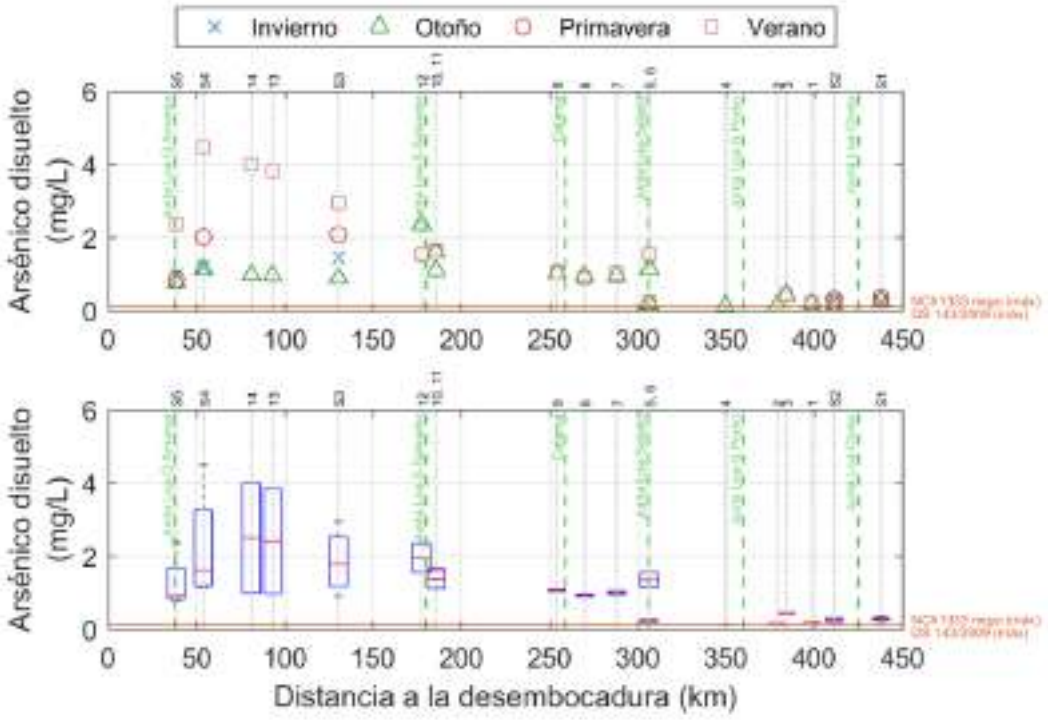


Figura 3.98. Contenidos de arsénico disuelto en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005551

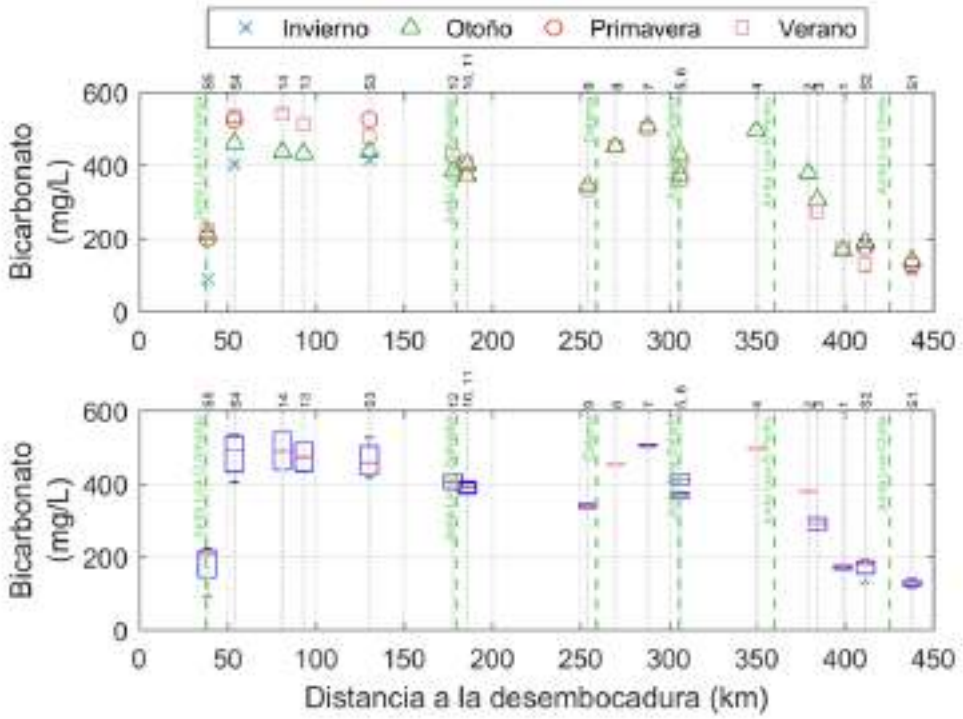


Figura 3.99. Contenidos de bicarbonato en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

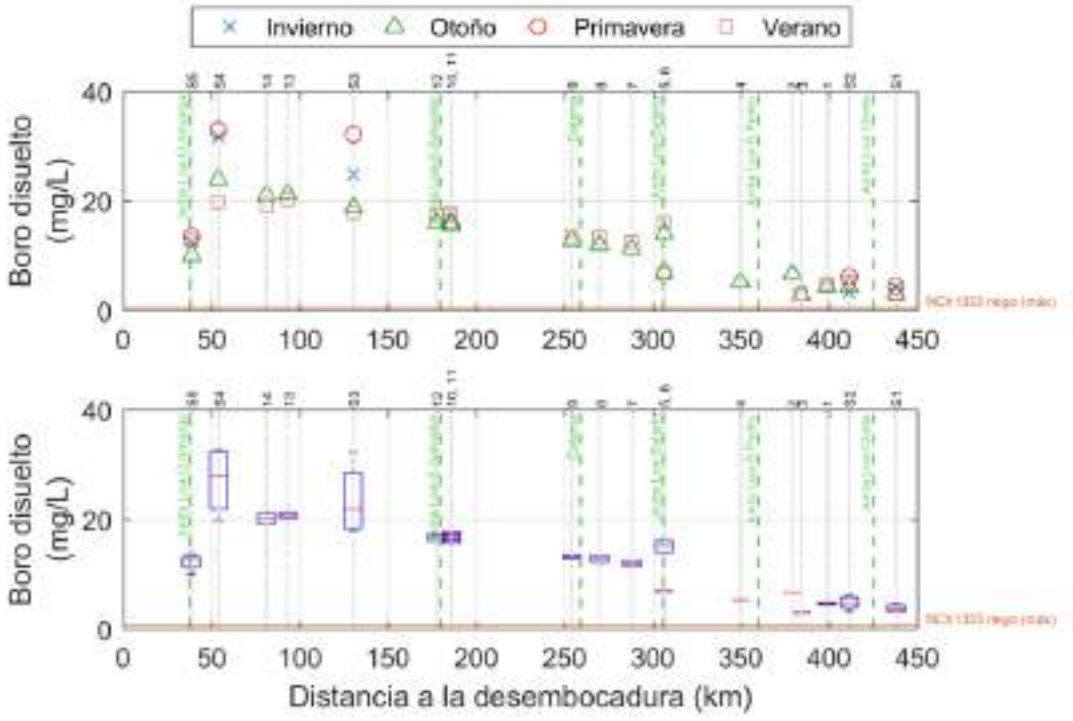


Figura 3.100. Contenidos de boro disuelto en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005552

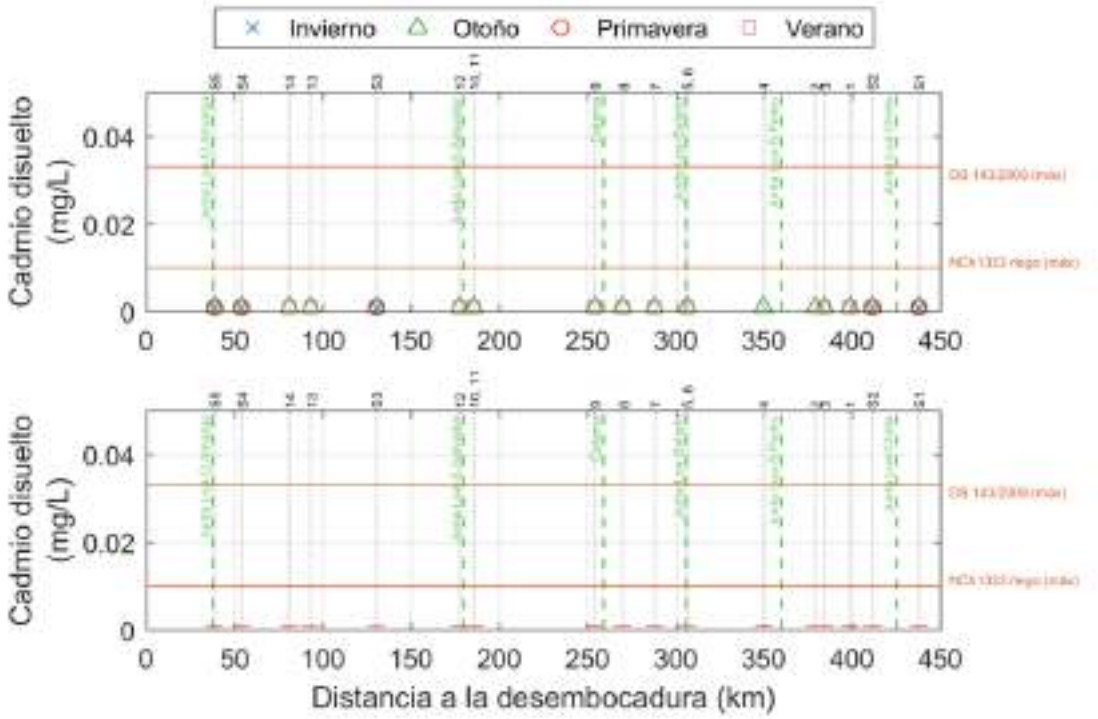


Figura 3.101. Contenidos de cadmio disuelto en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

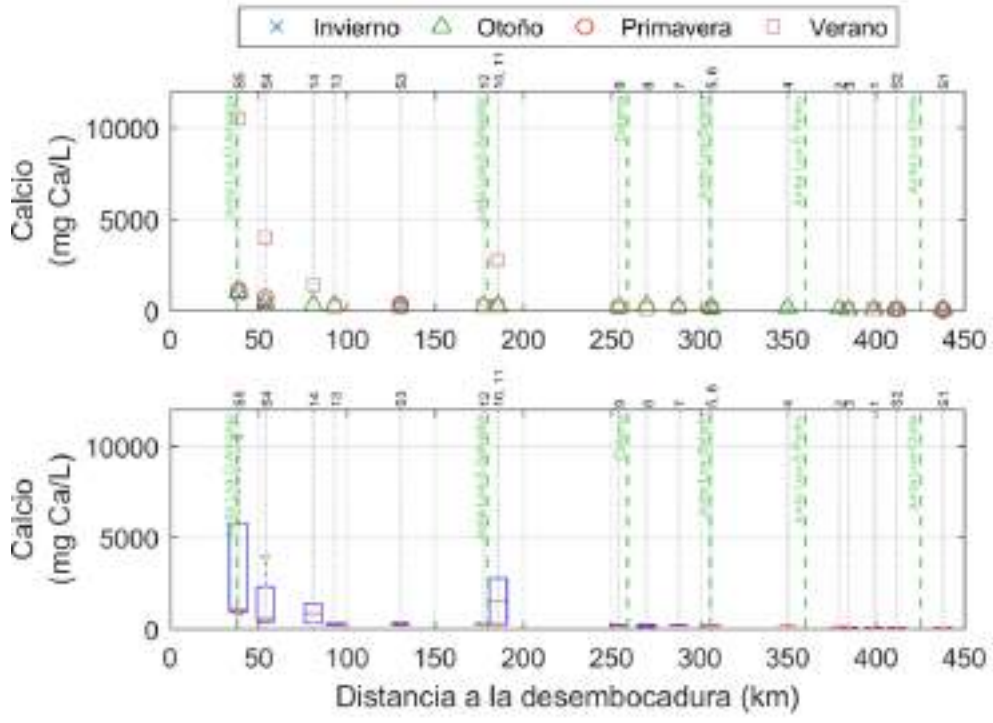


Figura 3.102. Contenidos de calcio en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005553

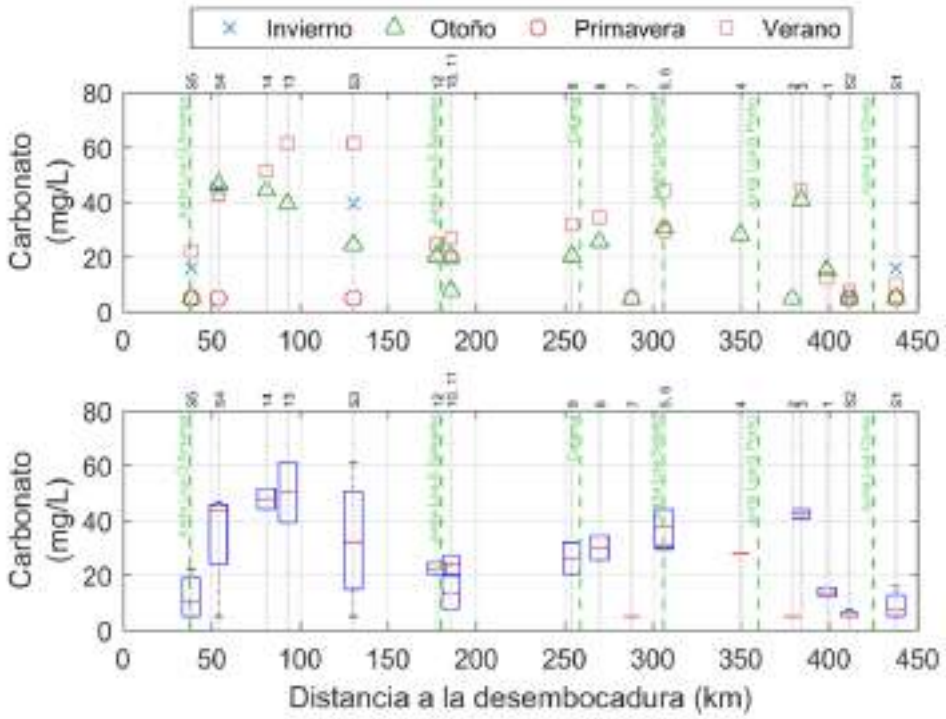


Figura 3.103. Contenidos de carbonato en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

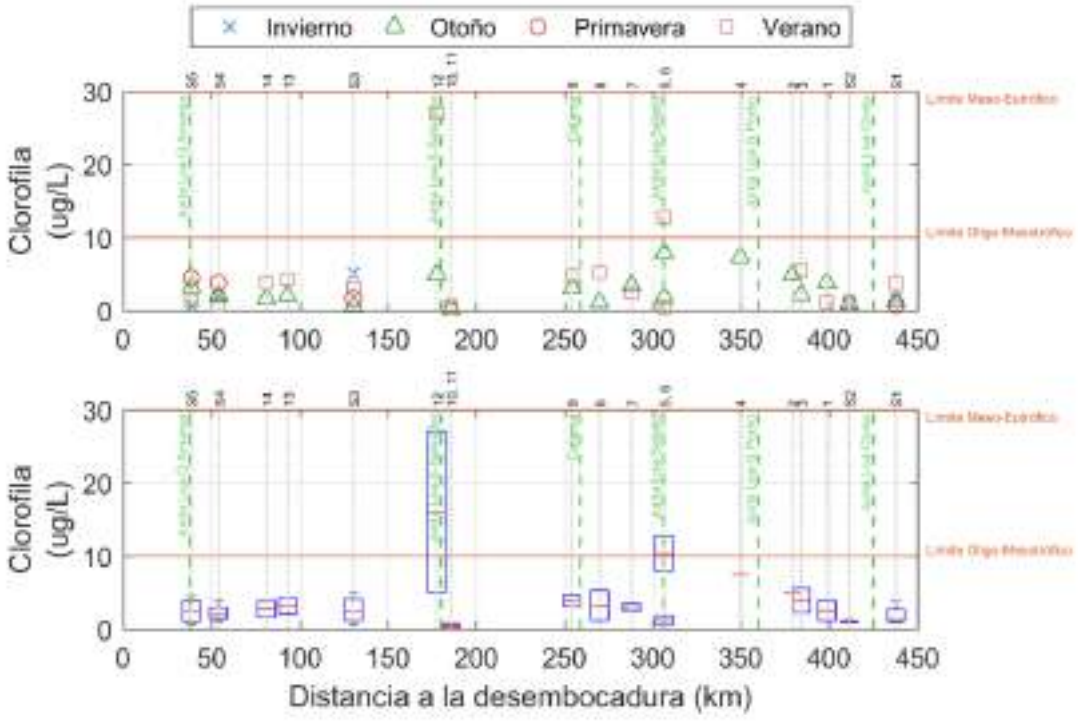


Figura 3.104. Contenidos de clorofila ‘a’ en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005554

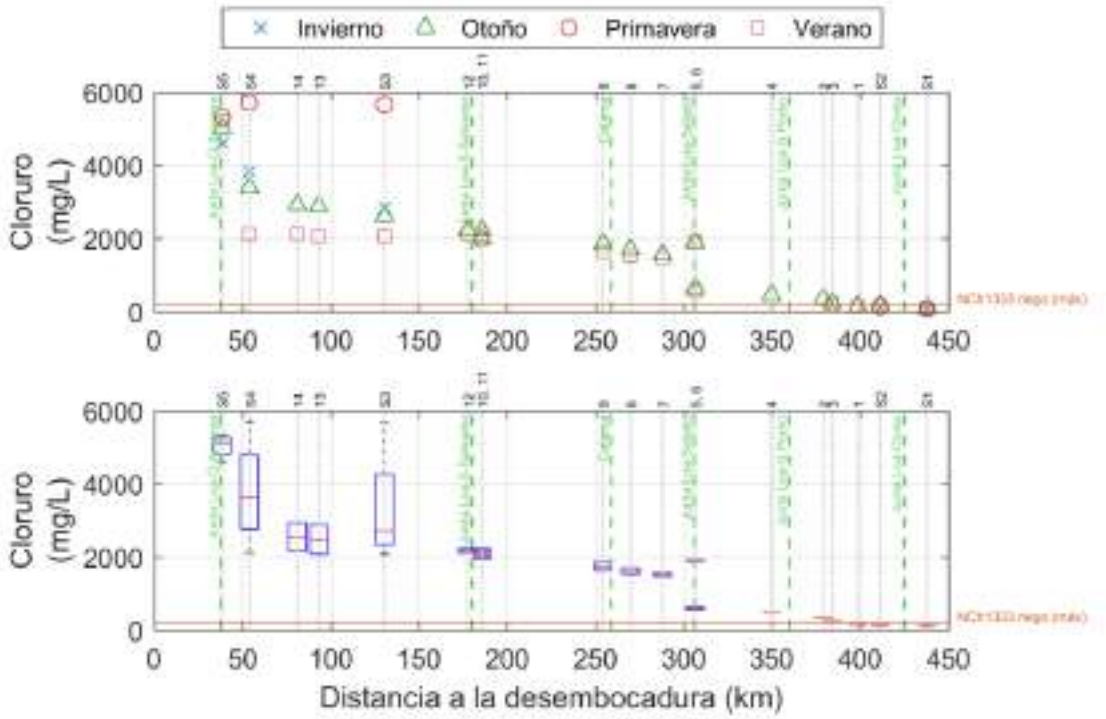


Figura 3.105. Contenidos de cloruro en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

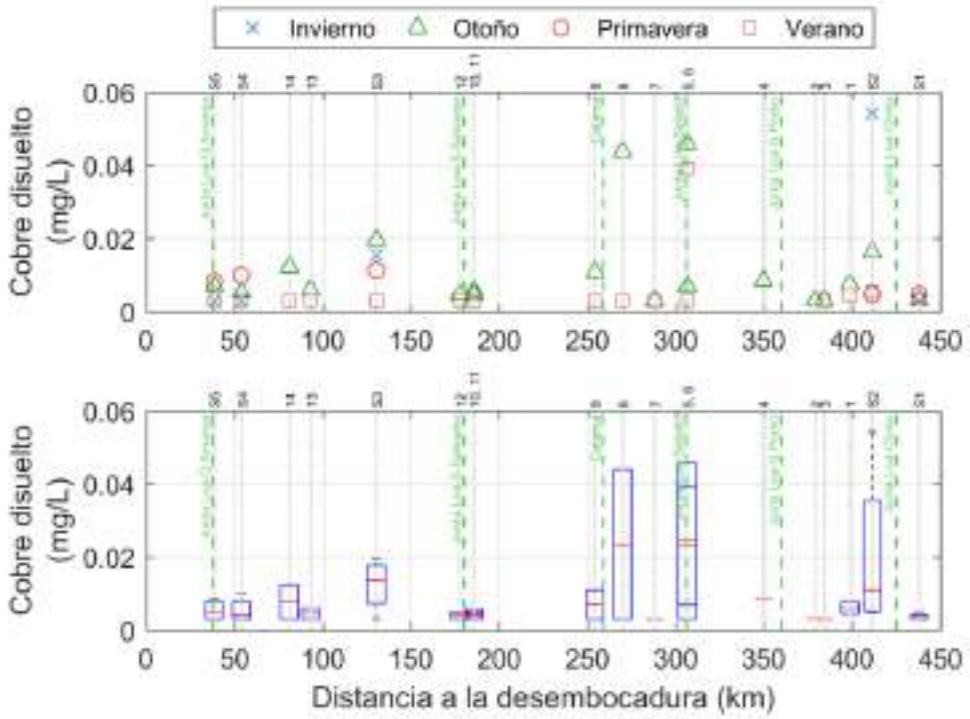


Figura 3.106. Contenidos de cobre disuelto en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

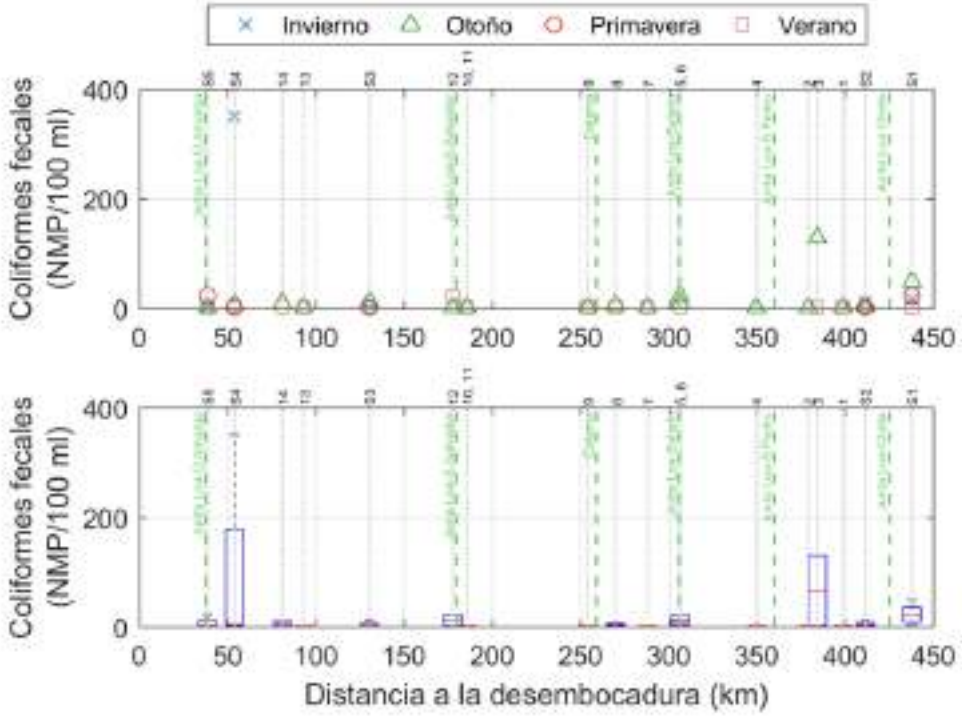


Figura 3.107. Contenidos de coliformes fecales en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

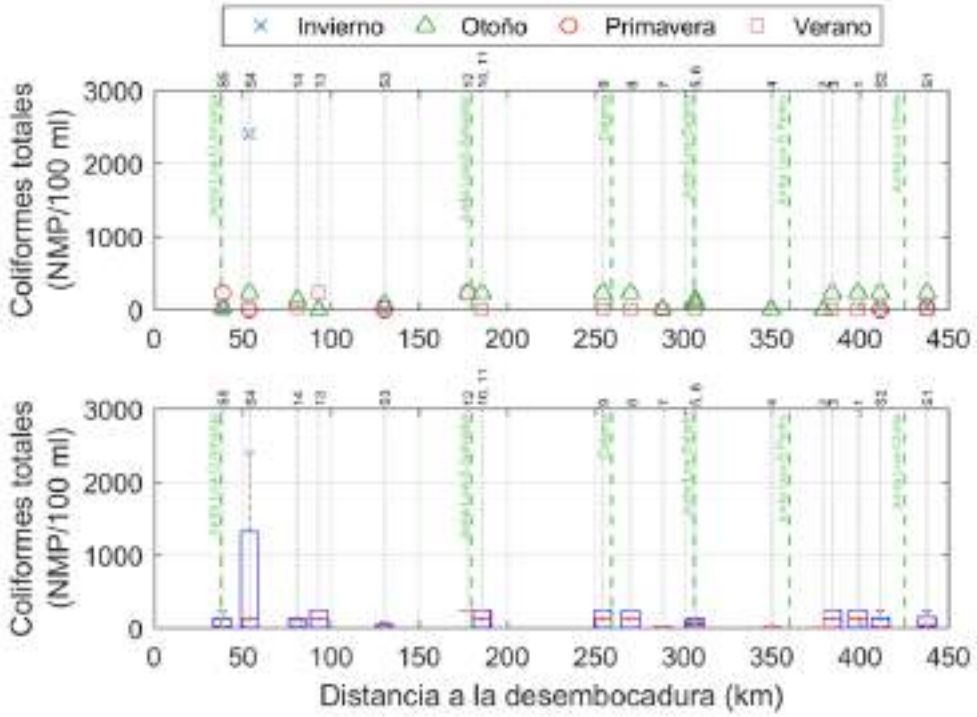


Figura 3.108. Contenidos de coliformes totales en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005556

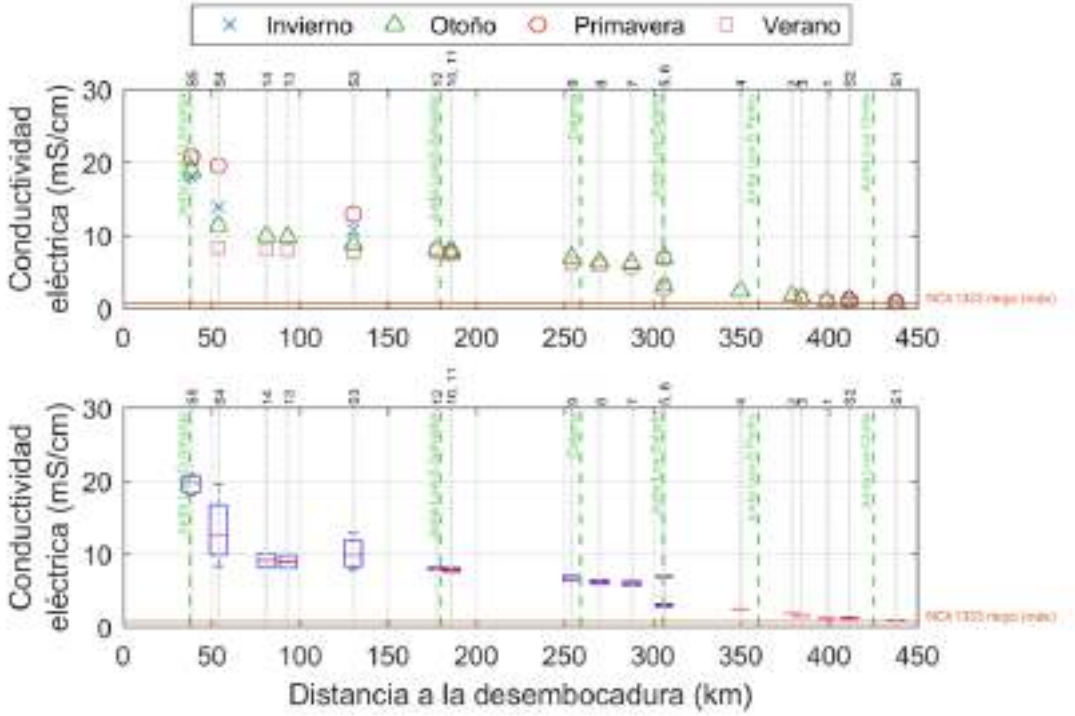


Figura 3.109. Conductividad eléctrica en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

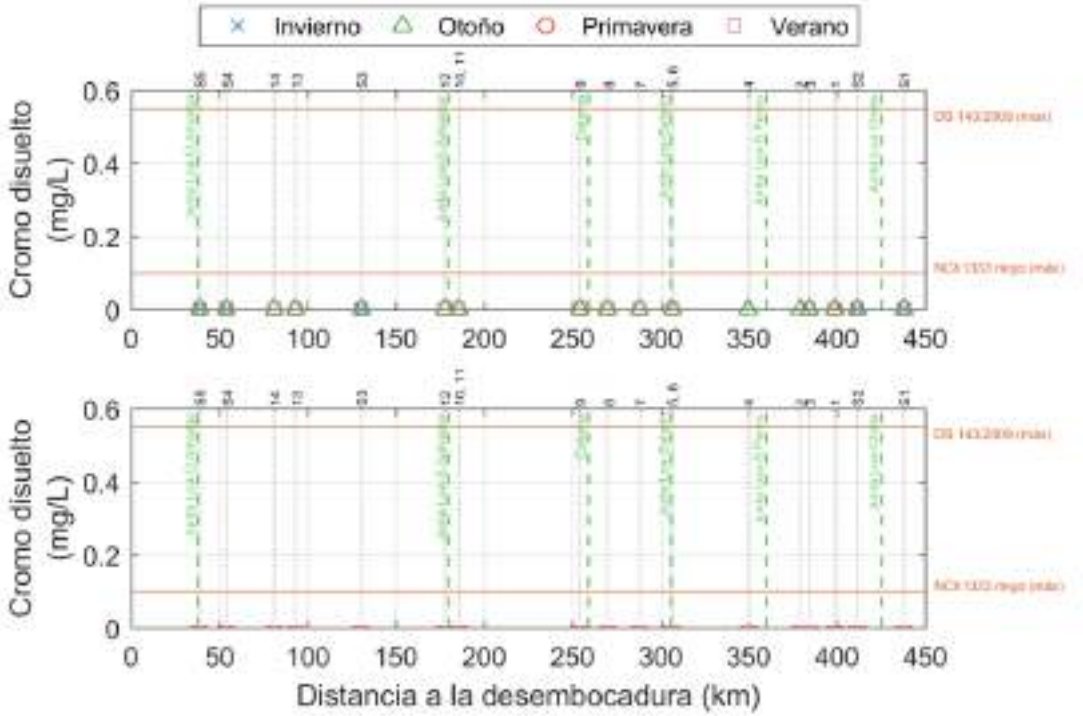


Figura 3.110. Contenidos de cromo disuelto en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005557

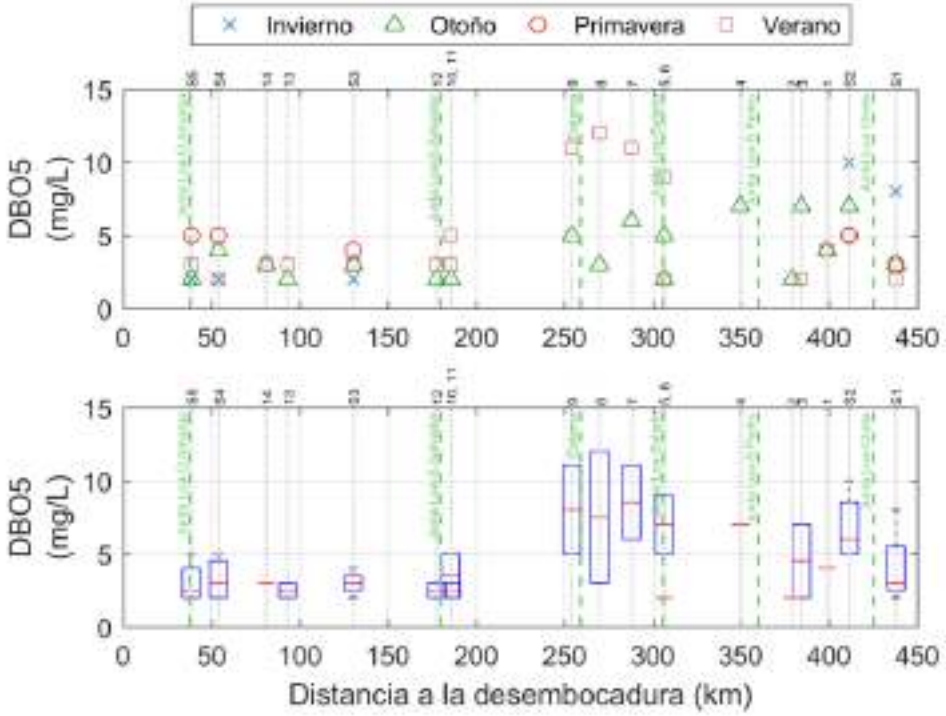


Figura 3.111. Demanda biolquímica de oxígeno en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

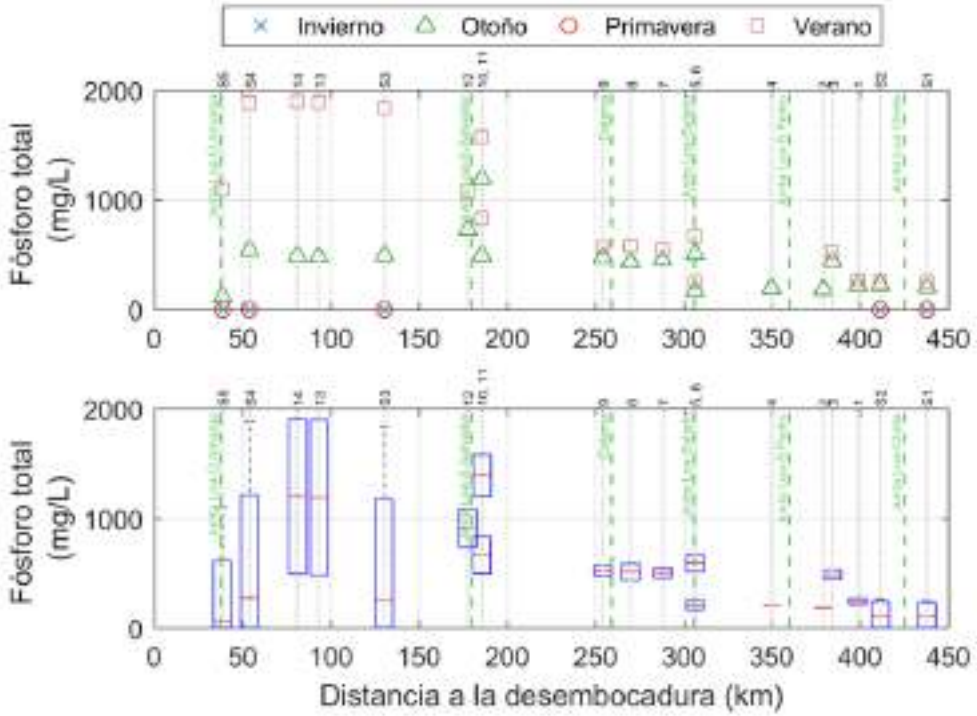


Figura 3.112. Contenidos de fósforo total en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005558

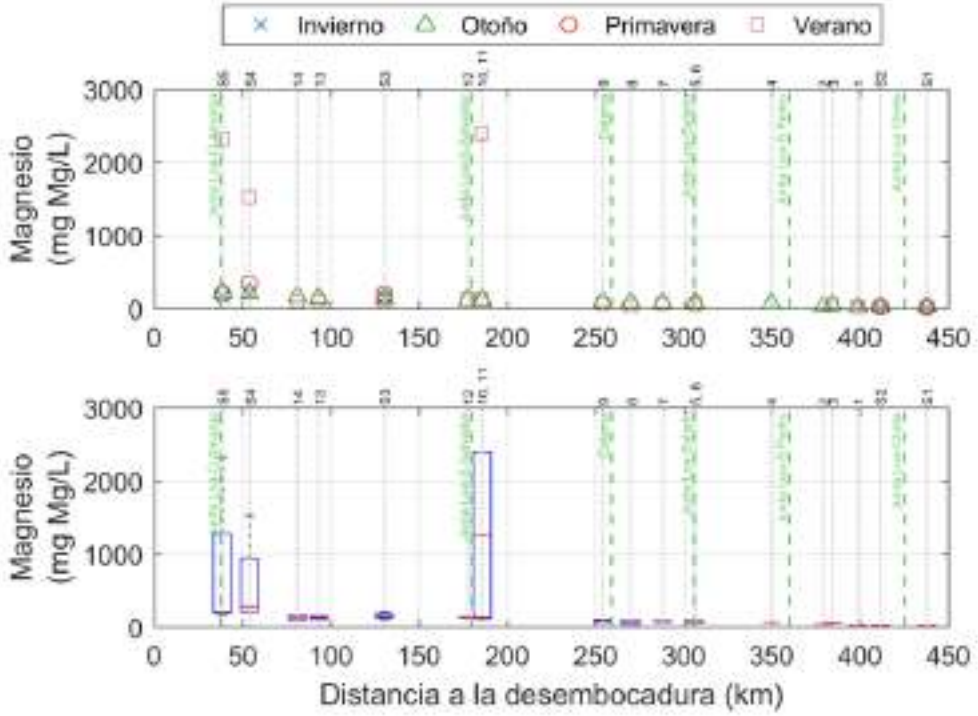


Figura 3.113. Contenidos de magnesio en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

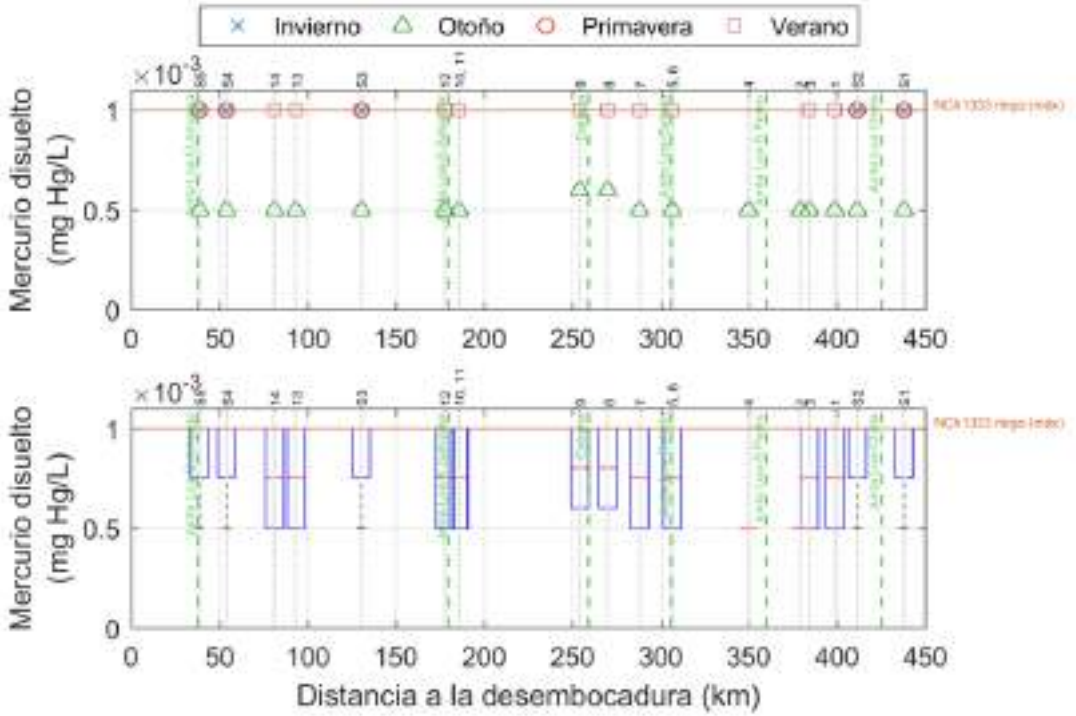


Figura 3.114. Contenidos de mercurio disuelto en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005559

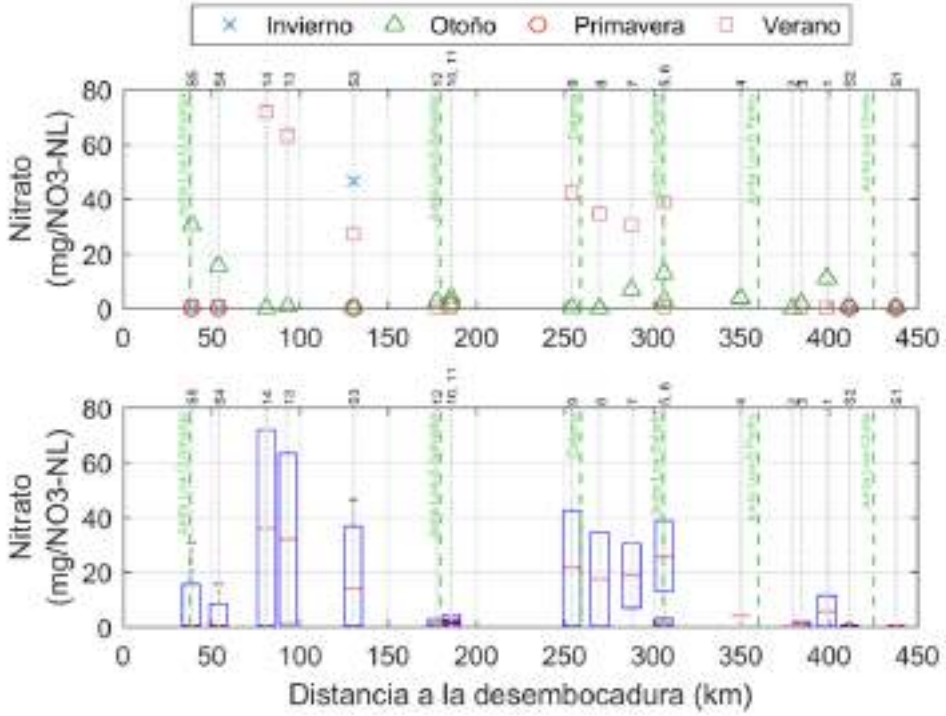


Figura 3.115. Contenidos de nitrato en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

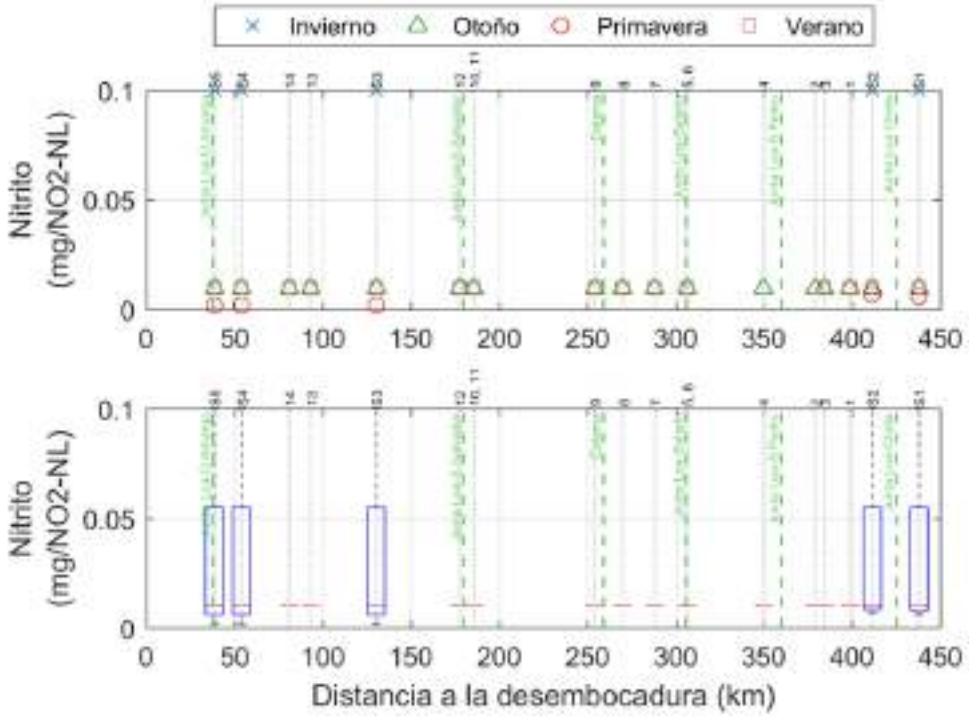


Figura 3.116. Contenidos de nitrito en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005560

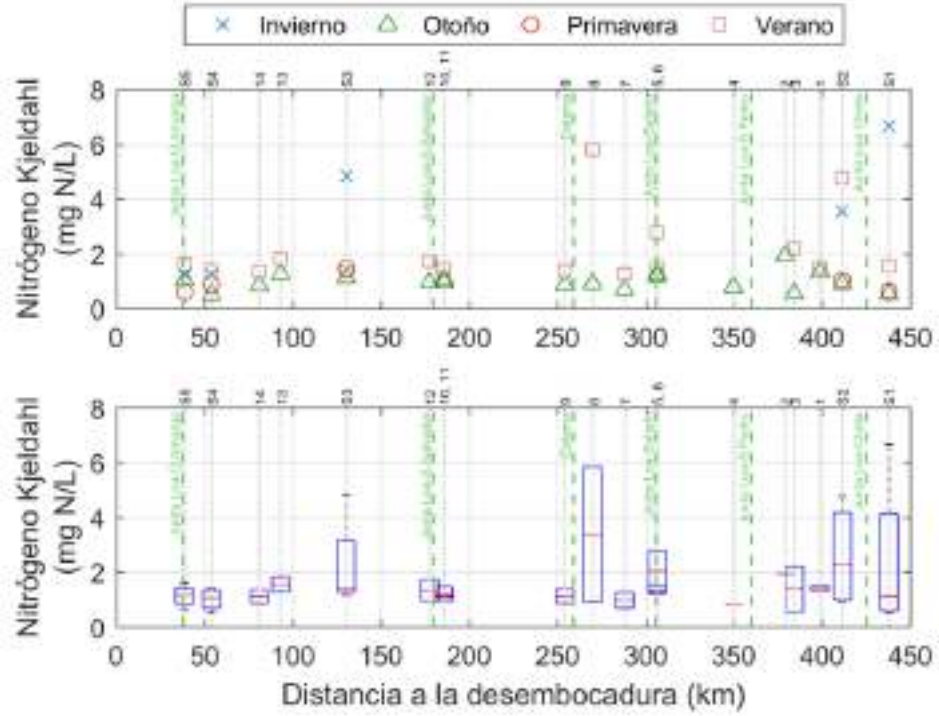


Figura 3.117. Contenidos de nitrógeno Kjeldahl en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

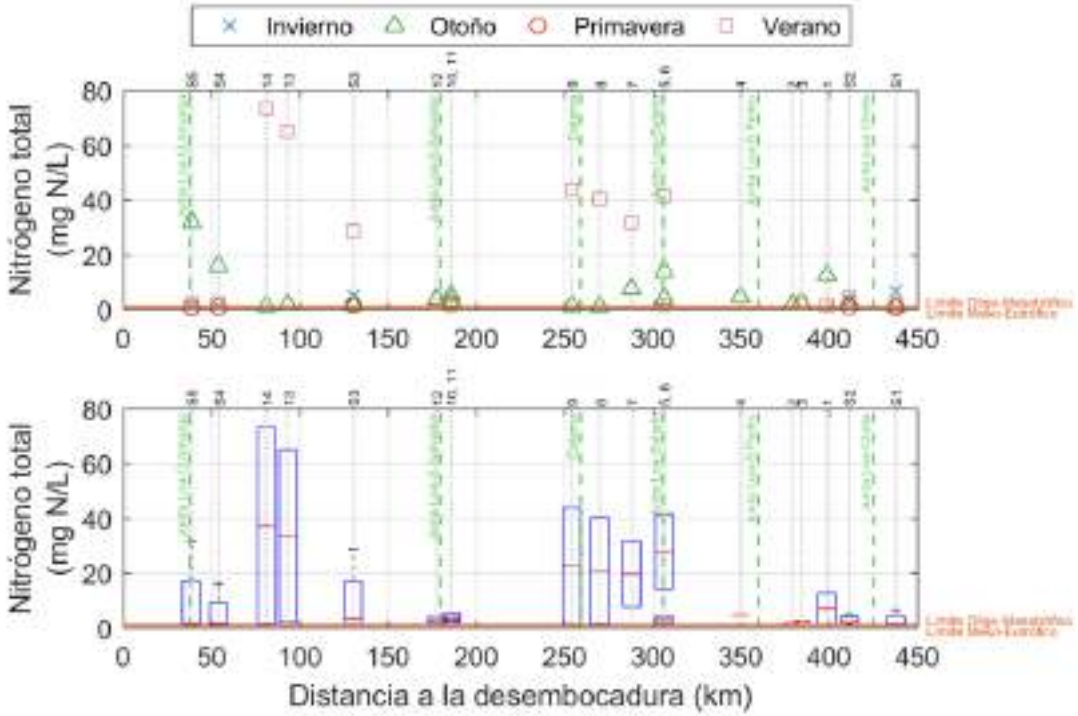


Figura 3.118. Contenidos de nitrógeno total en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005561

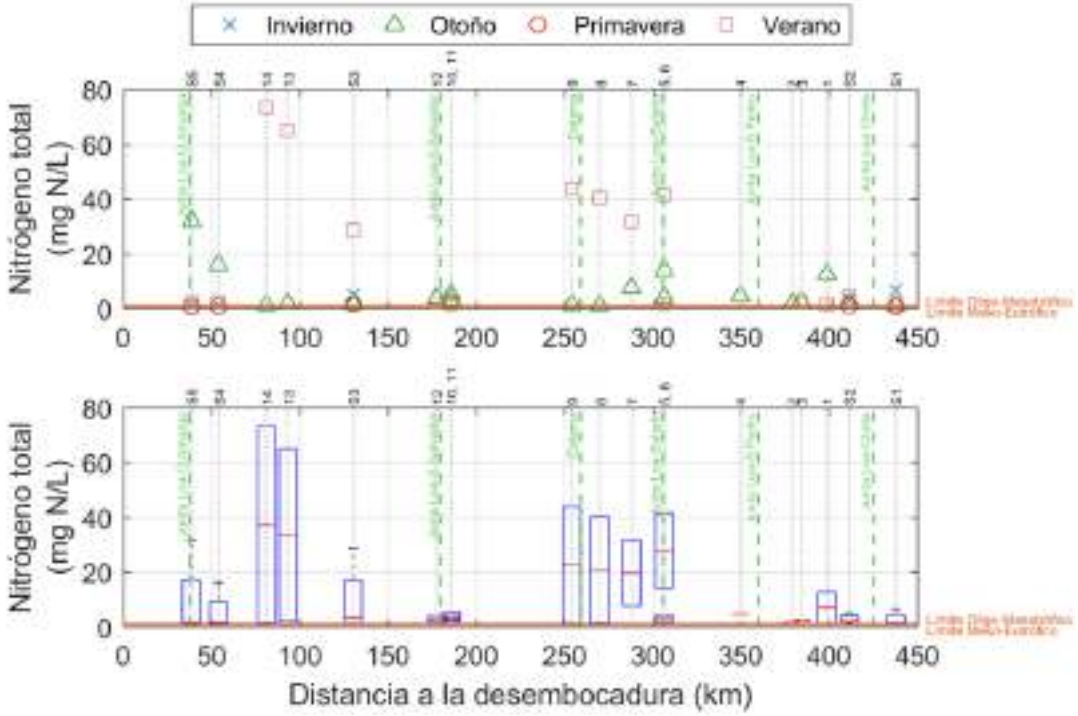


Figura 3.119. Contenidos de níquel disuelto en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

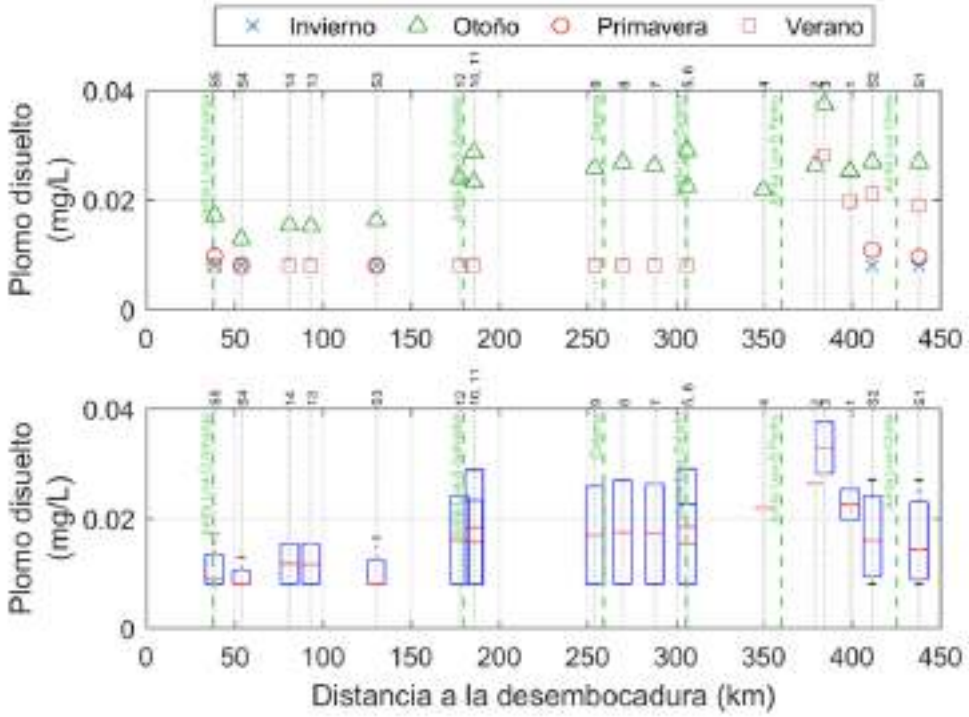


Figura 3.120. Contenidos de plomo disuelto en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005562

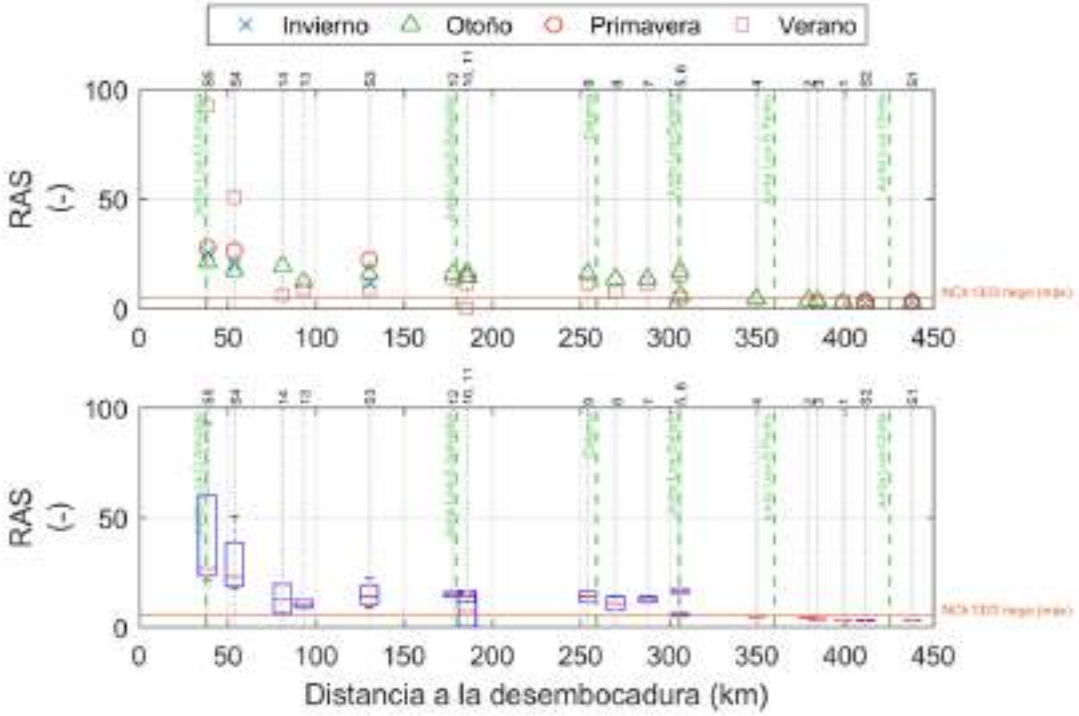


Figura 3.121. Razón de adsorsión de sodio en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

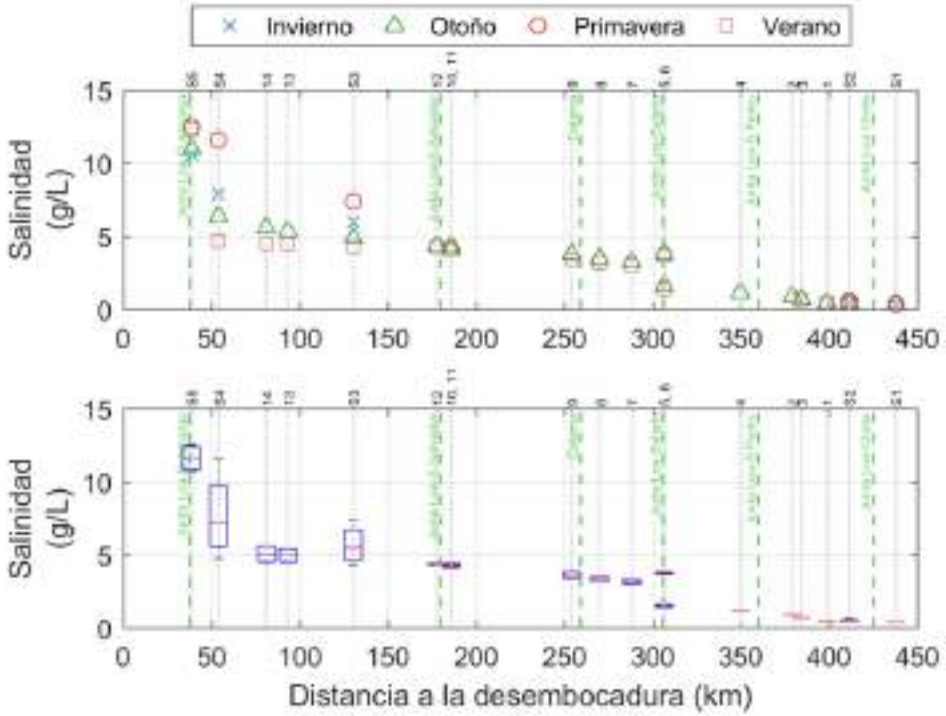


Figura 3.122. Salinidad en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005563

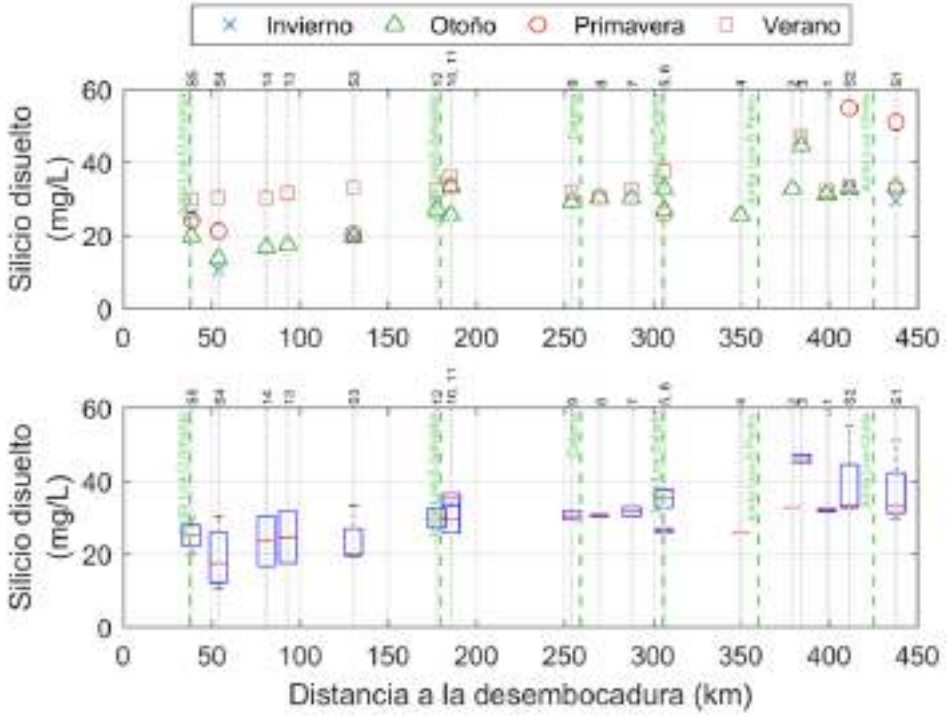


Figura 3.123. Contenidos de silicio disuelto en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

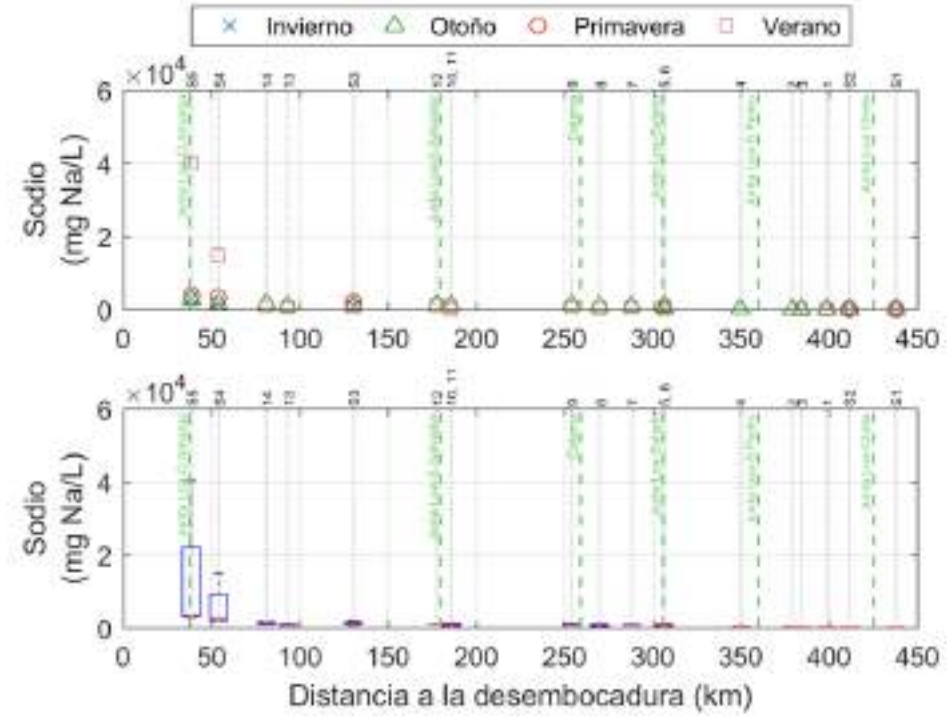


Figura 3.124. Contenidos de sodio en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005564

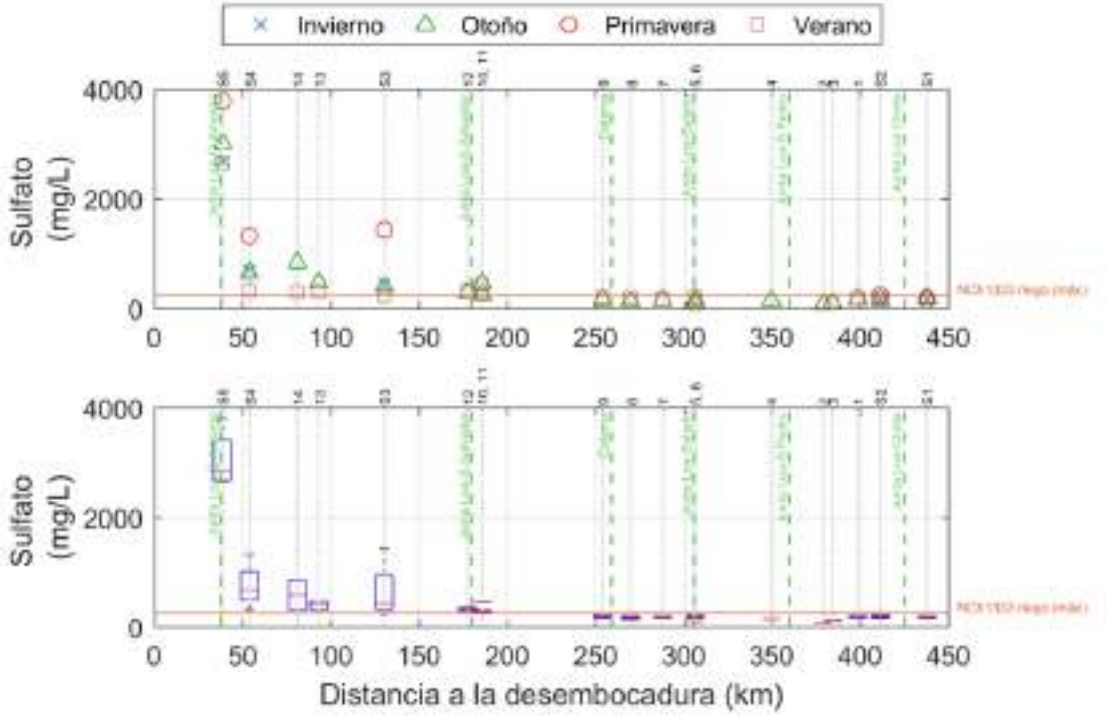


Figura 3.125. Contenidos de sulfato en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

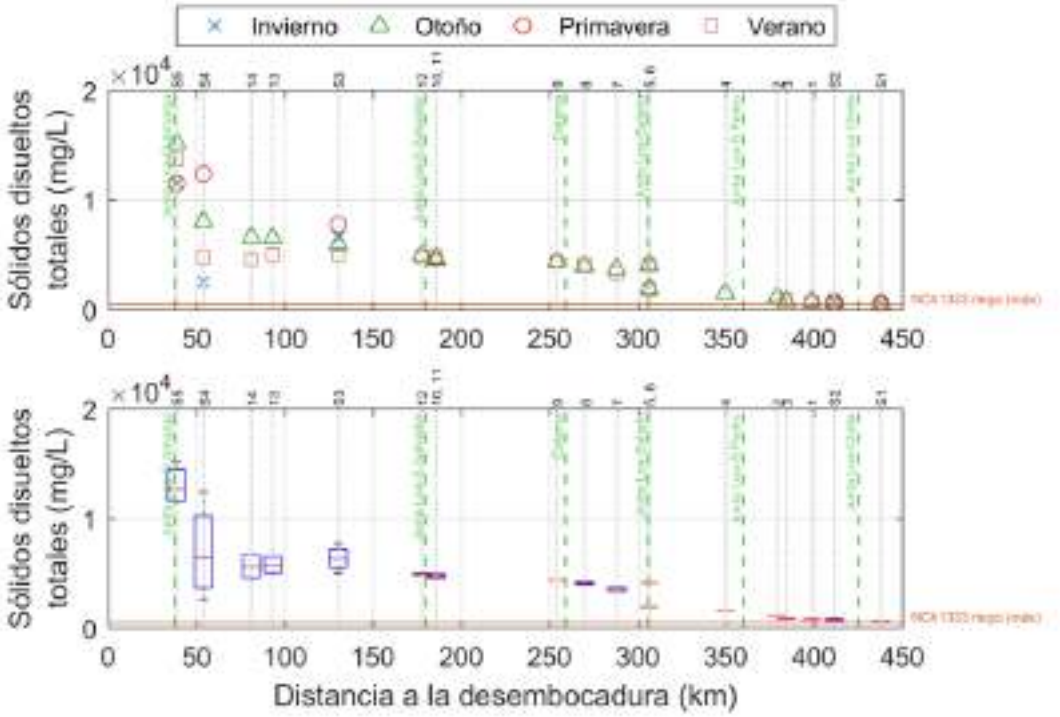


Figura 3.126. Solidos disueltos totales en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005565

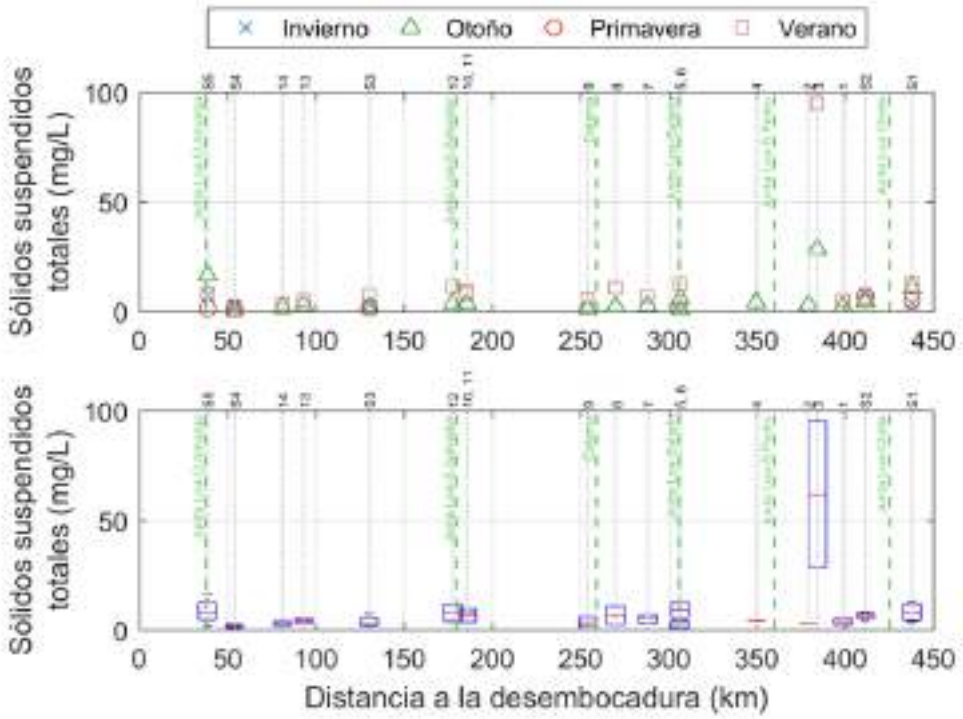


Figura 3.127. Sólidos suspendidos totales en el agua, obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

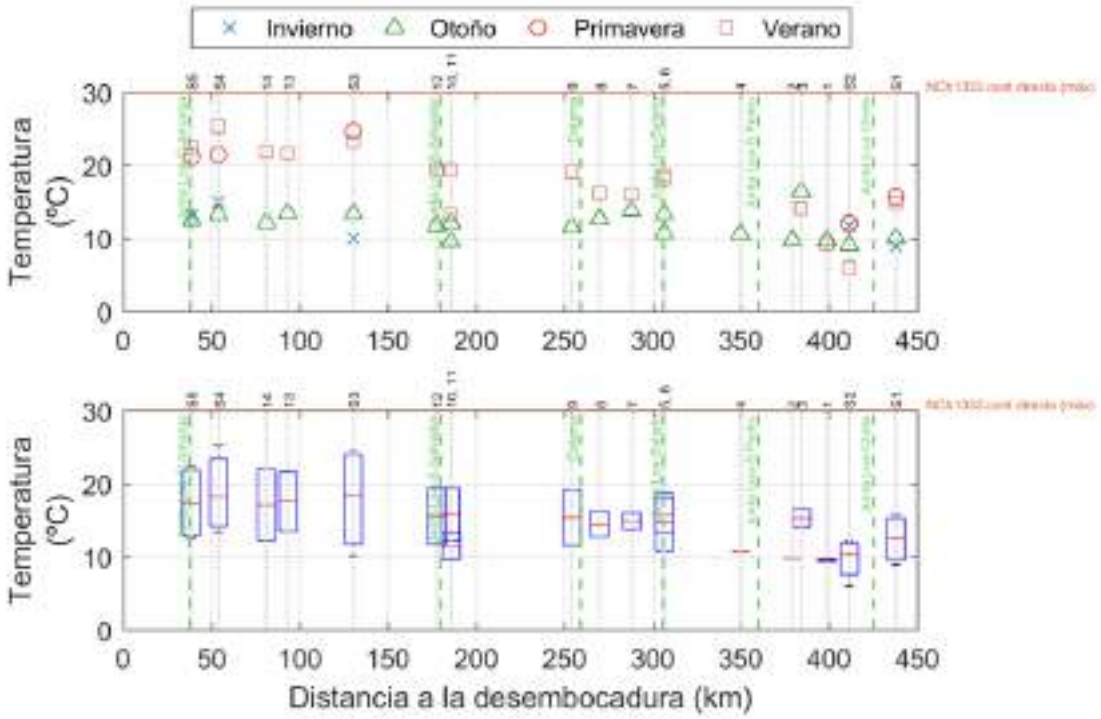


Figura 3.128. Temperatura del agua obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005566

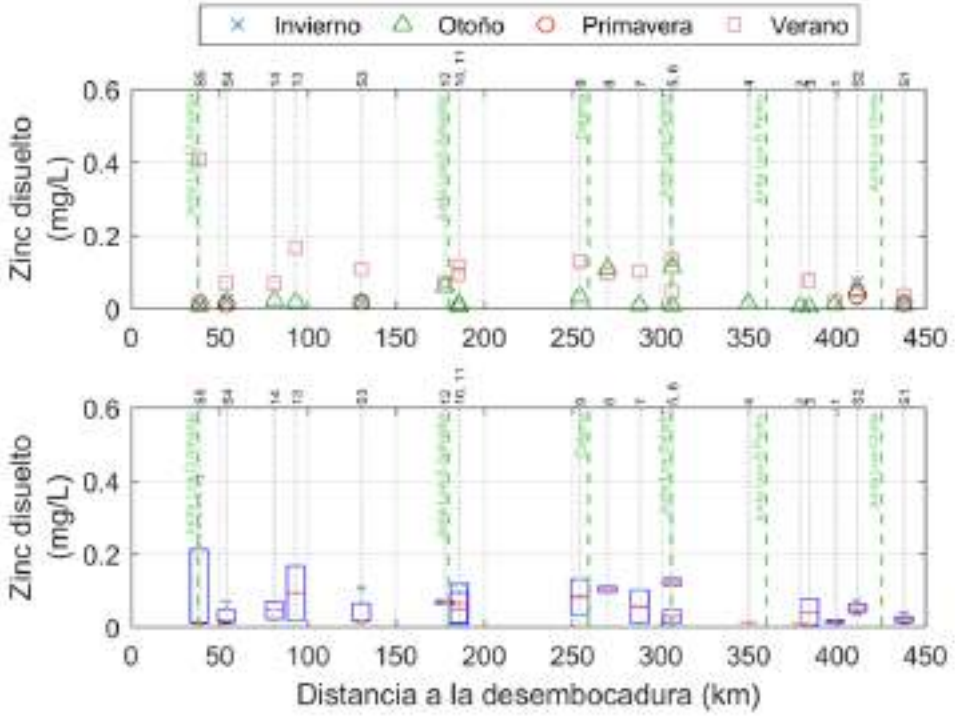


Figura 3.129. Contenidos de zinc disuelto en el agua obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

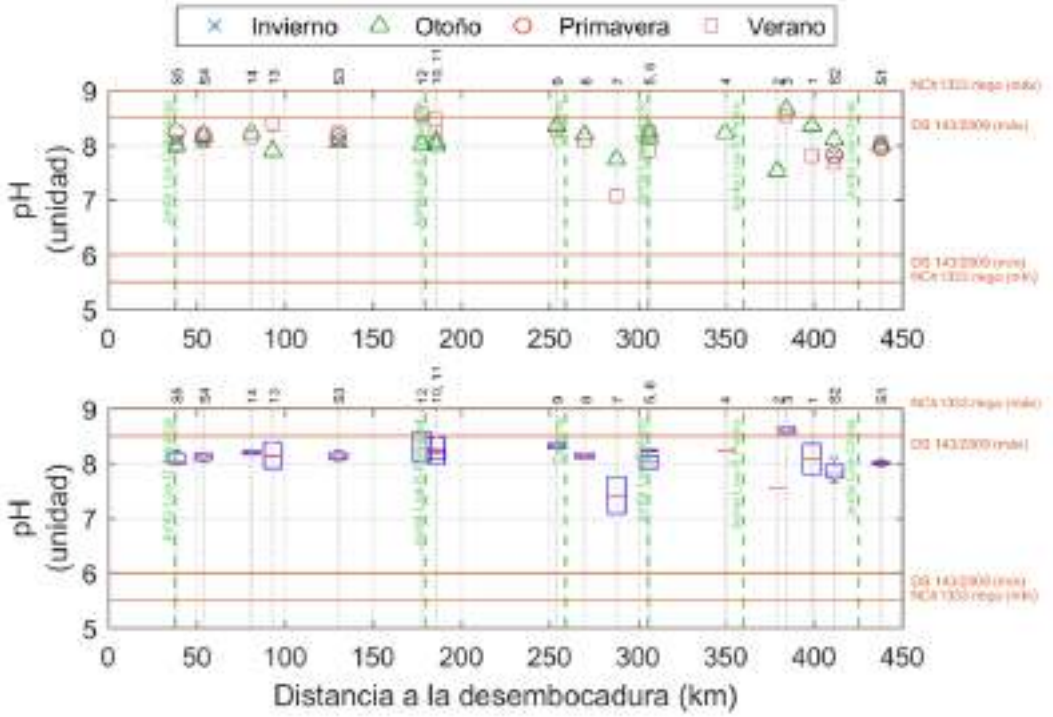


Figura 3.130. Resultados del ph del agua obtenido en las campañas realizadas por el CEA.

Folio005567

De los gráficos de las variables presentados, al hacer la comparación con la Norma NCh1333 (considerando los requisitos para riego y otros usos), se puede apreciar que algunos parámetros están dentro de los rangos de la norma, mientras que otros no. Por ejemplo, en temperatura, pH, coliformes, cobre, plomo y zinc se encuentran dentro de los rangos de la norma. Sin embargo, en conductividad eléctrica, RAS, arsénico, boro, cloruro, nitrógeno total y sulfato se tienen valores fuera de la norma. Se observa que los valores indican que empeora la calidad del agua hacia aguas abajo del río. Por otro lado, se comparan los valores de clorofila con la clasificación trófica, resultando en su mayor parte oligotrófico salvo dos puntos en los cuales se clasificaría como mesotrófico (ver acápite 3.3.4.3)

Es importante notar que, en los gráficos de Cobre disuelto, coliformes fecales y plomo disuelto no se graficó el valor de la norma NCh1333, ya que estaba por sobre los límites del gráfico, es decir, esos parámetros cumplen la norma. Los límites de la norma son 0,20 mg/, 1000 nmp/100ml y 5 mg/l respectivamente. Además, los valores de Cadmio fueron inferior al límite de detección (LD) en todos los casos (<0,001 mg/l), al igual que el Cromo (<0,002 mg/l), Mercurio (<0,001 ó <0,0005 mg/l), Niquel disuelto (<0,003 mg/l) y Nitrito en la mayoría de los casos (<0,1 ó 0,01 mg/l).

La parte superior del río Loa (S1-S2) presentó contenidos bajos de salinidad, sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica, y los menores niveles de arsénico, boro, sulfato y cloruro pero, con valores igualmente altos por sobre la norma chilena de riego (NCh1333. Of78). De los nutrientes, el nitrógeno total es mayor respecto al fósforo total y en esta parte del Loa, las concentraciones son mas altas respecto al sector inferior.

En la parte inferior del río Loa (S3-S4) y Quebrada Amarga (S5) se observó un significativo aumento del boro, arsénico, cloruro, sulfato, salinidad, RAS, conductividad y sólidos totales disueltos. Los nutrientes son menores al sector alto y el pH fue moderadamente alcalino.

A lo largo del río Loa se registraron bajos niveles de cadmio, cromo, mercurio, níquel y plomo disuelto, con concentraciones bajo los límites de detección, los cuales no superaron la NCh 1333.Of78.

El aumento de las concentraciones de boro, arsénico y RAS en el sector inferior del río Loa, podría deberse a la influencia que tienen las vertientes termales, de origen volcánico y la presencia del campo geotermal El Tatio que incide sobre las concentraciones del río Salado (Neimeyer, Rojas *et. al* 2006), afluente del río Loa en el sector medio de la cuenca. Esto se corrobora con los resultados de los muestreos en este sector, y que muestra la influencia del río Salado llega al sector inferior del río Loa. Por otra parte, en esta zona (inferior) no hay una dilución por afluentes importantes y las condiciones son extremadamente áridas, con una alta tasa de evaporación. Por lo que el aumento en las concentraciones de boro y arsénico podría deberse a, aportes subterráneos provenientes de la Pampa del Tamarugal (Orellana, 1985); por la presencia de los tranques Sloman y

Folio005568

Santa Fe que contienen metales en sus sedimentos (Rojas *et. al* 2006); y a que el río Loa en esta sección corta unidades geológicas con abundante anhidrita (Rojas *et. al* 2006).

No debe descartase que los contenidos de ciertos elementos si bien tienen un origen natural dada las características geológicas de la zona, también podrían estar controladas por características climáticas de escasa precipitación y alta evaporación, así como una influencia de carácter antropogénica debido a las presiones que tiene el río Loa en la actualidad.

ii. Otra información relevante

Durante la primera campaña de monitoreo fue posible observar una posible contaminación generada por la descarga de aguas tratadas al río San Salvador. Se observaron sectores de aguas grisáceas y en la junta del río San Salvador con el río Loa, donde también se detectó grandes concentraciones de espumas, las cuales podrían generar una idea de la carga de materia orgánica, detergentes, aceites y grasas, tal como se observa en las siguientes Figuras:

Figura 3.131. Rio San Salvador en confluencia con río Loa.

En relación a este mismo tópico durante las reuniones de presentación del estudio, las diversas comunidades indígenas y rurales además de organizaciones civiles de la comuna de Calama declararon que el contexto de contaminación de las aguas tiene larga data y ha tenido un incremento gradual y continuo en conjunto con la incorporación de grandes proyectos asociados al ecosistema fluvial y al aumento de la población en las grandes ciudades, lo cual indica una relación inversamente proporcional entre el desarrollo económico y el desarrollo sustentable.

Figura 3.132. Rio San Salvador aguas arriba de confluencia con río Loa (Coordenadas UTM: 502689E,7517863N).

3.2.2.2 Componentes bióticos asociados al sistema fluvial.

3.2.2.2.1 Caracterización del hábitat

En terreno se realizó una caracterización general del hábitat de cada una de las estaciones de muestreo utilizando un modelo de "ficha descriptiva de hábitat" la cual considera los siguientes grupos de variables:

- *Características del sistema acuático:* considera el levantamiento de características físicas generales del cauce en el punto de muestreo, como son ancho y profundidad, tipo de sustrato, tipos morfológicos del río (rápidos, aguas corrientes, pozones, etc.) y obras de intervención en el cauce (canalización o represas), así como, características generales del agua en el punto de muestreo (olor, presencia de aceites, turbiedad, etc.) y sedimentos (olor, depósitos de material, contenido de materia orgánica gruesa, etc.).
- *Uso de suelo:* este ítem considera el levantamiento de información de características de la cuenca y de las actividades principales que se desarrollan en él.
- *Posibles fuentes de contaminación:* hace alusión a dos posibles fuentes de contaminación en el sistema acuático 1) Puntual: cuando la fuente de contaminación es claramente identificable espacialmente como pueden ser acopios de basura en las riveras, canales o ductos de entrada de riles al río, desagües, etc. 2) Difusa: cuando las fuentes de contaminación actúan en un

Folio005570

ámbito espacial mayor, sin poder ser precisadas en su localización espacial y en su acción temporal, por ejemplo actividades agrícolas donde el uso de fertilizantes y pesticidas en los cultivos son fuentes de contaminación al ser arrastrados a los ríos por las actividades de regadío o en eventos de lluvia donde la erosión puede arrastrar suelo contaminado a los sistemas fluviales, otros ejemplos de contaminación difusa son las actividades ganaderas y mineras en las cuencas. Cuando sea observado algunos de estos usos en la cuenca, se indica que podría existir contaminación difusa.

- *Erosión local*: para esta variable se definen las categorías de Ninguna, cuando las riberas están estabilizadas con vegetación, Moderada, cuando se presenta suelo desnudo con evidencias de erosión de hasta en un 50% del total del sector evaluado y Fuerte, cuando esta última característica se extiende más allá de un 50%.
- *Vegetación:* recoge información respecto del tipo y cobertura de la vegetación de ribera y acuática, además de la cobertura del dosel, entendida como el efecto de sombreo de la vegetación ribereña (cualquiera sea) sobre el curso de agua, en este último caso se describen las categorías de Abierto (0-25%), Semi-abierto (25 -50%), Semi-sombreado (50 – 75%) y Sombreado (75-100%).

El área de estudio presenta distintos tipos de hábitat funcionales para los organismos acuáticos. La parte alta de la cuenca se caracteriza por presentar sectores con condiciones de estructura de ritrón, con una marcada presencia de rápidos y una morfología más abrupta, existiendo solo un canal principal (cauce canalizado), donde además se observan zonas de erosión moderada en las laderas producto del paso del agua (rápidos) como también, tramos del río donde se registra una erosión fuerte producto de los eventos climáticos recientes ocurridos en la zona (lluvias altiplánicas). Mientras que en la sección media y baja del río Loa se observa un mosaico de hábitats generado por el gradiente de velocidad y caudal del agua, formándose pozas de acumulación de materiales y zonas de transición con aguas corrientes.

En general se observa que el sustrato está dominado en la parte alta por bolones y roca madre, mientras que en su sección media y baja se registra mayor ocurrencia de piedras, guijarros y fango.

La vegetación de ribera fue principalmente herbácea y arbustos con dosel abierto, mientras que la vegetación acuática se observan plantas enraizadas y emergentes bordeando las orillas del cauce, como también algas adheridas al sustrato. Esto principalmente en los sectores medios y altos del río Loa.

El detalle de la descripción del hábitat por punto de muestreo se presenta a continuación en tablas que componen “fichas de hábitat”.

Cuenca	**Río Loa**	**Rio Loa**	**Rio Loa**
Código Punto	**S1_Río_Loa**	**S2_Río_Loa**	**S3_Río_Loa**
Descripción	**Río Loa en Vega Chela**	**Río Loa pared norte de roca madre**	**Río Loa en sector de camping**
Coord. UTM	**WGS84 Huso 19K**	**WGS84 Huso 19K**	**WGS84 Huso 19K**
Este	**532.469**	**533.083**	**440.947**
Norte	**7.640.132**	**7.617.237**	**7.570.933**
Caracterización del cuerpo de agua	Se observan aguas semi-turbias con una morfología del cauce canalizadas. El ancho es de 5 m y profundidad de la columna de agua es de 1,5 m. Presencia de rápidos (80%) y pozones (20%).	**Caracterización del cuerpo de agua**	Se observan aguas semi-turbias con una morfología del cauce homogéneo. El ancho es de 3,1 m con una profundidad de la columna de agua es de 1 m. Presencia de pozones (20%), aguas corrientes (40%) y rápidos (10%).	**Caracterización del cuerpo de agua**	Se observan aguas claras y una morfología del cauce canalizado. Con un ancho de 15 m y una profundidad de la columna de agua de > 1,5 m. Presencia de aguas corrientes (70%), pozones (20%) y rápidos (10%).
Cuenca	**Vegetación de ribera**	**Cuenca**	**Vegetación de ribera**	**Cuenca**	**Vegetación de ribera**
Uso natural, sin contaminación y moderada erosión local.	Herbáceas y arbustos con dosel cerrado.	Uso natural, sin contaminación y moderada erosión local.	Herbáceas y arbustos con dosel abierto.	Uso de camping y extracción de agua. Sin contaminación y moderada erosión loca.	Arbustos con dosel abierto.
Vegetación acuática	**Sustrato de fondo**	**Vegetación acuática**	**Sustrato de fondo**	**Vegetación acuática**	**Sustrato de fondo**
Se observan algas adheridas al sustrato y enraizadas sub-emergentes.	Dominado por guijarros, piedras y bolones.	Se observa vegetación enraizadas y emergentes.	Dominado por roca madre. Se observan depósitos de fango.	Se observan algas adheridas al sustrato.	Dominado por fango y piedras.

Cuenca	**Río Loa**	**Rio Loa**	**Rio Loa**
Código Punto	**S4_Río_Loa**	**5_Río Loa**	**1_Río_Loa**
Descripción	**Río Loa**	**Río Loa en Chiuchiu**	**Rio Loa**
Coord. UTM	**WGS84 Huso 19K**	**WGS84 Huso 19K**	**WGS84 Huso 19K**
Este	**430939**	**420821**	**534984**
Norte	**7625704**	**7631117**	**7605268**
Caracterización del cuerpo de agua	Se observan aguas claras con una morfología del cauce canalizado. El ancho es de 15 m y una profundidad de la columna de agua es de 1,20 m. Presencia de aguas corrientes (90%) y pozones (90%).	**Caracterización del cuerpo de agua**	Se observan aguas semi-turbias con una morfología del cauce homogéneo. El ancho es de 5 m y una profundidad de la columna de agua es de 0,30 m. Presencia de aguas corrientes (80%), pozones (10%) y rápidos (10%).	**Caracterización del cuerpo de agua**	Se observan aguas semi-turbias con una morfología del cauce homogéneo. El ancho es de 5 m con una profundidad de la columna de agua es de 0,50 m. Presencia de aguas corrientes (0%), pozones (10%) y rápidos (20%).
Cuenca	**Vegetación de ribera**	**Cuenca**	**Vegetación de ribera**	**Cuenca**	**Vegetación de ribera**
Uso natural, con sectores con contaminación puntual (basura) y moderada erosión local.	Herbáceas con dosel cerrado.	Uso ganadería y agricultura, sin contaminación y moderada erosión local.	Herbáceas y arbustos con dosel abierto.	Uso natural. Sin contaminación y moderada erosión loca.	Herbáceas con dosel abierto.
Vegetación acuática	**Sustrato de fondo**	**Vegetación acuática**	**Sustrato de fondo**	**Vegetación acuática**	**Sustrato de fondo**
Se observan algas adheridas al sustrato.	Dominado por grava y guijarros. Se observan depósitos de fango.	Se observa vegetación enraizadas y emergentes sin algas adheridas al sustrato.	Dominado por piedras y rodados. Se observan depósitos de arena.	Se observa vegetación enraizadas y emergentes con algas adheridas al sustrato.	Dominado por roca madre, rodados y guijarros. Se observan depósitos de arena.

Cuenca	**Río Loa**	**Rio Loa**	**Rio Loa**
Código Punto	**3_Río_San pedro**	**3_Río Loa (Alternativo)**	**S5_Quebrada_Amarga**
Descripción	**Río tributario**	**Río Loa en vado Santa Bárbara**	**Río Loa**
Coord. UTM	**WGS84 Huso 19K**	**WGS84 Huso 19K**	**WGS84 Huso 19K**
Este	**550165**	**540346**	**539127**
Norte	**7573071**	**7570066**	**7563977**
Caracterización del cuerpo de agua	Se observan aguas claras turbulentas con una morfología del cauce canalizado. El ancho es de 2 m con una profundidad de la columna de agua es > 1 m. Presencia de rápidos (100%).	**Caracterización del cuerpo de agua**	Se observan aguas semi-turbias con una morfología del cauce homogéneo. El ancho es de 10 m y la profundidad de la columna de agua es de 0,20 m. Presencia de aguas corrientes (60%), pozones (20%) y rápidos (20%).	**Caracterización del cuerpo de agua**	Se observan aguas claras con una morfología del cauce homogéneo. El ancho es de 4 m y la profundidad de la columna de agua es de 0,40 m. Presencia de aguas corrientes (100%).
Cuenca	**Vegetación de ribera**	**Cuenca**	**Vegetación de ribera**	**Cuenca**	**Vegetación de ribera**
Uso natural, sin contaminación y moderada erosión local.	Herbáceas y arbustos con dosel cerrado semi-sombreado.	Uso natural, sin contaminación y fuerte erosión local.	Escasas herbáceas con dosel abierto.	Uso natural. Sin contaminación y moderada erosión loca.	Herbáceas con dosel cerrado.
Vegetación acuática	**Sustrato de fondo**	**Vegetación acuática**	**Sustrato de fondo**	**Vegetación acuática**	**Sustrato de fondo**
Se observa vegetación enraizadas y emergentes sin algas adheridas al sustrato.	Dominado por roca madre.	Se observa vegetación enraizadas y emergentes sin algas adheridas al sustrato.	Dominado por piedras, rodados y grava. Se observan depósitos de arena.	Se observa vegetación enraizadas y emergentes con algas adheridas al sustrato.	Dominado por fango.

Cuenca	**Río Loa**	**Rio Loa**	**Rio Loa**
Código Punto	**8_Río_Loa**	**6_Río_Salado**	**7_Río_Loa**

Descripción	Río Loa en Calama	Tributario	Río Loa antes de Calama
Coord. UTM	WGS84 Huso 19K	WGS84 Huso 19K	WGS84 Huso 19K
Este	511183	536369	527000
Norte	7517888	7526239	7516301
Caracterización del cuerpo de agua	Se observan aguas claras con una morfología del cauce canalizado. El ancho es de 10 m y la profundidad de la columna de agua >1 m. Presencia de aguas corrientes (100%).	Caracterización del cuerpo de agua: Se observan aguas claras con una morfología del cauce canalizado. El ancho es de 5 m y la profundidad de la columna de agua es de 0,30 m. Presencia de aguas corrientes (100%).	Caracterización del cuerpo de agua: Se observa aguas turbias con una morfología del cauce homogéneo. El ancho es de 5 m y la profundidad de la columna de agua es de 1,60 m. Presencia de aguas corrientes (70%), pozones (20%) y rápidos (10%).
Cuenca	Vegetación de ribera	Cuenca	Vegetación de ribera	Cuenca	Vegetación de ribera
Uso residencial, se observa contaminación puntual y difusa y fuerte erosión local.	Herbáceas con dosel abierto.	Uso agricultura y ganadería, sin contaminación y moderada erosión local.	Herbáceas con dosel abierto.	Uso ganadería. Sin contaminación y moderada erosión local. Olor a aguas servidas, espumas y aceites en el sedimentos.	Herbáceas con dosel cerrado.
Vegetación acuática	Sustrato de fondo	Vegetación acuática	Sustrato de fondo	Vegetación acuática	Sustrato de fondo
Se observa vegetación enraizadas y emergentes con abundantes algas adheridas al sustrato.	Dominado por fango.	Se observa vegetación enraizadas y emergentes con abundantes algas adheridas al sustrato.	Dominado por fango.	Se observa vegetación enraizadas y emergentes con algas flotantes.	Dominado por fango.

Cuenca	Río Loa	Rio Loa	Rio Loa

Código Punto	**9_Río_Loa**	**10_Río_Loa**	**11_Río_Salvador**
Descripción	**Río Loa**	**Río Loa**	**Estación DGA**
Coord. UTM	**WGS84 Huso 19K**	**WGS84 Huso 19K**	**WGS84 Huso 19K**
Este	**500986**	**445607**	**445953**
Norte	**7510906**	**7522999**	**7523068**
Caracterización del cuerpo de agua	Se observan aguas turbias con una morfología del cauce canalizada. El ancho del cauce es de 5 m con una profundidad de la columna de agua > 1,5 m Presencia de aguas corrientes (60%) y pozones (40%).	**Caracterización del cuerpo de agua**	Se observan aguas claras con una morfología del cauce canalizada. El ancho es del cauce es de 15 m y la profundidad de la columna de agua es de 1,5 m. Presencia de aguas corrientes (100%).	**Caracterización del cuerpo de agua**	Se observan aguas semi-turbias con una morfología del cauce canalizada. El ancho es de 2 m con una profundidad de 0,70 m. Presencia de rápidos (70%) y aguas corrientes (30%).
Cuenca	**Vegetación de ribera**	**Cuenca**	**Vegetación de ribera**	**Cuenca**	**Vegetación de ribera**
Uso camping, se observa contaminación puntual y moderada erosión local.	Herbáceas con dosel abierto.	Uso natural, no se observa contaminación y presenta una moderada erosión local.	Herbáceas con dosel abierto.	Uso natural. Sin contaminación y moderada erosión local.	Herbáceas y arbustos con dosel abierto semi-sombreado. .
Vegetación acuática	**Sustrato de fondo**	**Vegetación acuática**	**Sustrato de fondo**	**Vegetación acuática**	**Sustrato de fondo**
Se observan algas adheridas al sustrato.	Dominado por arena y fango.	Se observan algas adheridas al sustrato.	Dominado por fango.	Se observa vegetación enraizadas y emergentes con algas flotantes.	Dominado por piedras y arena.

Cuenca	**Río Loa**	**Rio Loa**	**Rio Loa**
Código Punto	**12_Río_Loa**	**13_Río_Loa**	**14_Río_Loa**
Descripción	**Río Loa**	**Río Loa Bocatoma**	**Río Loa**

Coord. UTM	WGS84 Huso 19K	WGS84 Huso 19K	WGS84 Huso 19K
Este	441708	446382	443088
Norte	7528654	7598572	7607536
Caracterización del cuerpo de agua	Se observan aguas semi-turbias con una morfología del cauce canalizada. El ancho del cauce es de 5 m con una profundidad de la columna de agua > 1,5 m Presencia de aguas corrientes (90%) y pozones (10%).	**Caracterización del cuerpo de agua**	Se observan aguas claras con una morfología del cauce canalizada. El ancho es del cauce es de 25 m y la profundidad de la columna de agua es de 1,20 m. Presencia de aguas corrientes (70%), pozones (25%) y rápidos (5%).
Caracterización del cuerpo de agua	Se observan aguas claras con una morfología del cauce canalizada. El ancho es de 20 m con una profundidad de 0,80 m. Presencia de aguas corrientes (100%).		

Cuenca	Vegetación de ribera	Cuenca	Vegetación de ribera	Cuenca	Vegetación de ribera
Uso camping, se observa contaminación puntual y difusa con moderada erosión local. Olor del sedimento a aguas servidas.	Arbustos con dosel abierto.	Uso sector de bocatoma de agua, no se observa contaminación y presenta una moderada erosión local.	Arbustos con dosel abierto.	Uso camping. Presenta Sectores con contaminación puntual y difusa, con una moderada erosión local.	Arbustos y herbáceas con dosel abierto.
Vegetación acuática	**Sustrato de fondo**	**Vegetación acuática**	**Sustrato de fondo**	**Vegetación acuática**	**Sustrato de fondo**
Se observan algas adheridas al sustrato.	Dominado por arena y fango.	Se observan algas adheridas al sustrato.	Dominado por piedras y arena.	Se observa vegetación enraizadas y emergentes, con algas adheridas al sustrato.	Dominado por fango.

Folio005577

3.2.2.2.2 Fauna Íctica

i. Campaña Invierno

Simultáneamente con el muestreo de calidad de agua, en los mismos 5 puntos, cuyas coordenadas son especificadas en la Tabla 3.39, se realizó la toma de muestras biológicas. Se realizó pesca eléctrica y se tomaron muestras de agua y sedimentos para posteriormente ser enviados a laboratorio y poder analizar la composición y abundancia de fitobentos, zoobentos e ictiofauna. El protocolo de muestreo respectivo se detalla en la Tabla 3.43.

Tabla 3.43. Protocolo de muestreo biológico

Laboratorio	Componente	Parámetro	Preservante
CEA	Fitobentos (Diatomeas)	Composición y abundancia	Formalina 4%
	Zoobentos (macroinvertebrados bentónicos)	Composición y abundancia	Alcohol 70%
	Fauna Íctica (Pesca Eléctrica)	Composición y abundancia	Formalina 10%

Los resultados del análisis de la ictiofauna en cuanto a su composición y abundancia en la campaña de invierno se resumen en la Tabla 3.44. Durante esta campaña,realizada en septiembre de 2018, se evaluaron solo 5 puntos de muestreo, se reportó sólo la especie íctica introducida *Oncorhynchus mykiss* (ver Figura 3.133), la que no fue capturada, sino que avistada en los puntos S1 y S2 en la cuenca alta del río Loa por lo que se reporta como presencia en la Tabla 3.44. En los restantes puntos de muestreo no hubo ni avistamientos ni colectas efectivas de peces con el arte de la pesca eléctrica. La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) corresponde a una especie introducida que, según gente residente en la zona, fue “cultivada hace bastantes años”.

Tabla 3.44. Presencia de peces (+) en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa. septiembre 2018.

Taxa / Puntos de muestreo	Loa Alto		Loa Bajo		
	S1	S2	S3	S4	S5
Oncorhynchus mykiss	+	+			
Riqueza	1	1	0	0	0
Abundancia	-	-	0	0	0

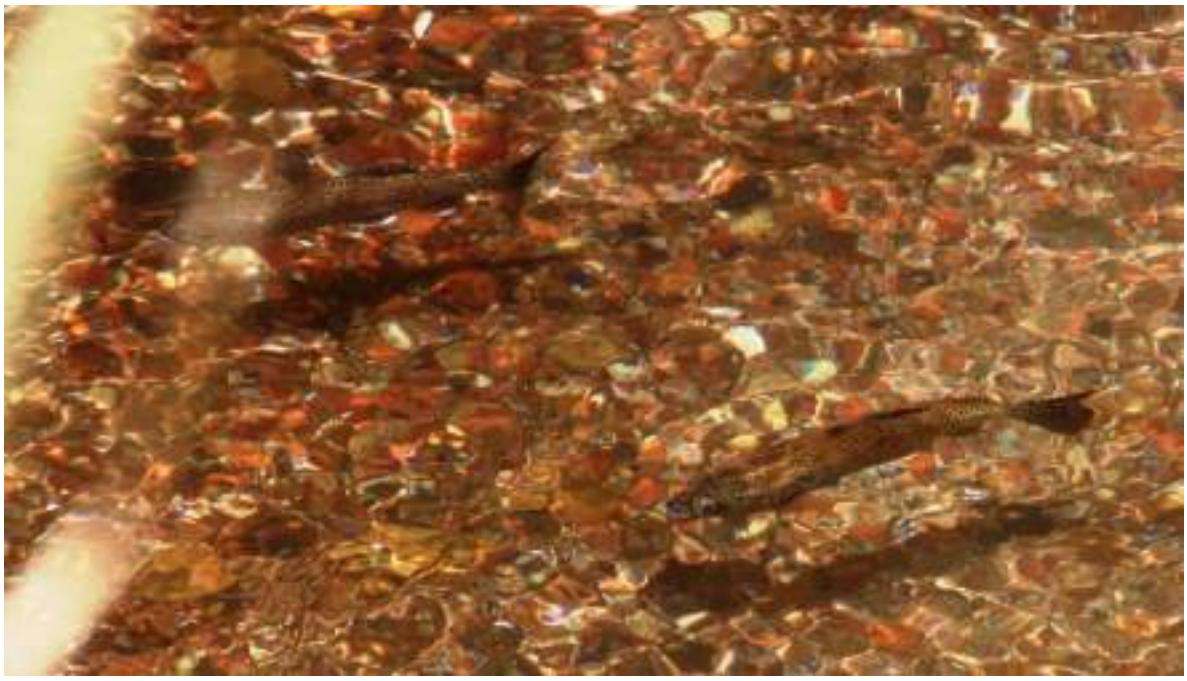


Figura 3.133. *Oncorhynchus mykiss* observadas en el punto "S2_Río Loa".

ii. Campaña Verano (Caudal Alto)

Los resultados del análisis de la ictiofauna en cuanto a su composición y abundancia en la campaña de verano (marzo 2019), se resumen en la Tabla 3.46. Por otra parte, la Tabla 3.45 resume los datos de la morfometría de los peces capturados, la longitud total, peso total y factores de condición de los ejemplares, este último un índice de la robustez o gordura de los peces.

En esta campaña, realizada en marzo de 2019, nuevamente hubo avistamientos sin colecta de peces de *O. mykiss*, adicionándose en este caso también avistamientos sin colecta de una segunda especie introducida, *Gambusia affinis*, aunque esta última especie si presentó colectas efectivas en algunos de los puntos de muestreo (Tabla 3.46). La especie *O. mykiss* se segregó hacia la cuenca media a alta, con presencia en los puntos S1, S2 y 7, mientras que *G. affinis* se segregó hacia la cuenca media a baja, con presencia en los puntos 10, 12, S3, 14, S4 y S5. Entre los puntos donde hubo colectas efectivas de peces (12, S3 y S4) destacó el punto 12 donde se reportó la mayor captura por unidad de esfuerzo (CPUE), un total de 0,20 ind/m^2 correspondiente a la captura exclusiva de *G. affinis* en este punto.

Folio005579

Tabla 3.45. Morfometría de peces capturados en la campaña de marzo de 2019. LT = Longitud total (cm), PT = Peso total (g), K = Factor de condición.

Especie	LT (cm)	PT (g)	K	Estación	Arte de pesca
Oncorhynchus mykiss	-	-	-	1-Río Loa	Avistamiento
Oncorhynchus mykiss	-	-	-	S1-Río Loa	Avistamiento
Gambusia affinis	1,5	<0,1	-	S3-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,6	<0,1	-	S3-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	2,9	0,3	12,3	S4-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	2,1	0,1	10,8	S4-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	2,2	0,1	9,4	S4-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	2,3	0,1	8,2	S4-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	-	-	-	10-Río Loa	Avistamiento
Gambusia affinis	1,4	<0,1	-	12-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,5	<0,1	-	12-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,7	<0,1	-	12-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,7	<0,1	-	12-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,8	<0,1	-	12-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,9	<0,1	-	12-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,9	0,1	14,6	12-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	2,0	0,1	12,5	12-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	2,1	0,1	10,8	12-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	2,4	0,1	7,2	12-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	-	-	-	14-Río Loa	Avistamiento
Gambusia affinis	-	-	-	S5-Qda Amarga	Avistamiento
Oncorhynchus mykiss	-	-	-	9-Río Loa	Avistamiento

Tabla 3.46. Presencia (+) o abundancia de peces (ind/m^2) en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa. Marzo 2019.

Especie /	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
Puntos muestreo	S1	S2	1	2*	3**	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	S3	13	14	S4	S5
Gambusia affinis												+		0,20	0,03		+	0,08	+
Oncorhynchus mykiss	+		+						+										
Riqueza	1	0	1	-	0	-	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
Abundancia	-	0,0	-	-	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,20	0,03	0,0	-	0,08	-

*Puntos 2 y 4 sin evaluación en marzo 2019.

** Punto 3 punto alternativo de muestreo en río Loa

Folio005580

iii. Campaña Otoño (Caudal Bajo)

Los resultados del análisis de la ictiofauna en cuanto a su composición y abundancia en la campaña de otoño (mayo 2019), se resumen en la Tabla 3.47. Por otra parte, la Tabla 3.48 resume los datos de la morfometría de los peces capturados, la longitud total, peso total y factores de condición de los ejemplares, este último un índice de la robustez o gordura de los peces.

Figura 3.134. *Gambusia affinis* observadas en terreno.

En la última campaña otoño, realizada en mayo 2019, se registraron 3 especies de peces, las especies introducidas *O. mykiss* y *G. affinis* ya descritas en al menos una de las campañas previas y la especie nativa *Basilichthys semotilus* reportada por primera vez en esta campaña en el punto 10 (Tabla 3.47). Nuevamente se observó segregación con *O. mykiss* reportado hacia la cuenca media a alta, con presencia en los puntos S1, S2, 1, 2 y 9, y *G. affinis* hacia la cuenca media a baja, con presencia en los puntos 10, S3 y S5, mientras que *B semotilus* fue detectado exclusivamente en el punto 10. Entre los puntos de muestreo destacó el punto S1 y el punto 10, el primero con la mayor abundancia total de peces, una densidad de 1,03 ind/m^2, determinada exclusivamente por colectas de *O. mykiss* y el segundo por ser el único punto donde se detectaron dos especies de peces, destacando en particular la presencia *B. semotilus* que corresponde a una especie nativa de Chile y Perú con una categoría de conservación en Chile correspondiente a “En Peligro” de acuerdo al Decreto Supremo N° 51 (DS 51/ 2008 MINSEGPRES).

Es importante mencionar que la especie nativa *Basilichthys semotilus*, se ha sido cuestionada por diversos autores. *La población existente en el Río Loa es considerada una nueva especie, hermana de las demás especies del grupo semotilus y está en proceso de descripción* (DYER, 1997, 2000). Esto mismo es discutido también por Veliz et al (2012).

Tabla 3.47. Presencia (+) o abundancia de peces (ind/m^2) en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa. Mayo 2019.

Especie /	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
Puntos muestreo	**S1**	**S2**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11***	**12**	**S3**	**13**	**14**	**S4**	**S5**
Basilichthys semotilus												0,03							
Gambusia affinis												0,10			0,17				0,12
Oncorhynchus mykiss	1,03	0,10	0,05	0,78							+								
Riqueza	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	-	0	1	0	0	0	1
Abundancia	1,03	0,10	0,05	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,13	-	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,12

*Punto 11 sin evaluación en mayo 2019.

Tabla 3.48 Morfometría de peces capturados en la campaña de mayo de 2019. LT = Longitud total (cm), PT = Peso total (g), K = Factor de condición.

Especie	LT (cm)	PT (g)	K	Estación	Arte de pesca
Oncorhynchus mykiss	11,9	16,2	9,6	S2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	10,6	13,1	11,0	S2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	25,0	175,0	11,2	S2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	19,3	88,0	12,2	S2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	11,6	19,2	12,3	S2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	14,7	38,2	12,0	S2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	16	36,8	9,0	S2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	10,5	14,2	12,3	S2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	9,5	9,0	10,5	1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	9,9	7,8	8,0	1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	9,2	8,8	11,3	1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	18,5	78,0	12,3	1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	18,5	71,4	11,3	1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	15,9	51,2	12,7	2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	8,7	7,5	11,4	2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	9,4	9,0	10,8	2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	11,6	19,2	12,3	2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	14,7	38,2	12,0	2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	8,6	5,8	9,1	2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	10,5	14,2	12,3	2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	11,7	17,9	11,2	2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	18,5	71,4	11,3	2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	15,7	44,9	11,6	2-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	15,7	44,9	11,6	S1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	20,8	107,1	11,9	S1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	17,6	52,7	9,7	S1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	12,5	22,8	11,7	S1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	10,3	12,4	11,3	S1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	12	19,4	11,2	S1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	12,6	23,6	11,8	S1-Río Loa	P. eléctrica

Especie	LT (cm)	PT (g)	K	Estación	Arte de pesca
Oncorhynchus mykiss	9,5	9,3	10,8	S1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	14,2	31,8	11,1	S1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	18,7	73,5	11,2	S1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	13,6	31,0	12,3	S1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	15	36,3	10,8	S1-Río Loa	P. eléctrica
Oncorhynchus mykiss	-	-	-	9-Río Loa	Avistamiento
Basilichthys semotilus	1,5	<0,1	-	10-Río Loa	P. eléctrica
Basilichthys semotilus	1,6	<0,1	-	10-Río Loa	P. eléctrica
Basilichthys semotilus	1,8	<0,1	-	10-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,6	<0,1	-	10-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,7	<0,1	-	10-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,7	<0,1	-	10-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,5	<0,1	-	10-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,7	<0,1	-	10-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,7	<0,1	-	10-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,7	<0,1	-	10-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,7	<0,1	-	10-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	1,8	<0,1	-	10-Río Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	6,5	3,6	13,1	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	2,9	0,3	12,3	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	2,9	0,2	8,2	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	3,0	0,3	11,1	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	3	0,2	7,4	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	3,2	0,3	9,2	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	3,7	0,4	7,9	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	3,9	0,7	11,8	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4	0,7	10,9	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4	0,7	10,9	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4,1	0,7	10,2	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4,2	0,7	9,4	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4,2	0,5	6,7	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4,4	1,0	11,7	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4,4	0,8	9,4	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4,5	0,9	9,9	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4,5	1,0	11,0	S3-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	9,0	10,0	13,7	S5-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	7,3	3,6	9,3	S5-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	8,8	8,6	12,6	S5-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	3,7	0,4	7,9	S5-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	3,9	0,7	11,8	S5-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4	0,7	10,9	S5-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4	0,7	10,9	S5-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4,1	0,7	10,2	S5-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4,2	0,8	10,8	S5-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4,2	0,5	6,7	S5-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4,4	0,8	9,4	S5-Rìo Loa	P. eléctrica
Gambusia affinis	4,4	0,8	9,4	S5-Rìo Loa	P. eléctrica

iv. Campaña Primavera

Los resultados del análisis de la ictiofauna en cuanto a su composición y abundancia en la campaña de primavera (noviembre 2019), se resumen en la Tabla 3.49. Por otra parte, la Tabla 3.50 resume los datos de la morfometría de los peces capturados, la longitud total, peso total y factores de condición de los ejemplares, este último un índice de la robustez o gordura de los peces.

Figura 3.135. Hábitat de *Basilichthys semotilus* observados en Ojo de Opache.

En la última campaña correspondiente a la estación de primavera, se registraron 3 especies de peces, las especies introducidas *O. mykiss* y *G. affinis* ya descritas en al menos una de las campañas previas y la especie nativa *Basilichthys semotilus* reportada por primera vez en la campaña de otoño, esta vez en el sector de Ojo de Opache (Tabla 3.49). Este sector se realizó de manera extraordinaria en esta campaña, ya que por comentarios recibidos de personas locales, existía la posibilidad de encontrar pejerreyes. Nuevamente se observó segregación con *O. mykiss* reportado hacia la cuenca alta, con presencia en el punto S1, y *G. affinis* hacia la cuenca media a baja, con presencia en los puntos S3 y S4, mientras que *B semotilus* fue detectado exclusivamente en el punto Ojo de Opache, el cual no fue capturado en esta campaña.

Tabla 3.49. Presencia (+) o abundancia de peces (ind/m^2) en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa. Noviembre 2019.

Especie / Puntos muestreo	Loa Alto		Loa Bajo			Ojo Opache (Adicional cuenca media)
	S1	S2	S3	S4	S5	
Basilichthys semotilus						0,75
Gambusia affinis			0,38	0,23		
Oncorhynchus mykiss	0,03					
Riqueza	1	0	1	1	0	1
Abundancia	0,03	0,00	0,38	0,23	0,00	0,75

Folio005584

Tabla 3.50 Morfometría de peces capturados en la campaña de mayo de 2019. LT = Longitud total (cm), PT = Peso total (g), K = Factor de condición.

Especie	LT (cm)	PT (g)	K	Estación	Arte de pesca
Gambusia_affinis	5.7	2.4	12.96	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	5.8	2.9	14.86	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	5.9	3.5	17.04	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	6.6	4.6	16.00	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	6.2	3.1	13.01	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	5.8	2.5	12.81	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	5.6	2.5	14.24	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	5.8	2.8	14.35	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	5.6	2.4	13.67	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	6.3	3.4	13.60	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	5.6	2.7	15.37	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	5.1	1.7	12.82	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	5.5	2.1	12.62	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.9	1.8	15.30	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	5.6	2.5	14.24	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.6	1.4	14.38	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.7	1.5	14.45	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	5.8	2.7	13.84	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	5	1.6	12.80	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.8	1.3	11.75	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.1	0.7	10.16	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	2.7	0+	-	S3_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.6	1.1	11.30	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.6	1.4	14.38	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.5	1.3	14.27	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.7	2.0	19.26	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.0	0.9	14.06	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.4	1.1	12.91	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.3	1.0	12.58	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.2	1.0	13.50	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.2	1	13.50	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.5	1.1	12.07	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.5	1	10.97	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	4.6	1.5	15.41	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	3.4	0.2	5.09	S4_Río_Loa	Captura manual
Gambusia_affinis	2.7	0+	-	S4_Río_Loa	Captura manual
Oncorhynchus_mykiss	15.5	19	5.10	S1_Río_Loa	Pesca eléctrica
Oncorhynchus_mykiss	16.5	43	9.57	S1_Río_Loa	Pesca eléctrica
Basilichthys semotilus	-	-	-	Ojo_Opache	Avistamiento

En la Tabla 3.51, se presenta un resumen de los avistamientos de especies de la totalidad de las campañas realizadas por el CEA en el marco de este estudio.

Tabla 3.51. Presencia (X) de peces en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa.

Especie /	Loa Alto								Loa Medio							Loa Bajo				
Puntos muestreo	S1	S2	1	2	3	4	5	6	7	8	Ojo Opache	9	10	11	12	S3	13	14	S4	S5
Basilichthys semotilus											x		x							
Gambusia affinis													x		x	x		x	x	x
Oncorhynchus mykiss	x	x	x	x					x			x								

*X: Avistamiento en al menos una campaña de monitoreo.

A continuación, presentan gráficamente los avistamientos de peces en la cuenca, donde además se incluyen los avistamientos de antecedentes bibliográficos:

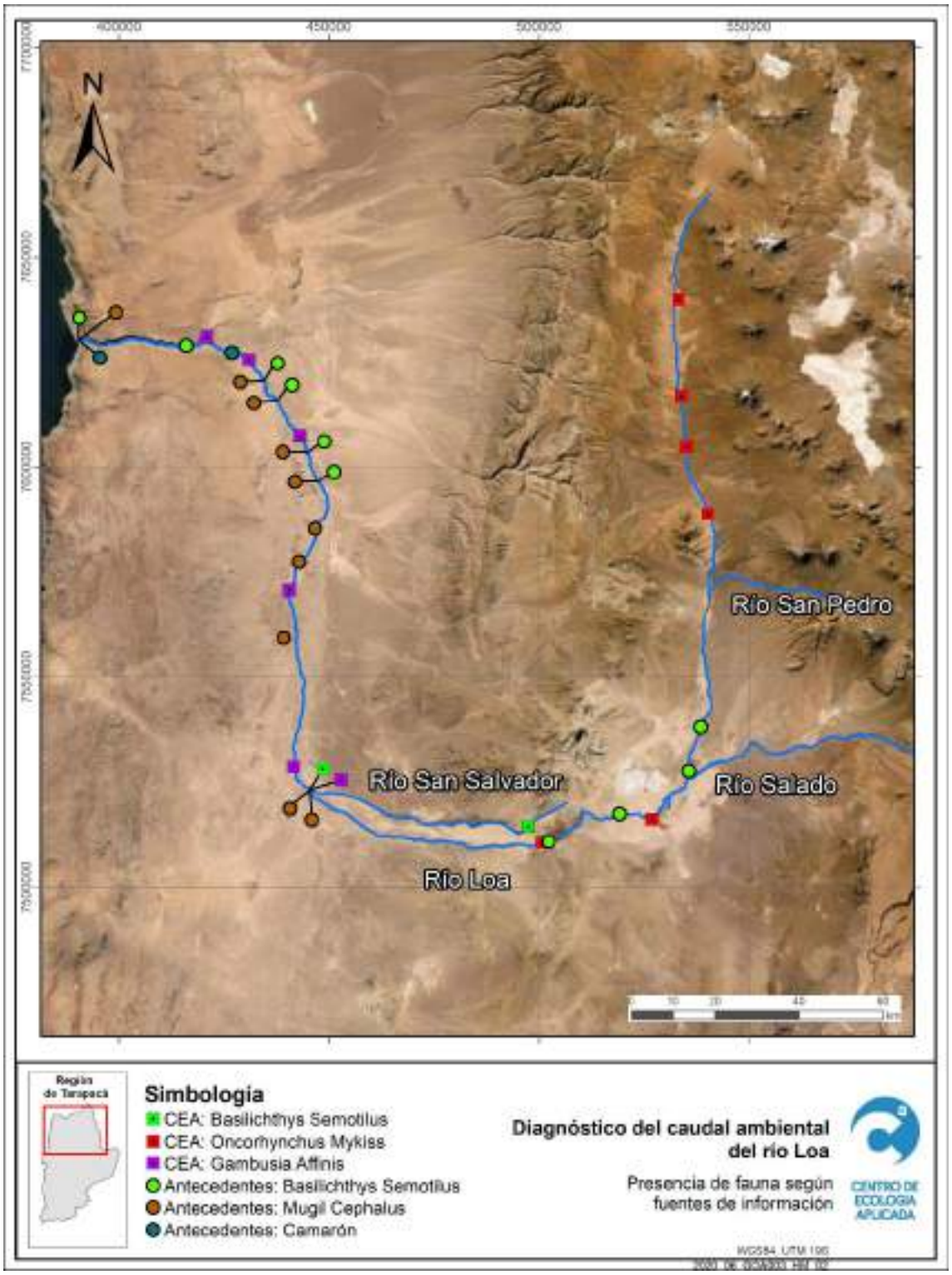


Figura 3.136. Presencia de fauna íctica, recopilada de bibliografía y terrenos CEA.

3.2.2.2.3 Fitobentos

i. Campaña Invierno

Los resultados del análisis del fitobentos en cuanto a su composición y abundancia en la campaña de invierno (septiembre 2018) evaluadas en el área de estudio se resumen en la Tabla 3.52**.** Durante esta campaña, se evaluaron solo 5 puntos de muestreo, en los cuales se reportó un total de 53 especies de diatomeas (Tabla 3.52). *Nitzschia spp.* fue el taxa mejor representado al estar presente en todos los puntos de muestreo y presentar la mayor abundancia promedio en los puntos, un total de 437,9 cél/mm^2. Entre los puntos de muestreo el punto S1 destacó como el más pobre en fitobentos al presentar la menor riqueza y abundancia de diatomeas, 14 especies y 77,3 cél/mm^2 respectivamente. Por otra parte, el punto S2 destacó como aquel con la mayor riqueza, 22 especies, mientras que el punto S3 fue aquel con la mayor abundancia, una densidad total de 2939,6 cél/mm^2.

Tabla 3.52. Abundancia de taxa fitobentónicos (cél/mm^2) en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa. Septiembre 2018.

Especies / Puntos muestreo	Loa Alto		Loa Bajo		
	S1	S2	S3	S4	S5
Achnanthes coarctata		7,1			
Achnanthidium gracillimum		14,1			
Achnanthidium minutissimum		384,9			13,6
Aulacoseira subarctica	4,5				
Caloneis sp.			58,8		
Campylodiscus bicostatus			5,0		
Cocconeis euglypta	6,5	25,0	5,0	6,9	314,3
Cocconeis placentula					2,7
Cocconeis sp.					42,0
Cyclotella sp.			14,6		2,7
Cymbella pusilla			139,0	22,7	31,1
Denticula sp.					2,7
Denticula subtilis			5,0		59,5
Diploneis sp.				2,4	31,1
Encyonopsis sp.		28,2			
Gomphonema augur		7,1			
Gomphonema sp.		28,2			
Halamphora carvajaliana				6,5	
Halamphora coffeaeformis			61,5	109,4	
Halamphora sp.			11,0	46,5	113,6
Haloroundia speciosa				4,5	
Hyalodiscus sp.			5,0	13,4	
Luticola sp.	2,2	6,0			
Mastogloia elliptica				161,9	
Mastogloia smithii				2,4	

Especies / Puntos muestreo	Loa Alto		Loa Bajo		
	S1	S2	S3	S4	S5
Melosira varians		14,1			
Navicula cryptotenella		5,4		2,2	13,6
Navicula gregaria	1,6	32,0			
Navicula salinicola		7,1			
Navicula sp.		12,5	9,9		13,6
Navicula tripuntacta	3,8	20,1			2,7
Navicula veneta		7,1			
Navicula viridula	2,4	42,3			
Nitzschia commutata		13,0			
Nitzschia dissipata					2,7
Nitzschia inconspicua		27,1	24,9		2,7
Nitzschia spp.	21,0	507,0	1580,5	6,5	74,5
Nitzschia vitrea	1,6	35,3			
Pinnularia sp.	6,7	6,0			
Placoneis sp.			21,7		
Planothidium delicatulum		7,1	139,2		
Planothidium frequentissimum	2,2	138,4			
Planothidium lanceolatum	10,5	77,6	23,0		5,4
Planothidium sp.	0,8				
Pseudostaurosira brevistriata			101,9		8,1
Rhoicosphenia abbreviata		7,1			
Rhopalodia musculus			620,0	734,1	
Rhopalodia sp.			5,0		
Staurosirella pinnata	11,1		9,6		
Surirella sella				2,2	
Tabellaria fenestrata					2,7
Tabularia fasciculata			99,0	6,7	85,2
Ulnaria ulna	2,5	21,2			2,7
Riqueza	**14**	**26**	**20**	**15**	**21**
Abundancia	**77,3**	**1480,9**	**2939,6**	**1128,3**	**827,4**

Folio005589

ii. Campaña Verano (Caudal Alto)

Los resultados del análisis del fitobentos en cuanto a su composición y abundancia en la campaña de verano (marzo 2019) evaluadas en el área de estudio se resumen en la Tabla 3.53. En esta campaña, con una evaluación de 17 de los 19 puntos propuestos (no se pudo acceder a los puntos 2 y 4 del río Loa) se registraron un total de 90 especies (Tabla 3.53). Nuevamente Nitzschia spp. fue el taxa mejor representado al presentarse en todos los puntos evaluados y presentar la mayor abundancia promedio en los puntos, un total de 1325,2 cél/mm2. Por otra parte, los puntos 1 y 5 destacaron como los más pobres en cuanto al número de especies descritas, con 12 y 11 especies respectivamente, mientras que los puntos 6 y 7 fueron los más ricos con 27 especies cada uno de ellos. En cuanto a la abundancia, el punto 8 fue aquel que reportó el menor valor en el área de estudio con una densidad de 82,9 cél/mm2, mientras que la máxima abundancia se reportó en el punto 13 con 26380,0 cél/mm2.

Tabla 3.53. Abundancia de taxa fitobentónicos (cél/mm^2) en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa. Marzo 2019.

Especies / Puntos muestreo	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
	S1	S2	1	2*	3	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	S3	13	14	S4	S5
Achnanthidium exiguum	0,8												1,7						
Achnanthidium minutissimum		85,5	2,2				85,5	1,3		13,2	132,1	54,3	152,9	227,4	13,8	174,8	108,6		59,7
Achnanthidium rivulare	9,0				184,6					3,1									
Achnanthidium sp.		5,2	6,4						21,7	1,6			12,2					2,7	
Amphora indistincta					369,1														
Amphora spp.	58,3	5,2			222,6														
Caloneis bacillum												54,3							
Campylodiscus bicostatus																	208,3		
Centrales indet.														1041,5	759,8	1405,6	59,7	3,0	
Cocconeis euglypta	53,2		2,3						597,1	1,6		108,6	13,1						488,6
Cocconeis lineata	96,4	2,6			374,6			1,7	1362,6	1,6	3,8	54,3	1,7	359,8		174,8	470,9		271,4
Cocconeis sp.	45,1		1,8					4,9	1764,3	1,6	63,7	460,8	16,6	397,8	27,6	197,5	54,3	2,7	559,1
Craticula cuspidata									59,7										
Craticula sp.											7,6								
Cyclotella meneghiniana			4,7					2,4		1,6	15,2	189,4		796,2	13,8	786,4	696,2	36,3	
Cyclotella sp.																			
Denticula sp.		6,0						2,4	59,7								54,3	10,6	336,6
Denticula valida								4,9											380,0
Diatoma ehrenbergii															13,8				
Diatoma moniliformis		2,6					15,6			6,0			0,9						
Diploneis smithii var dilatata								0,6									208,3		
Encyonema silesiacum					92,3		7,8												
Epithemia adnata								6,1	21,7										

Especies / Puntos muestreo	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
	S1	S2	1	2*	3	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	S3	13	14	S4	S5
Epithemia sp.								3,7											
Epithemia turgida								0,6											
Fragilaria spp.		5,2			184,6		15,6	4,9	260,6			189,4	0,9		13,8				
Fragilaria vaucheriae									200,9	6,2		108,6	0,9	38,0					
Fragilariopsis sp.			2,3					2,4											
Gomphonema angustatum													6,1						
Gomphonema augur					184,6														
Gomphonema gracile											3,8								
Gomphonema pseudoaugur	24,7				352,9														
Gomphonema sp.					92,3		7,8			0,8		162,9			27,6				
Gyrosigma sp.								1,2						170,4			262,6	6,0	325,7
Halamphora atacamae																22,8			439,7
Halamphora coffeaeformis									59,7		3,8	54,3	0,9	2291,5		961,1	2,7	3,8	
Halamphora sp.					276,9			1,1	59,7		15,2			170,4	623,6	1926,1	473,6	11,9	439,7
Hantzschia amphioxys											170,1			76,0		87,4			
Hantzschia sp.	0,8																		
Hyalodiscus sp.								10,3	342,0					170,4				6,8	
Lemnicola hungarica					114,0														
Luticola aff. andina	9,0													38,0					
Luticola incana	15,7																		
Mastogloia elliptica								0,5				731,0			13,8		262,6	6,5	
Mayamaea atomus		6,0																	
Melosira varians							31,1												
Navicula capitatoradiata		12,1					7,8			0,8	38,0			530,2		87,4		2,7	

Especies / Puntos muestreo	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
	S1	S2	1	2*	3	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	S3	13	14	S4	S5
Navicula cincta	15,7										3,8	54,3							
Navicula cryptotenella					184,6						81,8		7,9		69,1				
Navicula radiosa																			597,1
Navicula salinicola					92,3			3,3		1,6						174,8			
Navicula spp.	47,9	2,6			200,9		7,8	4,9	59,7	1,0				246,4	27,6	634,4		16,8	711,1
Navicula tripuntacta	9,0	6,0			54,3										33,5	174,8			1845,7
Navicula veneta	0,8				184,6		23,3	0,5	141,1	2,3						155,8			
Navicula viridula	18,7	20,7					15,6												
Navicymbula pusilla								7,3	119,4			271,4	0,9		27,6	174,8		16,0	108,6
Nitzschia acicularis			2,3																
Nitzschia dissipata													1,7						
Nitzschia fonticola		2,6			3501,4				59,7		80,9		6,1	170,4	41,4	1796,9	116,7	68,8	494,0
Nitzschia halloyii															13,8				
Nitzschia inconspicua	176,6							2,4		0,8			0,9						
Nitzschia linearis		2,6										162,9							
Nitzschia pusilla					12708,2														
Nitzschia spp.	245,5	104,2	88,8		2421,1		381,0	48,7	559,1	27,7	220,6	297,9	7,0	6060,5	3850,3	6982,5	808,9	38,5	385,4
Pennada indet.									1058,6	0,8									
Pinnularia sp.													0,9						
Planothidium delicatulum	9,7												1,7	76,0					
Planothidium frequentissimum		12,1																	
Planothidium hauckianum									59,7		38,0								
Planothidium lanceolatum	0,8																		
Planothidium spp.	110,7	26,7	6,8		206,3			1,1	200,9	3,4	45,6	162,9	3,5	76,0	546,7	110,2	262,6	3,0	

Especies / Puntos muestreo	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
	S1	S2	1	2*	3	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	S3	13	14	S4	S5
Psammothidium helveticum		2,6			206,3								2,6						
Pseudostaurosira brevistriata					678,6			9,0	3848,8	4,9	56,1	352,2	2,6	227,4		22,8	416,6		54,3
Pseudostaurosira elliptica																	2,7		
Pseudostaurosira sp.					532,0				59,7						41,4		54,3		
Rhoicosphenia abbreviata	31,4		1,8																
Rhopalodia gibba								2,3	59,7										
Rhopalodia musculus								8,4	260,6				0,9	170,4		771,2	1578,2	40,9	
Stauroneis legleri																		3,8	
Staurosira elliptica									59,7										
Staurosira sp.					92,3				59,7										
Staurosirella pinnata													0,9					2,7	
Staurosirella sp.													7,9						
Surirella angusta															19,7				
Surirella roba	0,8										18,1								
Tabellaria fenestrata			356,3																
Tabularia fasciculata								0,5	119,4	2,6			0,9	549,2	1113,1	9558,2	111,3	3,0	54,3
Tryblionella compressa																		3,8	
Tryblionella hungarica	15,7	6,0									76,0				19,7			3,8	271,4
Ulnaria ulna	9,0		4,7									243,7		492,7	27,6				
Riqueza	**24**	**19**	**12**	**-**	**24**	**-**	**11**	**27**	**27**	**20**	**19**	**18**	**26**	**22**	**22**	**21**	**20**	**22**	**18**
Abundancia	**1005,1**	**316,5**	**480,5**	**-**	**23511,0**	**-**	**598,8**	**137,6**	**11535,6**	**82,9**	**1074,1**	**3712,9**	**254,3**	**14376,8**	**7339,5**	**26380,0**	**6213,3**	**294,0**	**7822,5**

Folio005594

iii. Campaña Otoño (Caudal Bajo)

Los resultados del análisis del fitobentos en cuanto a su composición y abundancia en la campaña de otoño (marzo 2019) evaluadas en el área de estudio se resumen en la Tabla 3.54. En esta campaña, con una evaluación de 18 de los 19 puntos (por razones de seguridad no se pudo acceder al punto 11 del río Loa para la evaluación de su biota acuática) se registraron un total de 90 especies (Tabla 3.56). Al igual que en las dos campañas previas Nitzschia spp. fue el taxa más representativo del área de estudio, presentándose en todos los puntos evaluados además de exhibir la mayor abundancia promedio en los puntos, un 6450,7 cél/mm2. En cuanto a los puntos de muestreo el rango de valores de la riqueza se definió en los puntos S3 y 12, el primero con un mínimo de 11 especies y el segundo con un máximo de 30 especies. Por otra parte, para la abundancia el rango de valores osciló entre 530,0 cél/mm2 y 94033,9 cél/mm2, valores que se observaron en los puntos S2 y 5.

Tabla 3.54. Abundancia de taxa fitobentónicos (cél/mm^2) en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa. Mayo 2019.

Especies / Puntos muestreo	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
	S1	S2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11*	12	S3	13	14	S4	S5
Achnanthes brevipes														298,6					
Achnanthidium gracillimum			245,0															11,2	
Achnanthidium minutissimum	3,4	77,5	210,4	5,3	107,3	47,2			14,2	5,3	223,4			38,0	26,7	106,9	76,7	26,2	
Achnanthidium rivulare			22,8																
Achnanthidium sp.		36,2	74,1							5,3	46,0					53,5		3,7	
Adlafia minuscula		2,9																	
Amphora sp.	24,8				132,6		387,0				42,8						54,3		
Anomoeoneis sphaerophora								162,9											
Centrales indet.				5,3										542,9			49,6		
Cocconeis euglypta																	153,4		793,7
Cocconeis lineata	68,2		8,4	10,7	290,4		526,1	1644,8	164,0	19,9	3,4	542,9		997,0			76,7		80,5
Cocconeis sp.	57,8				416,6			1807,7	99,4	36,8				517,5	26,7				187,2
Craticula sp.						188,7								181,0					
Cyclotella meneghiniana			5,9	74,8						8,6	6,1	1140,0		3041,8			324,5	3,7	
Cymbella helvetica																		26,2	
Denticula valida														298,6					280,4
Diatoma ehrenbergii					56,8														
Diatoma moniliformis								162,9			12,8					53,5			
Diploneis oblongella										5,1									76,0
Encyonema silesiacum			11,4	10,7							3,4							3,7	
Encyonema ventricosum				16,0															
Epithemia adnata										5,3							49,6		
Epithemia sp.										10,5									
Eunotia sp.							57,4												

Especies / Puntos muestreo	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
	S1	S2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11*	12	S3	13	14	S4	S5
Fragilaria sp.	30,8	11,1	401,1	37,4		187,1	1028,0		50,5	38,0									
Fragilaria vaucheriae	137,8		444,3	74,8	63,1	1641,7	6035,7		228,7	14,6								11,2	
Gomphonema affine	3,4																		
Gomphonema angustatum	9,6		134,6			94,4	988,9												
Gomphonema angustum			7,6																
Gomphonema clavatum					44,2				14,2	5,1									
Gomphonema olivaceum								162,9										33,7	
Gomphonema pseudoaugur		5,5		5,3	372,4	226,1	816,6		97,7	5,3									
Gomphonema sp.			59,7		101,0			325,7										3,7	
Gyrosigma sp.									14,2								49,6	23,5	114,0
Halamphora coffeaeformis		3,1							14,2	29,6	30,6	217,1		2593,0	64,1	53,5	225,4	10,7	156,5
Halamphora veneta		11,4									121,2								
Hantzschia amphioxys						125,5													
Hippodonta capitata									164,0										
Hyalodiscus sp.																		12,8	38,0
Luticola aff. andina												542,9							
Luticola incana									50,5										
Luticola mollis					63,1														
Luticola mutica					63,1														
Mastogloia elliptica												54,3		181,0		53,5	148,7	5,3	
Mayamaea atomus	9,6		2,5			94,4													
Melosira varians	4,8	5,5		171,0		1774,3	6220,8		252,5	10,5		488,6		1800,5					
Navicula cryptocephala																106,9	126,3	26,7	
Navicula cryptotenella										5,3							99,1	5,3	473,0
Navicula gregaria	9,6	75,7	11,8	32,1	113,6		2155,9		48,9	27,6				298,6					

Especies / Puntos muestreo	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
	S1	S2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11*	12	S3	13	14	S4	S5
Navicula salinicola					56,8			1140,0	50,5			54,3		257,0			522,8		38,0
Navicula spp.	11,9		8,4				6443,5	1845,7		38,0	80,9	977,1			37,4				76,0
Navicula tripuntacta	20,1						272,2								26,7				691,1
Navicula veneta				144,3	157,8	5208,5		722,0				1085,7		219,0			49,6	5,3	
Navicula viridula	4,8	75,0	5,9			37,4	2077,7	2909,7	141,8	5,1		54,3		1590,6	26,7	427,6	347,0		
Navicymbula pusilla								1606,8				1574,3				534,5	247,8	82,9	
Nitzschia chilensis														336,6					
Nitzschia commutata					56,8	31,2								38,0					
Nitzschia fonticola							761,7												
Nitzschia halloyii	4,8	2,9																	
Nitzschia inconspicua	152,6	15,2		21,4		9387,9	12023,9		101,0	27,6	530,3			1085,7	53,5				256,8
Nitzschia latens									50,5										
Nitzschia linearis		5,5		10,7															
Nitzschia sigma								162,9				542,9							
Nitzschia spp.	250,8	74,1	234,8	181,7	795,3	1749,1	51713,6	17610,1	791,9	280,7	57,6	27414,1		13413,9	336,8	106,9	401,2	105,3	594,3
Pantocsekiella ocellata								162,9										3,7	
Pinnularia sp.					44,2	179,0		342,0		10,5	6,1								
Placoneis clementis	3,4																		
Planothidium delicatulum	4,8			10,7					275,9										
Planothidium frequentissimum	25,1	11,1	17,7	187,1	164,1	5224,5		162,9	348,6					38,0			99,1		
Planothidium hauckianum	5,2	11,1			56,8	210,1			202,0	45,7				298,6			49,6		
Planothidium lanceolatum				5,3															
Planothidium spp.	67,7	69,6	8,4	865,9	63,1	2086,7	272,2		28,3	25,7				38,0	37,4	53,5	27,1		
Psammothidium helveticum	9,6	30,8			113,6						6,1								

Especies / Puntos muestreo	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
	S1	S2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11*	12	S3	13	14	S4	S5
Pseudostaurosira brevistriata	14,9			42,8	2120,9	122,0	1263,6	488,6	165,7	30,8		977,1		597,1					
Pseudostaurosira sp.	3,4				1167,8					15,2		1085,7		336,6					
Pseudostaurosira trainorii	10,1																		
Rhoicosphenia abbreviata		5,5	5,9			37,4	272,2												
Rhopalodia acuminata												54,3							
Rhopalodia gibba								2008,6	14,2	209,4		6297,1		181,0			49,6		
Rhopalodia musculus				69,5				5075,7		141,0	3,6	14059,9		593,5	8483,0	29024,9	1032,6	1143,4	228,0
Scoliopleura peisonis																53,5			
Stauroneis atacamae									48,9										
Staurosira construens	3,4																		
Staurosirella pinnata	16,8				277,7									181,0					
Staurosirella sp.					145,2														
Surirella roba						31,2			156,0										
Tabellaria fenestrata									293,1										
Tabularia fasciculata						141,5		342,0	200,4	55,1	6,7	488,6		2625,6	53,5	2351,9	126,3		456,0
Tryblionella hungarica						235,9			149,9	20,8		1520,0		257,0					266,0
Ulnaria ulna	3,4			21,4		206,6	716,7							1022,4					
Riqueza	**29**	**19**	**20**	**22**	**25**	**24**	**19**	**20**	**29**	**29**	**16**	**20**	**-**	**30**	**11**	**13**	**23**	**20**	**17**
Abundancia	**972,5**	**530,0**	**1920,8**	**2004,5**	**7044,5**	**29268,5**	**94033,9**	**38846,5**	**4231,3**	**1138,2**	**1181,2**	**59171,0**	**-**	**33897,5**	**9172,5**	**32980,4**	**4386,5**	**1548,5**	**4805,4**

*Punto 11 sin evaluación en mayo 2019.

iv. Campaña Primavera

Los resultados del análisis del fitobentos en cuanto a su composición y abundancia en la campaña de primavera (noviembre 2019) evaluadas en el área de estudio se resumen en la Tabla 3.57**.** Durante esta campaña, se evaluaron solo 5 puntos de muestreo, en los cuales se reportó un total de 42 especies de diatomeas Tabla 3.57).

Tabla 3.55. Abundancia de taxa fitobentónicos (cél/mm^2) en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa. Septiembre 2018.

Especies / Puntos muestreo	Loa Alto		Loa Bajo		
	S1	S2	S3	S4	S5
Achnanthidium minutissimum		0.1		2.0	
Achnanthidium sp.		0.1			
Amphora sp.	13.1				
Cocconeis euglypta	58.3	0.1			4891.8
Cocconeis lineata	8.7				349.3
Cocconeis sp.	50.9				1202.2
Denticula sp.					1202.2
Denticula valida					
Diploneis oblongella					933.0
Diploneis smithii var dilatata					157.2
Encyonema silesiacum					
Fragilaria sp.	59.6	0.2			
Fragilaria vaucheriae	7.4	0.3			
Gomphonema parvulum	4.4				
Gomphonema pseudoaugur	8.7				
Gyrosigma sp.			28.2	0.9	
Halamphora coffeaeformis		11.7	21.8	4.7	
Halamphora sp.			8.5	11.9	3337.4
Halamphora veneta	4.4				
Hyalodiscus sp.				1.9	
Karayevia ploenensis					349.3
Lemnicola hungarica	4.4				
Mastogloia smithii					426.5

Especies / Puntos muestreo	Loa Alto		Loa Bajo		
	S1	S2	S3	S4	S5
Navicula cryptotenella					915.5
Navicula gregaria	20.5		2.1		
Navicula sp.					426.5
Navicula tripuntacta	39.2				583.7
Navicula viridula	7.4	0.8			
Navicymbula pusilla			23.9	0.9	
Nitzschia fonticola					
Nitzschia inconspicua	24.8	0.1			
Nitzschia pusilla	8.7				
Nitzschia sp.	27.0		26.0	8.0	2404.5
Nitzschia spp.	121.8				
Planothidium delicatulum	13.1				
Planothidium sp.	13.1	0.9			
Planothidium spp.	34.8		39.4		
Rhoicosphenia abbreviata	24.8			2.0	
Rhopalodia constricta		0.7	740.7	124.4	2966.2
Rhopalodia musculus			31.8	11.4	852.9
Rhopalodia sp.			39.4	2.8	
Tabularia fasciculata			29.6		
Riqueza	**21.0**	**10.0**	**11.0**	**11.0**	**15.0**
Abundancia	**554.8**	**15.1**	**991.3**	**171.1**	**20998.2**

3.2.2.2.4 Zoobentos

i. Campaña Invierno

Respecto del zoobentos, la Tabla 3.56 resume los resultados en cuanto a la composición y abundancia de este componente en la campaña de invierno (septiembre 2018). En esta campaña, con 5 puntos de muestreo, se reportó un total de 17 taxa zoobentónicos (Tabla 3.56). Los dípteros Chironomidae fueron el taxa más destacado en cuanto a su abundancia promedio a través de los puntos de muestreo (874,1 ind/m^2), destacando además por su recurrencia en los puntos ya que se presentaron en cuatro de los cinco puntos evaluados. Entre los puntos de muestreo el S2 destacó como el menos diverso, presentando sólo 4 taxa descritos, por el contrario, el punto S1 fue el más diverso describiéndose 12 taxa en él. En cuanto a la abundancia el mismo punto S1 destacó como aquel con la menor abundancia, 955,6 ind/m^2, mientras que el punto S2 concentró la mayor abundancia, una densidad total de 3333,3 ind/m^2.

ii. Campaña Verano (Caudal Alto)

Respecto del zoobentos, la Tabla 3.57 resume los resultados en cuanto a la composición y abundancia de este componente en la campaña de verano (marzo 2019). En esta campaña, la segunda campaña evaluada, se registraron un total de 34 taxa (Tabla 3.57). El taxón más representativo fue en este caso fue el coleóptero Elmidae indet. al presentarse en la mayoría de los puntos evaluados (11 de 17 puntos evaluados) y exhibir la mayor abundancia promedio en los puntos, un total de 782,6 ind/m2. Por otra parte, en los puntos aquellos de Loa Alto, S1 y S2, destacaron como los más diversos, con 10 taxa descritos cada uno de ellos, por el contrario, los puntos 8 y 10 fueron los más pobres en cuanto a taxa descritos, con solo 1 de ellos en cada punto. En tanto, para la abundancia el punto 9 destacó como aquel donde se describió el mayor valor de esta variable, una densidad total de 12916,7 ind/m2, mientras que el punto 13 fue el que exhibió la menor, sólo 18,5 ind/m2.

Tabla 3.56. Abundancia de taxa zoobentónicos (ind/m^2) en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa. septiembre 2018.

Taxa / Puntos de muestreo	Loa Alto		Loa Bajo		
	S1	S2	S3	S4	S5
Acari					
Acari indet.	7,4				
Gastropoda					
Physa sp.	3,7				
Cochliopidae indet.			114,8	1207,4	155,6
Coleoptera					
Dytiscidae indet.			11,1	3,7	
Elmidae indet.	40,7		11,1	63,0	848,1
Diptera					
Ceratopogonidae indet.	3,7				7,4
Chironomidae indet.	40,7	3000,0	1325,9	3,7	
Simulidae indet.	544,4				
Tipulidae indet.	7,4				
Ephemeroptera					
Andesiops sp.	203,7				
Plecoptera					
Gripopterygidae indet.	40,7				
Trichoptera					
Hydroptilidae indet.	40,7				
Metrichia sp.					14,8
Amphipoda					
Hyalella sp.		166,7		3,7	229,6
Oligochaeta					
Lumbriculidae indet.		83,3	214,8	185,2	18,5
Ostracoda					
Ostracoda indet.	11,1	83,3			
Platyhelminthes					
Dugesiidae indet.	11,1				
Riqueza	**12**	**4**	**5**	**6**	**6**
Abundancia	**955,6**	**3333,3**	**1677,8**	**1466,7**	**1274,1**

Tabla 3.57. Abundancia de taxa zoobentónicos (ind/m^2) en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa. Marzo 2019.

Taxa / Puntos muestreo	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
	S1	S2	1	2*	3**	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	S3	13	14	S4	S5
Acari																			
Acari indet.	3,7	7,4	59,3				7,4						7,4					166,7	
Gastropoda																			
Physa sp.							7,4	14,8											
Cochliopidae indet.													3,7		18,5			83,3	
Hirudinea																			
Hirudinea indet.											166,7								
Coleoptera																			
Elmidae indet.	70,4	218,5	411,1		600,0		325,9	48,1	333,3	83,3	11000,0		129,6	83,3					
Diptera																			
Ceratopogonidae indet.																3,7	833,3	750,0	250,0
Chironomidae indet.	7,4	51,9	14,8		70,4			207,4	250,0		250,0	83,3	374,1	83,3	14,8		83,3		
Empididae indet.	7,4	18,5	25,9																
Muscidae indet.													7,4						
Pelecorhynchidae indet.																3,7			
Simulidae indet.	155,6	3,7	55,6		40,7		7,4	33,3					2611,1		3,7				
Ephemeroptera																			
Andesiops sp.	107,4	459,3	311,1		611,1		92,6				250,0		2351,9		11,1	7,4		166,7	
Meridialaris sp.		103,7																	
Odonata																			
Gomphidae indet.								11,1											
Plecoptera																			
Limnoperla jaffueli	3,7	396,3	18,5																

Taxa / Puntos muestreo	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
	S1	S2	1	2*	3**	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	S3	13	14	S4	S5
Trichoptera																			
Cailloma sp.	3,7																		
Amphipoda																			
Hyalella sp.		3,7	96,3					1374,1			583,3		359,3						
Nematoda																			
Nematoda indet.	3,7																		
Oligochaeta																			
Lumbriculidae indet.		33,3									666,7				25,9	3,7		83,3	333,3
Ostracoda																			
Ostracoda indet.	3,7																		
Platyhelminthes																			
Dugesiidae indet.							7,4						40,7						
Riqueza	**10**	**10**	**8**	**-**	**4**	**-**	**6**	**6**	**2**	**1**	**6**	**1**	**9**	**2**	**5**	**4**	**2**	**5**	**2**
Abundancia	**366,7**	**1296,3**	**992,6**	**-**	**1322,2**	**-**	**448,1**	**1688,9**	**583,3**	**83,3**	**12916,7**	**83,3**	**5885,2**	**166,7**	**74,1**	**18,5**	**916,7**	**1250,0**	**583,3**

*Puntos 2 y 4 sin evaluación en marzo 2019.

** Punto 3 punto alternativo de muestreo en río Loa

Folio005605

iii. Campaña Otoño (Caudal Bajo)

Respecto del zoobentos, la Tabla 3.58 resume los resultados en cuanto a la composición y abundancia de este componente en la campaña de otoño (mayo 2019). En esta campaña, donde se pudo acceder a 18 de los 19 puntos (el punto 11 del río Loa no pudo ser evaluado respecto de su biota acuática), se registraron un total de 26 taxa (Tabla 3.58). Al igual que en la primera campaña, los dípteros Chironomidae fueron el taxa más destacado en cuanto a su abundancia promedio a través de los puntos de muestreo (3336,8 ind/m2), destacando además por su recurrencia en los puntos ya que se presentaron en 17 de los 18 puntos evaluados. En relación con los puntos de muestreo el rango de valores de la riqueza se definió en los puntos 3 y S2, el primero con un mínimo de 2 taxa y el segundo con un máximo de 15 taxa. Por otra parte, para la abundancia el rango de valores osciló entre 500,0 ind/m2 y 25000 ind/m2, valores que se observaron en los puntos 3 y 6.

Tabla 3.58. Abundancia de taxa zoobentónicos (ind/m^2) en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa. Mayo 2019.

Taxa / Puntos muestreo	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
	S1	S2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11*	12	S3	13	14	S4	S5
Acari																			
Acari indet.	233,3	22,2	40,7	48,1			14,8			14,8	29,6								
Gastropoda																			
Physa sp.							118,5	1500,0	22,2	14,8									
Cochliopidae indet.							3,7		48,1	3,7		916,7			59,3	3,7	250,0	74,1	
Hirudinea																			
Hirudinea indet.		48,1						166,7	3,7					250,0					
Coleoptera																			
Dytiscidae indet.								83,3	40,7	18,5		83,3			14,8	3,7		7,4	
Elmidae indet.	144,4	874,1	11,1	1481,5		11,1	400,0		63,0	177,8	1344,4	83,3			3,7			7,4	
Diptera																			
Ceratopogonidae indet.	77,8									7,4		83,3				3,7		77,8	18750,0
Chironomidae indet.	951,9	466,7	818,5	2433,3	416,7	122,2	1003,7	19750,0	614,8	2855,6	5733,3	19333,3		2333,3	2359,3	388,9	333,3	148,1	
Dolichopodidae indet.																		7,4	
Empididae indet.				22,2						7,4	11,1								
Ephydridae indet.	11,1	33,3	14,8			3,7	14,8											107,4	
Simulidae indet.	3,7	333,3	5792,6	874,1		3,7	37,0			7,4	122,2				7,4				
Tabanidae indet.		18,5		11,1		3,7													
Tipulidae indet.																			1000,0
Ephemeroptera																			
Andesiops sp.	422,2	433,3	240,7	200,0	83,3	7,4	81,5		11,1		211,1								
Meridialaris laminata		85,2																	
Odonata																			
Gomphidae indet.											3,7								

Taxa / Puntos muestreo	Loa Alto								Loa Medio						Loa Bajo				
	S1	S2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11*	12	S3	13	14	S4	S5
Plecoptera																			
Limnoperla jaffueli		374,1	25,9			3,7													
Trichoptera																			
Metrichia sp.		433,3		22,2			3,7				40,7								83,3
Sericostomatidae indet.		18,5								11,1									
Amphipoda																			
Hyalella sp.	7,4	100,0	14,8			3,7		2583,3	570,4		14,8					3,7		11,1	
Nematoda																			
Nematoda indet.	3,7	3,7		3,7															
Oligochaeta																			
Nais sp.						2196,3									3,7				
Lumbriculidae indet.			3,7				11,1		7,4	7,4	3,7					270,4	416,7	63,0	166,7
Ostracoda																			
Ostracoda indet.	237,0	14,8	3,7	3,7			18,5	916,7	1037,0	18,5				750,0					
Platyhelminthes																			
Dugesiidae indet.							3,7												
Riqueza	**10**	**15**	**10**	**10**	**3**	**9**	**12**	**7**	**10**	**12**	**10**	**5**	**-**	**4**	**6**	**7**	**4**	**9**	**5**
Abundancia	**2092,6**	**3259,3**	**6966,7**	**5100,0**	**500,0**	**2355,6**	**1711,1**	**25000,0**	**2418,5**	**3144,4**	**7514,8**	**20500,0**	**-**	**3333,3**	**2448,1**	**674,1**	**1000,0**	**503,7**	**20000,0**

*Punto 11 sin evaluación en mayo 2019.

Folio005608

iv. Campaña Primavera

Tabla 3.59. Abundancia de taxa zoobentónicos (ind/m^2) en puntos de muestreo en el área de estudio de la cuenca del río Loa. noviembre 2019.

Taxa / Puntos de muestreo	Loa Alto		Loa Bajo		
	S1	S2	S3	S4	S5
Acari indet.	562.3	86.6	0		33.9
Physa sp.	281.2		0		
Heleobia sp.	281.2		254.4	41694.6	795.6
Hirudinea indet.			0		
Austrolimnius sp.	35706.6	2360.1	3816.2		
Elmidae adulto indet.	281.2	324.8	0		
Athericidae indet.		21.7	0		
Ceratopogonidae indet.		21.7	508.8	3395.9	13339.0
Chironominae	30083.5		0		
Tanypodinae	7310.0		32310.9	14149.8	203.1
Empididae indet.		65.0	0		
Ephydridae indet.			0		16.9
Simulidae indet.	281.2	1970.4	0		
Tipulidae indet.			0		135.4
Andesiops sp.	17150.4	736.2	0		
Meridialaris sp.		43.3	0		
Limnoperla jaffueli		1169.2	0		
Metrichia sp.	2811.5	671.2	0	754.7	3842.6
Neotrichia sp.	43297.8	65.0	0		
Oxyethira sp.	281.2		0		
Hyalella sp.		43.3	3307.4	188.7	253.9
Lumbriculidae indet.			0	188.7	609.4
Candona sp.	26428.5		0		
Herpetocypris sp.	101215.6		0		
Riqueza de Taxa	**14.0**	**13.0**	**5.0**	**6.0**	**9.0**
Abundancia	**265972.2**	**7578.4**	**40197.8**	**60372.3**	**19229.8**

3.2.2.2.5 Vegetación ripariana y flora acuática

i. Vegetación ribereña o ripariana

Transectos lineales

En la campaña de primavera se monitorearon cinco puntos de muestreo, donde se establecieron transectos lineales de 20 metros paralelos a la ribera del río con el objeto de estudiar la composición y cobertura de las especies presentes (Ver Figura 3.137). La ubicación de cada transecto fue la misma que en las campañas anteriores. En la última campaña se añadió un nuevo punto de monitoreo, ubicado en Ojos de Opache.

Tabla 3.60. Coordenadas de transectos lineales en los sectores monitoreados, durante las campañas de primavera 2019.

Tran.	Punto de muestreo asociado	Campaña primavera (2019)				
		Coordenadas Inicio		Coordenadas fin		Altura (m)
		Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	
TS01A	S1_Rio_Loa	7640648	532484	7640614	532469	3693
TS02	S2_Rio_Loa	7617210	533097	7617226	533087	3402
TS03	S3_Rio_Loa	7570875	440966	7570878	440987	1016
TS04	S4_Rio_Loa	7625794	430905	7625798	430924	665
TS05	S5_Quebrada_Amarga	7607574	443087	7631138	420837	581

a) S1_Río_Loa

En el sector S1 se registró un total de cinco especies (*D. humilis*, *Eleocharis* sp., *F. hypsophyla, J. balticus y Scirpus* sp.) en los transectos en el transcurso de todas las campañas. En relación con el ultimo monitoreo, las coberturas vegetacionales se mantuvieron similares en comparación a lo observado en otoño, en donde, la especie *F. hypsophyla* registró la mayor participación con una cobertura de 63%, seguidas de *J. balticus* y *D. humilis* con 13,6 % y 9,9% de cobertura, cabe mencionar, que en primavera se observó la presencia de individuos del género *Eleocharis* con dos contactos a través del transecto. En relación con el factor abiótico solo se observó la unidad suelo con una cobertura de 9,9%. (Ver Tabla 3.61).

Tabla 3.61. Riqueza taxonómica y cobertura vegetal (%) de las especies registradas en los transectos monitoreados en el punto de muestreo S1_Río_Loa, en las campañas de invierno, verano, otoño y primavera.

Componente de contacto	Inv-18	Ver-19	Oto-19	Ver- 19
	T1 (%)	T2 (%)	T2 (%)	T2 (%)
Suelo	9,9	12,3	11,1	9,9
Total factores abióticos	**9,9**	**12,3**	**11,1**	**9,9**
Distichlis humilis	42,0	12,3	13,6	11,1
Eleocharis sp.	0	0	0	2,5
Festuca hypsophyla	19,8	65,4	64,2	63
Juncus balticus	25,9	13,6	13,6	13,6
Scirpus sp.	2,5	0	0	0
Total cobertura vegetacional	**90,2**	**91,4**	**90,1**	**90.1**
Riqueza de especies	**4**	**3**	**3**	**3**

b) S2_Río_Loa

De la Tabla 3.62 se desprende que la riqueza florística de los transectos ejecutados durante las cuatro campañas corresponde a *C. speciosa*, especies terrestre asociada a cursos de agua. En primavera se observó una cobertura vegetacional de 86,4%. Por otro lado, los factores abióticos registraron porcentajes de 3,7 y 9,9 en el caso de la unidad agua y suelo respectivamente.

Tabla 3.62. Riqueza taxonómica y cobertura vegetal (%) de las especies registradas en los transectos monitoreados en el punto de muestreo S2_Río_Loa, en las campañas invierno, verano., otoño y primavera.

Componente de contacto	Inv-18	Ver- 19	Oto- 19	Pri- 19
	T1 (%)	T2 (%)	T2 (%)	T2 (%)
Roca	0	4,9	4,9	3,7
Suelo	59,3	12,3	11,1	9,9
Total factores abióticos	**59,3**	**17,3**	**16,0**	**13,6**
Cortaderia speciosa	40,7	82,7	83,9	86,4
Total cobertura vegetacional	**40,7**	**82,7**	**83,9**	**86,4**
Riqueza de especies	**1**	**1**	**1**	**1**

Folio005611

c) S3_Río_Loa

Durante las cuatro campañas de monitoreo se registraron coberturas vegetacionales de 79,1% en invierno, 102,5% en verano, 101,2% en otoño y 98,8% en primavera. La hierba perenne *D. spicata* alcanzó las máximas coberturas, en primavera obtuvo una participación de 48,1%, seguido de la hierba helófita *S. americanus* (23,4%) y las plantas terrestres *Atriplex* (14,9%) y *Prosopis* (12,3%). Con respecto al factor abiótico, suelo, éste registró una participación de 8,6% para la campaña de primavera (Tabla 3.63).

Tabla 3.63. Riqueza taxonómica y cobertura vegetal (%) de las especies registradas en los transectos monitoreados en el punto de muestreo S3_Río_Loa, en las campañas invierno, verano, otoño y primavera.

Componente de contacto	Inv-18	Ver- 19	Oto- 19	Pri- 19
	T1 (%)	T2 (%)	T2 (%)	T2 (%)
Suelo	21	9,9	8,6	8,6
Total factores abióticos	**21**	**9,9**	**8,6**	**8,6**
Atriplex atacamensis	9,9	18,5	16,0	14,9
Distichlis spicata	55,6	34,6	39,5	39,5
Schoenoplectus americanus	13,6	4,9	13,6	16,0
Prosopis flexuosa	0	12,3	12,3	12,3
Rastrojo *Distihlis*	0	12,3	7,4	8,6
Rastrojo *Schoenoplectus*	0	19,8	12,3	7,4
Total cobertura vegetacional	**79,1**	**102,5**	**101.2**	**98,8**
Riqueza de especies	**4**	**4**	**4**	**4**

d) S4_Río_Loa

Dentro del transecto S4_Río_Loa se registró una riqueza taxonómica de cuatro especies en invierno y tres en los monitoreos siguientes a lo largo del transecto T2. En cuanto a la cobertura vegetal, las especies que alcanzaron mayores abundancias fueron *P. australis* con 40,7% y *D. spicata* con 33,3% en T1. En T2 destacaron las hierbas *S.americanus* y *D. spicata* durante las tres últimas campañas, en el caso del monitoreo de primavera las coberturas alcanzadas fueron de 53,1% y 37,0% respectivamente. En relación con la cobertura vegetal en T2 ésta fue superior al 100%. Por cierto, el factor abiótico presente fue la unidad de suelo, más específicamente, arena abarcando el 5% en campañas de primavera (Ver Tabla 3.64).

Tabla 3.64. Riqueza taxonómica y cobertura vegetal (%) de las especies registradas en los transectos monitoreados en el punto de muestreo S4_Río_Loa, en las campañas invierno, verano, otoño y primavera.

Componente de contacto	Inv-19	Ver- 19	Oto-19	Pri- 19
	T1 (%)	T2 (%)	T2 (%)	T2 (%)
Suelo	8,6	7,4	7,4	4,9
Total factores abióticos	**8,6**	**7,4**	**7,4**	**4,9**
Atriplex atacamensis	6,2	11,1	**11,1**	11,1
Distichlis spicata	33,3	27,2	35,8	37,0
Phragmites australis	40,7	0	0	0
Schoenoplectus americanus	11,6	45,7	46,9	50,6
Rastrojo *Distihlis*	0	9,9	0	0
Rastrojo *Schoenoplectus*	0	4,9	6,2	2,5
Total cobertura vegetacional	**91,8**	**98,8**	**100,0**	**101,2**
Riqueza de especies	**4**	**3**	**3**	**3**

e) S5_Quebrada_Amarga

De acuerdo con la Tabla 3.65, se desprende que a través de los transectos lineales se registraron coberturas vegetacionales de 68,3%, 100% y 103,7% en las campañas de invierno, verano, otoño y primavera. La riqueza taxonómica fue de tres especies; *B. juncea*, *D. spicata* y *S. americanus,* siendo esta última, la hierba con mayor participación porcentual en el sector S5. En relación con las otras dos especies, éstas presentaron coberturas similares a lo largo de T2. El factor abiótico suelo, solo fue registrado en el transecto T1.

Tabla 3.65. Riqueza taxonómica y cobertura vegetal (%) de las especies registradas en los transectos monitoreados en el punto de muestreo S5_Quebrada_Amarga, en las campañas invierno, verano y otoño.

Componente de contacto	Inv-18	Ver- 19	Oto- 19	Pri-19
	T1 (%)	T2 (%)	T2 (%)	T2 (%)
Suelo	31,8	0	0	0
Total factores abióticos	**31,8**	**0**	**0**	**0**
Baccharis juncea	5,9	12,3	11,1	14,8
Distichlis spicata	22,4	13,6	14,8	13,6
Schoenoplectus americanus	40	63,0	77,8	75,3
Rastrojo *Schoenoplectus*	0	11,1	0	0
Total cobertura vegetacional	**68,3**	**100**	**103,7**	**103,7**
Riqueza de especies	**3**	**3**	**3**	**3**

f) Ojos de Opache

En el sector Ojos de Opache se observó principalmente especies características de matorral arbustivo tales como *B. calliprinos* y *T. absinthioides* con abundancias sobre el 25%, además de la presencia de uno o dos individuos de *S. molle* y *A. atacamensis*. En relación con las plantas macrófitas se registró la especie *S. americanus* con una abundancia entre 5% y 25%. (Tabla 3.66).

Tabla 3.66. Abundancia florística relativa en el sector Ojos de Opache

Especie	Cobertura
Baccharis calliprinos	25- 50%
Tessaria absinthioides	25- 50%
Baccharis juncea	5- 25%
Schoenoplectus americanus	5- 25%
Scinus molle	r
Atriplex atacamensis	r

a) b) c)

d) e)

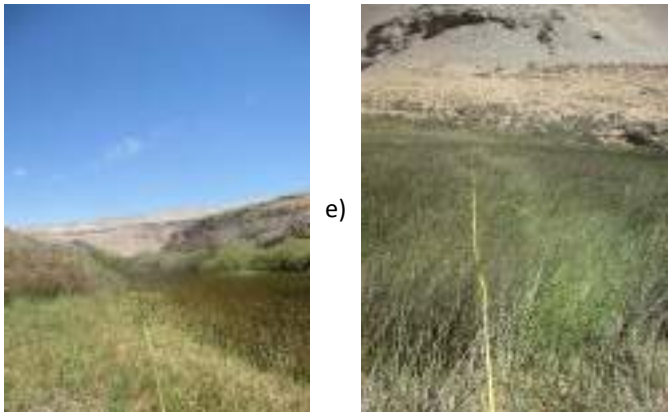


Figura 3.137. Transectos para vegetación ripariana, primavera. a) S1_Río_Loa b) S2_Río_Loa c) S3_Río_Loa d) S4_Río_Loa e) S5_Quebrada_Amarga.

Folio005614

ii. Muestreo de plantas acuáticas

Adicionalmente a los transectos realizados, se muestrearon las plantas acuáticas presentes, a través de un cuadrante de PVC de 0,5 m^2 con una grilla de 100 puntos. Las coordenadas específicas donde se instaló el cuadrante se muestran en la Tabla 3.67.

Tabla 3.67. Coordenadas de muestreo de las plantas acuáticas en los sectores monitoreados en la cuenca del río Loa, durante las campañas 2018- 2019.

Sector de monitoreo	Campaña primavera		Campaña otoño		Campaña verano		Campaña invierno	
	Coordenadas		Coordenadas		Coordenadas		Coordenadas	
	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)
S1_Rio_Loa	7640643	532460	7640648	532481	7640645	532480	7640694	532444
S1_Rio_Loa							7640650	532473
S2_Rio_Loa	7617233	533092	7617219	533094	7617217	533099	7571330	441076
S3_Rio_Loa	7631136	420838	7570862	440907	7570878	440989	7625768	430931
S4_Rio_Loa	7625781	430930	7625786	430920	7625787	430921	7631127	420853
S5_Qda_Amarga	7631136	420838	7631137	420839	7631135	420830	7631127	420853

De acuerdo con la Tabla 3.63, en los puntos muestreados (S1, S2, S3, S4 y S5) durante todas las campañas de terreno (verano, otoño, invierno y primavera), se identificaron un total de once especies macrófitas, de las cuales, siete corresponden a hierbas hidrófitas y cuatro a hierbas helófitas y una a individuos de la familia Characeae.

En el punto de muestreo S1_Río_Loa, se encontró un total de cuatro especies para la campaña de invierno, de las cuales dos son introducidas (*Nasturtium officinale* y *Potamogetum pusillus*), además de individuos de los géneros *Chara* sp. y *Werneria* sp. En la campaña de verano, se identificó un total de tres especies, *N. officinale*, *Myriophyllum* sp. y *Lilaeopsis macloviana*, siendo esta última una hierba perenne de origen nativo. En la temporada de otoño, se identificaron tres especies vegetales en total, dos corresponden a repeticiones de monitoreos anteriores (*L. macloviana* y *Myriophyllum quitense*) y la tercera especie corresponde a individuos del género *Erythranthe* sp., las que alcanzaron una cobertura de 70%. Para el último en el monitoreo de primavera se observó nuevamente la presencia de individuos del género *Erythranthe* sp (70%) y *Lialilopsis* (5%), además se registró por primera vez la participación de la especie *Veronica anagallis-aquatica* (15%) (Tabla 3.68).

En la campaña de invierno 2018 para el punto S2_Río_Loa, se identificó dos especies, individuos del género *Chara* sp. y de la hierba anual *Veronica anagallis-aquatica* con una cobertura del 70%. Para la campaña de verano se encontraron individuos de género *Myriophyllum* sp. y de la especie *Schoenoplectus americanus*, mientras que en el último monitoreo solo se encontraron individuos de *S. americanus*, con una participación porcentual de 20%. A esto se le debe sumar lo registrado en primavera, en donde, se observaron solo coberturas de ejemplares de *Veronica anagallis-aquatica* (Tabla 3.68).

Folio005615

En el caso del punto S3_Río_Loa en las tres campañas se encontró individuos de *S. americanus* con coberturas de 55%, 70% y 100% en invierno, verano y otoño respectivamente (Tabla 3.68). A esta cobertura se debe agregar para el monitoreo 2018, la presencia de la especie *Ruppia filifolia* con un 45% de cobertura y para el último monitoreo de primavera una cobertura de 60%.

En el punto S4_Río_Loa para la campaña de invierno se identificó dos especies, *Ruppia marítima* y *S. americanus* con coberturas de 65% y 35% respectivamente. En las campañas de verano y otoño solo se registró la presencia de *S. americanus* con un 90% de representatividad y 80% respectivamente, por último, monitoreo se presenció nuevamente la hierba *Ruppia*.

En el caso del punto S5_Quebrada_Amarga el panorama es el mismo en todas campañas, con la presencia de la especie *S. americanus* con coberturas de 95% en invierno y 100% para el resto de los monitoreos.

Tabla 3.68. Composición taxonómica, abundancias totales y relativas de las parcelas acuáticas en los puntos monitoreados durante las campañas 2018 y 2019, en la cuenca del río Loa.

Especie\Punto muestreo	S1_Río_Loa				S2_Río_Loa				S3_Río_Loa				S4_Río_Loa				S5_Qda_Amarga			
	P	I	V	O	P	I	V	O	P	I	V	O	P	I	V	O	P	I	V	O
Chara sp.		5				22														
Distichlis spicata																		5		
Erythranthe sp.	70			10																
Lilaeopsis macloviana	5		5	40																
Myriophyllum sp.			25	20			5													
Nasturtium officinale		68	5																	
Potamogeton pusillus		25																		
Ruppia filifolia									60	45										
Ruppia marítima													15	65						
Schoenoplectus americanus							30	20		55	70	100		35	90	80	100	95	100	100
Veronica anagallis-aquatica	15				65	48														
Werneria sp.		2																		
TOTAL (%)	**90**	**100**	**35**	**70**	**65**	**70**	**35**	**20**	**60**	**100**	**70**	**100**	**15**	**100**	**90**	**80**	**100**	**100**	**100**	**100**

iii. Flora y vegetación integrado

La riqueza florística identificada en los puntos muestreados fue de 36 especies la que fue posible registrar a través de los transectos vegetacionales y del recorrido pedestre al interior de cada uno de ellos. Del total del listado florísticos, 26 son de origen nativo (3 endémicas), cinco son introducidas y cinco no están definidos debido a que taxonómicamente solo se determinó el género. La flora se encuentra distribuida en 19 familias, siendo Asteraceae y Poaceae, las más representativas, con cinco especies cada una (Tabla 3.69).

Del total de especies identificadas en estos ambientes ribereños, 18 corresponden a plantas terrestres, mientras que, 14 pertenecen a especies macrófitas, de las cuales siete taxa son plantas acuáticas (hidrófita) y las otras siete son consideras plantas palustres (helófita), además de la presencia de algas de la familia Characeae (*Chara* sp.)

La mayoría de las plantas consisten en hierbas perennes representada en 20 especies, le sigue la forma de vida arbustiva con 8 especies, además se observó la presencia de una especie suculenta, *Echinopsis atacamensis*, registrada en el área aledaña al transecto efectuado.

Respecto al estado de conservación de las especies registradas, dos especies han sido clasificadas como Vulnerable, *P. tamarugo* (13/2013 MMA) y *P. flexuosa* (13/2013 MMA) y una como Casi Amenazada, *E. atacamensis* (21/2011 MMA).

Tabla 3.69. Catálogo florístico, origen fitogeográfico y estado de conservación, a lo largo de la de los transectos ejecutado en la cuenca del río Loa.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Forma de vida	Macrófita	Origen	ECC
Atriplex atacamensis Phil.	Cachiyuyo	Chenopodiaceae	Arbusto	T	Endémica	N/D
Atriplex imbricata (Moq.) D. Dietr. var. Imbricata	Cachiyuyo	Chenopodiaceae	Sub arbusto	T	Nativa	N/D
Baccharis calliprinos Griseb.	Chilca	Asteraceae	Arbusto	T	Nativa	N/D
Baccharis juncea (Cass.) Desf	Suncho	Asteraceae	Hierba perenne	T	Nativa	N/D
Chara sp.		Characeae			Indeterminada	N/A
Chenopodium petiolare Kunth	Yuyo	Chenopodiaceae	Hierba perenne	T	Nativa	N/D
Cistanthe amarantoides (Phil.) Carolin ex Hershkovitz	Anojarjinchu	Montiaceae	Hierba perenne	T	Endémica	N/D
Cistanthe salsoloides (Barnéoud) Carolin ex Hershkovitz	Congonilla	Montiaceae	Hierba anual	T	Nativa	N/D
Cortaderia speciosa (Nees & Meyen) Stapf	Espural	Poaceae	Hierba perenne	T	Nativa	N/D
Distichlis humilis Phil.		Poaceae	Hierba perenne (hemicriptófito)	He	Nativa	N/D
Distichlis spicata (L.) Greene	Grama	Poaceae	Hierba perenne (hemicriptófito)	He	Nativa	N/D
Echinopsis atacamensis (Phil.) Friedrich & G.D. Rowley	Pasakana		Árbol suculento	T	Nativa	NT

Nombre científico	Nombre común	Familia	Forma de vida	Macrófita	Origen	ECC
Eleocharis sp.		Cyperaceae	Hierba perenne		Indeterminada	N/A
Ephedra americana Humb. & Bonpl. ex Willd.	Pingo-pingo	Ephedraceae	Arbusto	T	Nativa	N/D
Erythranthe sp.		Phrymaceae	Hierba (criptófito)	He	Indeterminada	N/A
Festuca hypsophyla Phil.		Poaceae	Hierba perenne	T	Nativa	N/D
Juncus balticus Willd.	Huinquillo	Junaceae	Hierba perenne (hemicriptófito)	He	Nativa	N/D
Lilaeopsis macloviana (Gand.) A.W. Hill	Isru	Apiaceae	Hierba perenne (hemicriptófito)	Hi	Nativa	N/D
Lycium humile Phil.	Jume	Solanaceae	Arbusto	T	Nativa	N/D
Muhlenbergia asperifolia (Nees & Meyen ex Trin.) Parodi		Poaceae	Hierba perenne	T	Nativa	N/D
Myriophyllum quitense Kunth	Lorama	Haloragaceae	Hierba perenne (criptófito)	Hi	Nativa	N/D
Nasturtium officinale R. Br.		Brassicaceae	Hierba perenne (criptófito)	Hi	Introducida	N/D
Parastrephia lucida (Meyen) Cabrera	Tola	Asteraceae	Arbusto	T	Nativa	N/D
Potamogeton pusillus L.	Espiga de agua	Potamogetonaceae	Hierba anual (criptófito)	Hi	Introducida	N/D
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.	Carrizo		Hierba perenne		Introducida	N/A
Prosopis flexuosa DC. var. *Flexuosa*	Algarroba	Fabaceae	Arbusto	T	Nativa	VU
Prosopis tamarugo Phil.	Tamarugo	Fabaceae	Árbol	T	Endémica	VU
Rumex crispus L.		Polygonaceae	Hierba perenne (hemicriptófito)	He	Introducida	N/A
Ruppia filifolia (Phil.) Skottsb.	Pelo de marisma	Ruppiaceae	Hierba perenne (criptófito)	Hi	Nativa	N/D
Ruppia maritima L.		Ruppiaceae	Hierba perenne (criptófito)	Hi	Nativa	N/D
Schinus areira L	Molle	Anacardiaceae	Árbol	T	Nativa	N/D
Schoenoplectus americanus (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller	Junco	Cyperaceae	Hierba perenne (hemicriptófito)	He	Nativa	N/D
Scirpus sp.		Cyperaceae	Hierba perenne		Indeterminada	N/A
Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) DC.	Brea	Asteraceae	Arbusto	T	Nativa	N/D
Veronica anagallis-aquatica L.		Plantaginaceae	Hierba annual (criptófito)	Hi	Introducida	N/A
Werneria sp.		Asteraceae	Hierba perenne (criptófito)	He	Indeterminada	N/A

Simbología: **Macrófita (M)**: He= helófita, Hi= Hidrófita, T=terrífitos.**Estados de Conservación (ECC)**: CR = En peligro crítico, DD = Datos insuficientes, EN = En Peligro, EW= Extinta en estado silvestre, EX = Extinta, FP = Fuera de Peligro, IC = Insuficientemente Conocida, LC = Preocupación menor, NT = Casi amenazada, R = Rara, VU = Vulnerable. N/D = no determinado, N/A: No aplica. **Fuentes**: (1) = Decretos Supremos que oficializan los procesos de clasificación de especies.

Folio005618

iv. Índice de cobertura vegetacional acuático

Para la definición de este índice, como parte del cálculo del IHF (ver sección 3.3.5.2.5), la vegetación acuática se agrupa en tres grupos:

- Plocon: Incluye organismos vegetales fijados en el sustrato (*Cladophora* o algas como las *zygnematals*).
- Pecton: Incluye tallos aplanados, laminares o esféricos. Se reconocen debido a que forman finas costras o recubrimientos sobre el sustrato. (Ejemplos: *Nostoc, Hildenbradia*, *Rivulariácieas*).
- Fanerógamas y charales: Las fanerógamas son los grupos de plantas que presentan flores visibles. Actualmente el término más utilizado para denominarlas es el de espermatofitos. En ambientes fluviales las más comunes pertenecen a los géneros *Potamogeton*, *Ranunculus*, *Ceratophyllum*, *Apium*, *Lemma*, *Myriophyllum*, *Zannichellia* o *Rorippa*. Las charales son un grupo de algas consideradas como el único grupo de algas verdes realmente macroscópicas que se dan en aguas continentales.

En función a la participación de cada grupo vegetacional en el cauce se asigna una determinada puntación. En el caso de la ausencia total de cualquier tipo de vegetación acuática se establece una puntuación de cero puntos (Tabla 3.70).

Tabla 3.70. Valoración cobertura de vegetación acuática (Fuente: Pardo et al, 2002)

Categoría		Puntuación
%plocon+ briophyta	10- 50%	10
	<10% o >50%	5
%pecton	10- 50%	10
	<10% o >50%	5
% fanerógamas y charales	10- 50%	10
	<10% o >50%	5

Para los sectores muestreados (S1, S2, S3, S4 y S5) durante las cuatro campañas de monitoreo, se registró 12 géneros de plantas acuáticas, pertenecientes a la categoría Fanerógamas. De la Tabla 3.71, se desprende que la especie con mayor porcentaje de participación en el cauce corresponde a *Shoenoplectus americanus* con coberturas que oscilaron entre 3 y 25%, por otro lado, las coberturas totales por sector presentaron rangos entre el 10% y 50%, por lo mismo la puntuación asociada para cada muestreo fue de 10 puntos.

Tabla 3.71. Participación porcentual de los géneros pertenecientes a la categoría Fanerógamas, en los sectores monitoreados en las cuatro campañas.

Género	S1_Río_Loa	S2_Río_Loa	S3_Río_Loa	S4_Río_Loa	S5_Río_Loa
Chara sp.	0.3	1.4			
Distichlis spicata					0.3
Erythranthe sp.	5.6				
Lilaeopsis macloviana	3.1				
Myriophyllum sp.	2.8	0.3			
Nasturtium officinale	4.6				
Potamogeton sp.	1.6				
Ruppia filifolia			6.6		
Ruppia marítima				5	
Schoenoplectus americanus		3.1	12.8	12.8	24.7
Veronica anagallis-aquatica	0.9	7.1			
Werneria sp.	0.1				
Total	**19.1**	**11.9**	**19.4**	**17.8**	**25**
Puntuación	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**

En los sectores monitoreados durante las campañas de verano y otoño, las coberturas de las plantas acuáticas sobre el cauce alcanzaron una puntuación de 10, en donde los porcentajes oscilaron entre 10 y 24,8%. En el caso de los sectores 2_Río_Loa, 3_Río_San_Pedro y 11_Río_San_Salvador las coberturas de participación en el cauce fueron de 1,3%, 4,4% y 5,0% respectivamente, en donde, la puntuación alcanzada corresponde a 5 puntos (Tabla 3.72).

Tabla 3.72. Participación porcentual de los géneros pertenecientes a la categoría Fanerógamas, en los sectores monitoreados en dos campañas (verano y otoño).

Sector/Especie	Erythranthe sp.	Myriophyllum sp.	Potamogeton sp.	*Schoenoplectus americanus*	Total	Puntuación
1_Río_Loa		19.4			19.4	10
2_Río_Loa	1.3				1.3	5
3_Río_San_Pedro		3.8		0.6	4.4	5
4_Río_Loa			10.0		10.0	10
5_Río_Loa		0.6	4.4	12.5	17.5	10
6_Río_Salado		6.9	11.9	3.8	22.5	10
7_Río_Loa		16.9			16.9	10
8_Río_Loa		2.5		7.5	10.0	10
9_Río_Loa				18.8	18.8	10
10_Río_Loa				22.5	22.5	10
11_Río_San_Salvador				5.0	5.0	5
12_Río_Loa			1.9	10.0	11.9	10
13_Río_Loa			10.0	6.3	16.3	10
14_Río_Loa				23.8	24.8	10

3.2.2.2.6 Reptiles y Anfibios

La Región de Antofagasta en su mayor extensión, constituye de acuerdo con sus características climáticas de hiperdesierto, el límite distribucional norte de especies vegetales y fauna de otras regiones más productivas del sur del territorio. Grandes extensiones de esta región están fuertemente influidas por la actividad de extracción de minerales; existe ademas una tremenda presión sostenida sobre los recursos hídricos de la zona, tanto en las faenas de extracción mineral como para los requerimientos de la población humana. El agua es el elemento clave para el asentamiento de formas de vida en estas regiones áridas y semiáridas (Veloso 1998). El conocimiento de la fauna de una determinada región del territorio constituye un aporte fundamental, posible de proyectar a diversos planos de actividad tanto básica como aplicada, relevante para estudios de diversidad biológica, conocimiento de la biología de los taxa y al manejo de sus recursos renovables (Marquet, 1998).

La zona altoandina al sur de la linea del ecuador cuenta con una rica y extensa radiacion de ranas acuaticas altoandinas del genero *Telmatobius* (aproximadamente 63 especies entre Ecuador, Peru Bolivia Argentina y Chile) (Frost, 2013) altitudinalmente se encuentran a sobre los 2200 metros sobre el nivel del mar hasta los 4600 msnm aproxiamdamente. Para el altiplano chileno se reconocen las siguientes especies: *T. halli* y *T. peruvianus*. *T. marmoratus*, *T. pefauri* y T. *zapahuirensis*. *T. philippii* y *T. fronteriensis*. *T. chusmisensis*. *T. vilamensis* y *T. dankoi*. Siendo solo *T. marmoratus* compartido con Bolivia. (Saes 2017) Gran parte de ellos se encuentran solo en su tierra tipica por lo que se les considera especies micro endémicas. Los *Telmaotbius* de Chile son principalmente acuaticos y habitan, rios, vertientes, lagunas y vegas altoandinas de la cordillera de los Andes (De La Riva 2017).

a) Anfibios potenciales y metodología de monitoreo

La revisión bibliográfica considerada para el área de estudio muestra que existen tres especies de anfibios potencialmente presentes dentro de la cuenca del rio Loa. Sin embargo, prospecciones como estas podrian aumnetar los sitios con presencia de anfibios. En la siguiente Tabla se detallan las especies y su respectivo estado de conservación:

Tabla 3.73 Listado potencial de anfibios en el área de estudio y el estado de conservación.

Nombre Científico	Nombre común	Estado de Conservación
Rhinella spinulosa	Sapo espinoso	Preocupación menor
Telmatobius dankoi	Sapo de Danko	En Peligro Crítico
Telmatobius vilamensis	Rana de Vilama	En Peligro Crítico

En las campañas de monitoreo de la cuenca del Rio Loa se realizó muestreo enfocado en anfibios mediante transectos de largo variable entre 100 y 300 m, 5 m de ancho a cada lado de la línea de proyección. Se realizaron búsquedas activas (revisión bajo potenciales refugios (piedras, terrones, troncos o madera incluyendo basura si se encontraba) arbustos y bordes de cuerpos de agua (rios, vertientes y lagunas). Las exploraciones de terreno fueron realizadas tratando de cubrir el máximo de áreas posibles y toda la diversidad de ambientes que ofrecia cada zona. Los transectos de anfibios se prospectaron con chunguillo de mano de 80 cm de largo y una boca 30 cm de ancho con malla fina para capturar potenciales larvas de anfibios y/o posturas de huevos. Los transectos en el rio se hicieron en profundidas que variaban entre los 30 cm de agua y 1 mts. Las prospecciones se hicieron a lo largo del río Loa como en pequeñas lagunas y pozas temporales ubicadas aledañas al rio para aumentar la detectabilidad de las larvas y post metamórficos. Las porspecciones se hicieron tre las 09:30 y las 20:00 horas despues de la caida del sol ya que en elcas de *Rhinella spinulosa* son de actividad principalmente nocturna.

Ademas se instalo un sistema de grabaciones de cantos de anfibios (Song Meter) para detectar cantos de sapos y ranas en puntos de monitoreo donde no fue posible hacerlo de manera presencial (ver Figura 3.138).

Figura 3.138. Sistema de grabación de sonidos instalado para la deteccion de cantos de anfibios

b) Reptiles potenciales y metodología de monitoreo

La revisión bibliográfica considerada para el área de estudio muestra que existen 17 especies de reptiles potencialmente presentes. En la siguiente figura se detallan las especies y su respectivo estado de conservación:

Tabla 3.74 Listado potencial de reptiles en el área de estudio y el estado de conservación.

Nombre Científico	Nombre común	Estado de Conservación
Liolaemus atacamensis	Lagartija de Atacama	Preocupación menor
Liolaemus constanzae	Lagartija de Constanza	Preocupación menor
Liolaemus erguetae	Lagartija de Ergueta	-
Liolaemus fabiani	Lagartija de Fabián	Rara
Liolaemus foxi	Lagartija de Fox	-
Liolaemus jamesi	Jararanco de James	Rara
Liolaemus molinai	Lagartija de Molina	-
Liolaemus ornatus	Lagartija ornamentada	Datos insuficientes
Liolaemus paulinae	Lagartija de Paulina	Vulnerable
Liolaemus platei	Lagartija de Plate	Preocupación menor
Liolaemus torresi	Dragón de Torres-Mura	-
Liolaemus pachecoi	Lagarto de Pacheco	Rara
Liolaemus audituvelatus	Dragón de pído cubierto	Vulnerable
Tachymenis chilensis	Culebra de cola corta	Preocupación menor
Microlophus theresioides	Corredor de Tereza o de Pica	Preocupación menor
Microlophus quadrivittatus	Corredor de cuatro bandas	Preocupación menor
Phykkidactykus gerrhopygus	Salamanqueja del Norte grande	Preocupación menor

En las campañas de monitoreo de la cuenca del Río Loa para el muestreo de reptiles se han realizado transectos de largo variable entre 100 y 350 mts 15 m de ancho a cada lado de la línea de proyección. Se realizaron búsquedas activas (revisión bajo potenciales refugios (piedras, terrones, troncos o madera incluyendo basura en el caso de que hubiera) sobre troncos, corteza de arboles, ramas, arbustos y bordes de cuerpos de agua (rios, vertientes y lagunas). Las exploraciones de terreno fueron realizadas tratando de cubrir la mayor cantidad de áreas posibles y toda la diversidad de ambientes que ofrecia cada zona (laderas de cerro, zonas rocosas, costras salinas oasis, etc.) para esto se uso solo deteccion visual de los individuos ya que no existia el permiso de captura otorgado por el SAG, para poder identificar los individuos como macho o hembra o medirlos (medicion hocico-cloaca o peso).

i. Campaña Invierno

En esta primera campaña se realizó muestreo enfocado en ambos grupos mediante transectos de largo variable y 3 m de ancho a cada lado de la línea de proyección. Se realizó búsqueda activa (revisión de piedras, arbustos y bordes de cuerpos de agua) en los respectivos ambientes donde se buscaron reptiles y anfibios. Para estos últimos, además, se realizó playback en horario crepuscular en tres puntos de muestreo (debido a restricciones por seguridad).

En total se muestrearon cinco puntos, la ubicación espacial de éstos se ilustra en la Figura 3.93 (en color rojo) y además se detalla las metodologías realizadas en cada uno de ellos en la siguiente tabla:

Tabla 3.75. Ubicación de los puntos de muestreo y metodología de anfibios y reptiles en la cuenca del Río Loa.

Punto de monitoreo	Coordenadas UTM		Cota (m.s.n.m.)	Transecto Reptiles	Transecto Anfibios	Playback Anfibios
	Este (m)	Norte (m)				
S1_Rio_Loa	532396	7640484	3689	X	X	X
S2_Rio_Loa	533080	7617231	3392	X	X	X
S3_Rio_Loa	440964	7570828	1010	X	X	X
S4_Rio_Loa	430796	7625976	661	X	X	
S5_Quebrada_Amarga	420856	7631120	579	X	X	

Todos los puntos de muestreo están asociados al Río Loa, a excepción del punto “S5_Quebrada_Amarga”, el cual está asociado a la Quebrada Amarga. El detalle de las características de los ambientes de cada uno de los puntos se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3.76. Descripción del ambiente de los puntos de monitoreo

Punto de monitoreo	Fecha	Condición Meteorológica	Sustrato	Tipo vegetacional dominante	Cobertura Vegetacional	Intervención antrópica
S1_Rio_Loa	07-09-2018	Despejado	Arenoso	Herbácea	Media	Alta
S2_Rio_Loa	04-09-2018	Despejado	Rocoso	Herbácea	Alta	Baja
S3_Rio_Loa	06-09-2018	Despejado	Arenoso	Herbácea	Alta	Baja
S4_Rio_Loa	05-09-2018	Despejado	Arenoso	Herbácea	Alta	Baja
S5_Quebrada_Amarga	05-09-2018	Despejado	Costra Salina	Herbácea	Alta	Baja

Del total de especies potenciales, dos fueron registradas en terreno. El anfibio *Rhinella spinulosa* y el reptil *Microlophus theresioides.* El detalle de la especie y número de individuos por punto de muestreo se detallan en la siguiente tabla:

Folio005624

Tabla 3.77 Riqueza y abundancia por punto de muestreo en la cuenca del Río Loa.

Punto de Monitoreo	Especie	Nombre común	Abundancia
S1_Rio_Loa	Rhinella spinulosa	Sapo espinoso	2
S2_Rio_Loa	Rhinella spinulosa	Sapo Espinoso	2
S3_Rio_Loa	Microlophus theresioides	Corredor de Pica	3
S4_Rio_Loa	Microlophus theresioides	Corredor de Pica	2
S5_Quebrada_Amarga	Microlophus theresioides	Corredor de Pica	3

Adicionalmente, se considera relevante indicar que en el punto "S3_Rio_Loa" se escucharon vocalizaciones de anfibios que no estaban dentro de los registros reproducidos durante la actividad de playback y no fue posible su identificación *in situ*. Sin embargo, se considerará este hallazgo como antecedente para la siguiente campaña de muestreo. En las siguientes figuras se muestran fotografías de las especies registradas.

Figura 3.139 Ejemplar de *Microlophus theresioides* (juvenil) registrado en el Punto S5_Quebrada_Amarga.

Figura 3.140 Ejemplar de *Rhinella spinulosa* registrado en el punto S2_Rio_Loa.

ii. Campaña Verano (Caudal Alto)

En la campaña de Caudal Alto de verano 2019 se realizaron transectos diurnos de 200 metros de extensión, los que fueron realizados en las estaciones de monitoreo de fauna definidas. Cabe señalar que parte de las estaciones no contaron con acceso adecuado ni condiciones para la realización de las mediciones en transectos. De los transectos realizados, las estaciones '1 Rio Loa', '3 Rio San Pedro (Oficial)', '5 Rio Loa', '6 Rio Salado', 'S1 Rio Loa' y 'S2 Rio Loa', no presentaron reptiles durante el monitoreo diurno.

De los transectos con registro de reptiles, solamente se registraron dos especies, correspondientes a *Microlophus theresioides* (ver Figura 3.141) y *Liolaemus constanzae.* Para la primera especie se registraron abundancias que fueron entre 1 a 25 individuos por transecto, mientras que para *L. constanzae* solamente se registró un individuo de esta especie en el Punto S5, el cual se encuentra asociado a la Quebrada Amarga (Ver Tabla 3.78). Los registros fotográficos de las condiciones de terreno en las estaciones levantadas en la campaña de terreno se muestran en las Figura 3.142 a Figura 3.156.

Para esta campaña no se registraron anfibios mediante metodología de transectos, ni mediante los registros de playback.

Figura 3.141. *Microlophus theresioides*

Tabla 3.78 Registro de fauna avistado en Campaña de Caudal alto de verano 2019.

Punto de Muestreo	Condición Meteorológica	Tipo de Sustrato	Vegetación dominante	Cobertura vegetacional	Intervención antrópica	Largo de Transecto	Grupo Taxonómico	Especie	Abundancia
1 Rio Loa	Despejado	Rocoso	Herbáceas	Alta	Baja	200		Sin Registro de fauna	
3 Rio San Pedro (Oficial)	Despejado	Rocoso	Herbáceas	Media	Alta	200		Sin Registro de fauna	
5 Rio Loa	Despejado	Arenoso	Herbáceas	Media	Alta	200		Sin Registro de fauna	
6 Rio Salado	Despejado	Arenoso	Herbáceas	Alta	Baja	200		Sin Registro de fauna	
S1 Rio Loa	Despejado	Arenoso	Herbáceas	Media	Alta	200		Sin Registro de fauna	
10 Rio Loa	Despejado	Arenoso	Herbáceas	Alta	Media	200	Reptiles	*Microlophus theresioides*	25
11 Rio San Salvador	Despejado	Arenoso	Herbáceas	Alta	Media	200	Reptiles	*Microlophus theresioides*	2
12 Rio Loa	Despejado	Terroso	Herbáceas	Alta	Alta	200	Reptiles	*Microlophus theresioides*	1
13 Rio Loa	Nubes dispersas	Arenoso	Herbáceas	Media	Alta	200	Reptiles	*Microlophus theresioides*	22
14 Rio Loa	Despejado	Arenoso	Herbáceas	Alta	Alta	200	Reptiles	*Microlophus theresioides*	16
S2 Rio Loa	Despejado	Rocoso	Herbáceas	Alta	Baja	200		Sin Registro de fauna	
S3 Rio Loa	Despejado	Terroso	Herbáceas	Alta	Baja	200	Reptiles	*Microlophus theresioides*	17
S4 Rio Loa	Despejado	Pedregoso	Herbáceas	Alta	Baja	200	Reptiles	*Microlophus theresioides*	1
S5 Quebrada Amarga	Despejado	Costra Salina	Herbáceas	Media	Baja	200	Reptiles	*Liolaemus constanzae*	1
S5 Quebrada Amarga	Despejado	Costra Salina	Herbáceas	Media	Baja	200	Reptiles	*Microlophus theresioides*	9
7 Rio Loa	Despejado	Terroso	Herbáceas	Alta	Alta	200	Reptiles	*Microlophus theresioides*	2
9 Rio Loa	Despejado	Arenoso	Herbáceas	Alta	Media	200	Reptiles	*Microlophus theresioides*	6

Figura 3.142. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación 9 Río Loa.

Figura 3.143. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación S5 Quebrada Amarga.

Folio005628

Figura 3.144 Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación S4 Río Loa.

Figura 3.145. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación 14 Río Loa.

Folio005629

Figura 3.146. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación 13 Río Loa.

Figura 3.147. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación S3 Río Loa.

Figura 3.148. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación 10 Río Loa.

Figura 3.149. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación 11 Río San Salvador.

Folio005631

Figura 3.150. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación 12 Río Loa.

Figura 3.151. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación 7 Río Loa.

Figura 3.152. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación S1 Río Loa.

Figura 3.153. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación 3 Río San Pedro (Oficial).

Figura 3.154. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación 1 Río Loa.

Figura 3.155. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación S2 Río Loa.

Folio005634

Figura 3.156. Registro fotográfico de las condiciones de terreno en estación 5 Río Loa.

iii. Campaña Otoño (Caudal Bajo)

Del total de especies potenciales, dos fueron registradas en terreno: Larvas de anfibio Sapo espinoso (*Rhinella spinulosa)* y Corredor de Pica (*Microlophus theresioides).* El detalle de la especie y número de individuos por punto de muestreo se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3.79. Riqueza y abundancia por punto de muestreo en la cuenca del Río Loa.

Punto de Monitoreo	Especie	Nombre común	Abundancia
S1_Rio_Loa	*Rhinella spinulosa*	Sapo espinoso	350 Larvas
S2_Rio_Loa	*Microlophus theresioides*	Corredor de Pica	27
S3_Rio_Loa	*Microlophus theresioides*	Corredor de Pica	23
S4_Rio_Loa	*Microlophus theresioides*	Corredor de Pica	25
Quebrada_Amarga	*Microlophus theresioides*	Corredor de Pica	3

Las larvas encontradas fueron fotografiadas con Camara Canon 5D Mark III y contadas en la fotografia en la pantalla de un PC. Además, se revisaron los playbacks de las grabaciones obtenidas del sistema de song meters instalados y no se obtuvieron registros de la presencia de anfibios vocalizando en el lugar durante la noche durante las fechas de las prospecciones.

Folio005635

Figura 3.157. *Microlophus theresioides*

Figura 3.158. Individuo de *Microlophus theresiodes*

Folio005636

Figura 3.159. Larvas de *Rhinella spinulosa*

Folio005637

iv. Campaña Primavera

Tras la búsqueda activa y la realización de los transectos de observación en las 6 estaciones de monitoreo solo fue registrada una especie de reptil, correspondiente a *Microlophus theresioides* (Corredor de Pica). En total, se identificó un total de 49 individuos de esta especie, siendo más abundantes en el sector de Ojo de Opache y encontrándose en una menor cantidad en el punto S4. Ver Tabla 3.80 para detalle por punto de monitoreo, y en las Figura 3.160, Figura 3.161 y Figura 3.162 para fotografías de individuos.

No se registraron especies de anfibios, ni adultos ni en estado larvario. Además, se revisaron los playbacks de las grabaciones obtenidas del sistema de song meters instalados y no se obtuvieron registros de la presencia de anfibios vocalizando en el lugar durante la noche durante las fechas de las prospecciones. A pesar de haberse realizado un traslado de ejemplares de la especie *Telmatobius dankoi* en el mes de junio desde el sector de Las Cascadas, éstos no fueron encontrados en el lugar.

Tabla 3.80. Riqueza y abundancia por punto de muestreo en la cuenca del Río Loa. Primavera 2019.

Punto de Monitoreo	Especie	Nombre común	Abundancia
S1_Rio_Loa	Microlophus theresioides	Corredor de Pica	5
S2_Rio_Loa	Microlophus theresioides	Corredor de Pica	4
S3_Rio_Loa	Microlophus theresioides	Corredor de Pica	14
S4_Rio_Loa	Microlophus theresioides	Corredor de Pica	1
S5_Quebrada_Amarga	Microlophus theresioides	Corredor de Pica	5
Ojo de Opache	Microlophus theresioides	Corredor de Pica	20

Figura 3.160. Individuo de *Microlophus theresiodes* en punto S3.

Figura 3.161. Individuo de *Microlophus theresiodes* en punto S5.

Figura 3.162. Individuos de *Microlophus theresiodes* en punto Ojo de Opache.

Folio005639

3.2.2.2.7 Puntos adicionales monitoreados

i. Río San Salvador bajo Quetena

En la campaña de verano de 2019, a solicitud de la contraparte técnica del estudio, se incluyó el punto de monitoreo "SS bajo Quetena". Este punto ubicado en el río San Salvador aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Quetena, fue monitoreado aproximadamente a las 16:00 hrs del 13 de marzo de 2019, en las coordenadas 501718 m E, 7517562 m S (UTM Huso 19K). En este punto, se realizó un muestreo de la calidad de aguas, cuyos resultados se presentan a continuación:

Tabla 3.81. Parámetros fisicoquímicos medidos en Río San Salvador bajo Quetena

Parámetro	Unidad	Valor	Parámetro	Unidad	Valor
Arsénico disuelto	mg/L	0,103	Mercurio disuelto	mg Hg/L	<0,001
Bicarbonato	mg/L	274	Níquel disuelto	mg/L	<0,003
Boro disuelto	mg/L	6,415	Nitrato	mg N/L	7,3
Cadmio disuelto	mg/L	<0,001	Nitrito	mg N/L	0,185
Calcio	mg Ca/L	97,3	Nitrógeno Kjeldahl	mg N/L	15,4
Carbonato	mg/L	12	Nitrógeno Total	mg N/L	22,9
Clorofila 'a'	ug/L	11,69	pH	unidad	7,59(25,0°C)
Cloruro	mg/L	477	Plomo disuelto	mg/L	<0,008
Cobre disuelto	mg/L	<0,003	RAS	-	6,46
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<1,8	Salinidad	g/L	1,3
Coliformes Totales	NMP/100 ml	<1,8	Silicio disuelto	mg/L	31
Conductividad eléctrica (25ºC)	mS/cm	2,49	Sodio	mg Na/L	284
Cromo disuelto	mg/L	<0,002	Sólidos disueltos totales	mg/L	1504
DBO5	mg/L	12	Sólidos suspendidos totales	mg/L	48,6
Fósforo total	ug/L	1860	Sulfato	mg/L	223
Magnesio	mg Mg/L	30,0	Zinc disuelto	mg/L	0,117

Al realizar una comparación entre los valores de los parámetros físicoquímicos del punto "Río San Salvador bajo Quetena" y los valores de los puntos de monitoreos oficiales en el sector medio de la cuenca, se aprecia que en general las condiciones son similares. Se puede notar algunas diferencias, presentando este punto menores concentraciones de bicarbonato, boro disuelto, cloruro, coliformes totales, conductividad electrica, mercurio disuelto, salinidad y solidos disueltos totales, sin presentar diderencias de gran magnitud. Sin embargo, se pudo notar algunos parámetros que presentaron concentraciones mayores al resto de los puntos del sector, como lo son la clorofila 'a' con una concentración de 11,69 ug/L cuando el resto de los puntos presenta valores en torno a los 5 ug/L. Junto con esto, los valores de fósforo total, nitrito, nitrógeno Kjeldahl y sólidos suspendidos totales tambiés presentaron valores más elevados que el resto.

Folio005640

ii. Ojo de Opache

Durante la campaña de otoño de 2019, el equipo de terreno, en la búsqueda del Pejerrey del Norte (*Basilichthys semotilus*), recibió la información que éste había sido visto en el sector de Ojo de Opache. Por lo cual, se visitó el lugar para corroborar su presencia. Efectivamente se pudo realizar el avistamiento de la especie, pudiendo además capturar algunos ejemplares mediante pesca eléctrica, para medir su tamaño y posteriormente devolverlos a su hábitat. La ubicación del avistamiento fue en las coordenadas 497784 m E, 7513268 m S (UTM Huso 19K), en un pozón con agua corriente en el cual se estima había aproximadamente 40 individuos.

Figura 3.163. Registro fotográfico de los ejemplares de *Basilichthys semotilus* observados en Ojo de Opache.

A continuación, en la Tabla 3.82, se presenta la morfometría de los ejemplares capturados:

Tabla 3.82. Morfometría de peces capturados en Ojo de Opache en la campaña de otoño de 2019. LT = Longitud total (cm), PT = Peso total (g), K = Factor de condición.

Especie	LT (cm)	PT (g)	K	Estación	Arte de pesca
Basilichthys semotilus	15	27,0	8,0	Ojo de Opache	P. eléctrica
Basilichthys semotilus	12	11,2	6,5	Ojo de Opache	P. eléctrica
Basilichthys semotilus	13,5	18,9	7,7	Ojo de Opache	P. eléctrica
Basilichthys semotilus	12	11,9	6,9	Ojo de Opache	P. eléctrica

iii. Prospección Sector Las Cascadas

En el marco de esta esta prospección se hizo una visita a el punto reportado para *Telmatobius dankoi* ubicado en el sector de Las Vertientes aledaños a zona recreativa de Calama Las Cascadas descrito por Ramón Formas 1999 en la Revista Chilena de Historia Natural.

La especie esta descrita fuera del curso del río Loa, en una vertiente natural usada como canal de regadío por la comunidad ubicada aproximadamente a unos 160 mts de la cuenca del río Loa. Este sector corresponde a una zona de tomas de terrenos en el desierto, ubicada a unos 8 km de la ciudad de Calama. La idea de esta prospección en el sitio era la de integrar ese punto a los futuros muestreos del estudio de la cuenca del río Loa.

El día 11 de junio se realizo un transecto de unos 500 m y se pudo observar que todo el canal estaba completamente seco y no había señales de anfibios vivos o carcasas de ranas muertas en el sector por lo que se procedió a hacer una búsqueda intensiva con chinguillos y pesca eléctrica en el curso del Río Loa frente al sector de las vertientes por un tiempo aproximado de 45 minutos a las 19:00 horas sin encontrarse absolutamente nada.

Esto representaba una situacion alarmante y muy seria para la especie ya que es conocida solo en ese sitio y se le considera una especie micro endémica para Chile. Al regreso al sector un par de semanas después, uno de los integrates del equipo de terreno (Andrés Charrier) dio aviso a su colega Gabriel Lobos con quien habían estado trabajando en la zona tanto en el 2013 y el 2015 y decidieron hacer una campaña de prospección a la zona de las vertientes para el dia 14 de junio en conjunto con Hugo Salinas.

Ese dia en conjunto con personal del Museo de Historia Natural de Calama y de una comunidad indigena que vive en las cercanias de el sector de las Cascadas, se hizo una prospeción al sitio de las Vertientes. En dicha ocasión se hizo un transecto todo a lo largo del canal de regadio hasta llegar al origen de la vertiente (aporximadamente de 1,5 km de largo) constatando que estaba completamente seco. En el origen de la vertinte se encontró una pequeña laguna de unos 4 mts de largo por 2,5 metros de ancho y de apenas unos 30 cm de profundidad con gran cantidad de sedimento, barro y cubierto por una gruesa capa de algas, que correspondia a todo el habitat restante de la rana del Rio Loa.

En dicho lugar se procedio a bsucar anfibios en dicho lugar con botas waders y chinguillos de mano. Después de aproximadamente 20 minutos aparecieron los primeros *Telmatobius dankoi*. Despues de 2 horas de intensa busqueda en el lugar aparecieron en total 63 individuos de *dankoi* con bajisimo estado caroporal, esqueleticos y muy desnutridos. Se encontraron en dicha oportunidad solo adultos, no había larvas ni juveniles de esta especie.

Los animales fueron puestos en una botella de plastica de 3 litros (13 ranas) y el resto en un balde de 25 litros (50 ranas). Luego estas ranas fueron llevadas a un sector llamado Ojos de Opache, ubicado aproximadamente 6 km de el sector de las vetientes, donde se habían hecho prospecciones años atrás para buscar anfibios y se habian encontrado solo peces en el lugar. Los 63 anfibios fueron liberados en ese sitio para salvaguardar la especie.

Un mes despues se realizo una nueva prospeccion con personal de Ministerio de Medio ambiente (Roberto Villablanca) al sector de Las Vertientes para conocer un poco más en detalle la condicion del lugar. En dicha ocasión se encontro un poco más de agua en la vertiente encontrando un poco de agua en unos 100 m desde el inicio de la vertiente por con una columna de agua de 10 cm por 40 cm de año aproximadamente. En dicha oportunidad se hizo un esfuerzo de muestreo de 90 minutos aproximadamente. En dicha oportunidad se pudieron rescatar 12 animales que fueron puestos en contenedores plásticos de 40x30 cm y llevados al museo de Calama para su posterior envio a Santiago.

Al día siguiente se hizo una prospección en el sitio de liberacion en Ojos de Opache con chinguillo de aproximadamente 90 m y se encontraron solo 2 animales de los 63 que se habian liberado en el lugar un mes atrás.

Hoy dia, según herpetólogo Andrés Charrier, debieran quedar al menos 61 *T. dankoi* en el sector de Ojos de Opache en vida libre, esto sumado a la presencia de pejerrey del Loa (*Basilichthys semotilus*) hacen del lugar un sitio de alta alta importancia cientifica por lo que será integrado a la red de puntos de monitoreo de este estudio, para poder hacer un seguimiento de estas especies en el lugar la siguiente campaña de primavera de 2019.

Es importante que en el marco de este estudio se sigan monitoreando en el futuro el area de Las Vertientes y de Ojos de Opache para poder hacer un seguimiento de los anfibios y peces presnetes en dicho lugar.

Finalmente es importante señalar que la situacion que afecta a *T. dankoi* en el sector de la Vertientes hoy dia es la misma que afecta a los otros *Telmatobius* de la Región de Antofagasta: *T. vilamensis*, en el estero Vilama en San Pedro de Atacama, *T. phillipi* de la quebrada de Amincha cercanias de Ollague, *T. fronteriensis* en la estación de Puquios y los *Telmaotbius spp* de salar de Ascotan y salar de Carcote, respectivamente.

Folio005643

3.3 Diagnóstico integrado del estado ambiental actual de la cuenca del río Loa y sus tributarios

3.3.1 Análisis geomorfológico de la cuenca del río Loa y sus tributarios

El desarrollo de la caracterización geomorfológica de un río consiste en un análisis morfológico en diferentes niveles de escala, estableciendo posiciones jerárquicas de organización topográfica y litológica de las características del río. La escala definida por magnitudes físicas del orden de 100 metros a 100 kilómetros de longitud del tramo del río es el nivel "Macroescala" y entre magnitudes físicas del orden de 10 a 100 metros de longitud de tramo de río es el nivel "Mesoescala".

3.3.1.1 Caracterización a nivel de Macroescala

La clasificación a nivel de macroescala, depende de metodologías del tipo morfológicas y del tipo Eco-hidrológicas, para el caso del tipo morfológicas se utiliza el método de Rosgen y para el caso del tipo Eco-hidrológica se emplea la metodología "River environment classification" (REC).

3.3.1.1.1 Método Rosgen (1994)

Método que consiste en una clasificación en función a niveles de resolución y alcance de la interpretación visual, estableciendo la siguiente jerarquía:

- Caracterización morfológica general (Nivel I): Se evalúa el tipo, forma de relieve tramo de estudio, de acuerdo con la pendiente longitudinal, sinuosidad y sección transversal (Figura 3.164) definiendo nueve tipos de ríos (*A, Aa+, B, C, D, DA, E, F, G*).
- Descripción morfológica (Nivel II): Se detalla el tipo de rio, ya establecido en el nivel I, en subcategorías (N°1, 2, 3, 4, 5, 6) que relacionan la pendiente, sinuosidad, material predominante en el lecho, ancho de la superficie libre y la relación ancho y profundidad (Figura 3.165).

A pesar de que el método de Rosgen posee una clasificación de cuatro niveles, se consideran los primeros dos, "por motivos de la brevedad y la claridad, se centra en los dos primeros niveles, porque incorpora el carácter general de la forma del canal y las interpretaciones relacionadas" (Rosgen, 1994, P. 173).

Folio005644

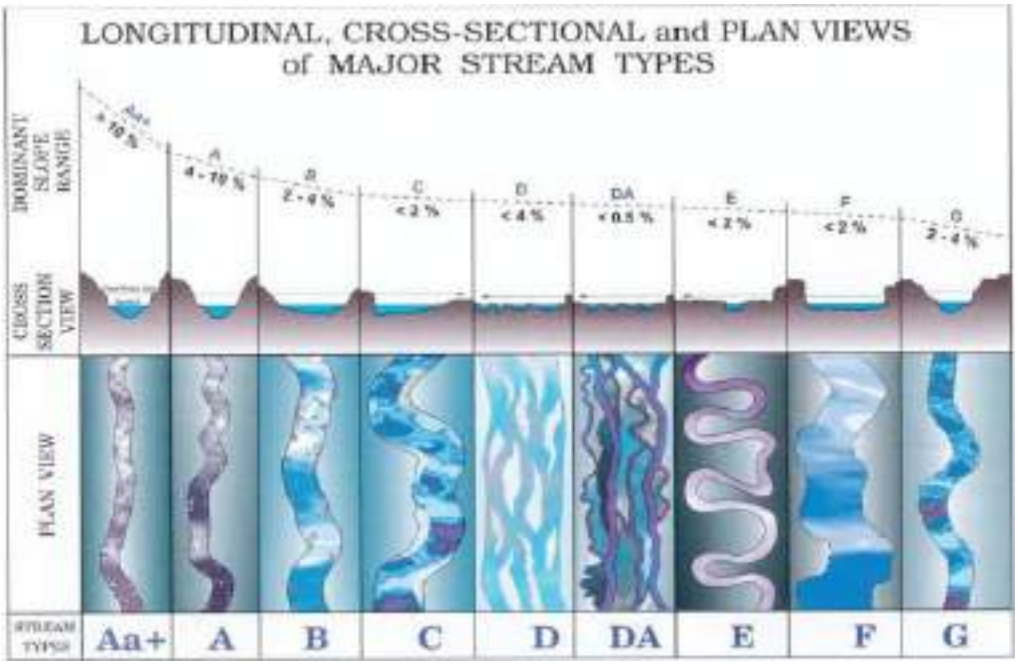


Figura 3.164. Método de Rosgen, caracterización morfológica general (Nivel I) (Rosgen, D., 1994).

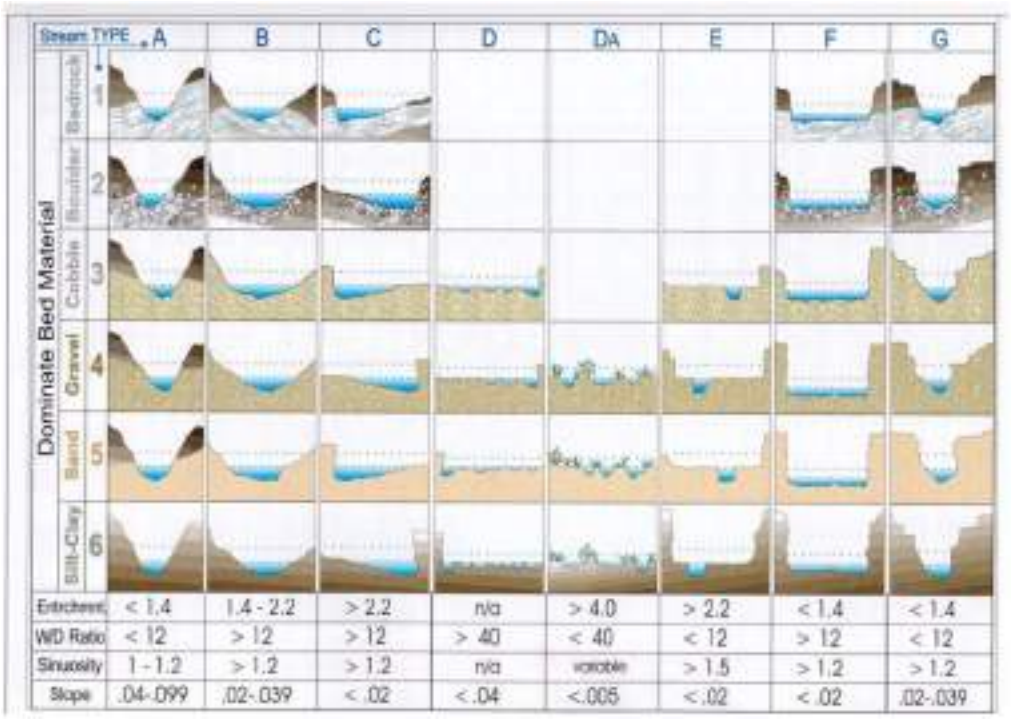


Figura 3.165. Método de Rosgen, descripción morfológica genera (Nivel II) (Rosgen, D., 1994).

3.3.1.1.2 Método "River environment classification" (REC)

La clasificación eco-hidrologicas se realizan en función a la geografía particular de la región de estudio, incluyendo las necesidades del ecosistema y se desarrolla de acuerdo con la metodología "River environment classification" (REC), la cual se basa en la jerarquía de factores controlados por patrónes hidrológicos. Ahora bien, considerando que el río en estudio se ubica en el país, "se ha desarrollado una clasificación eco-hidrológica de los ríos de Chile (REC-Chile) basada en una superposición jerárquica de factores controladores del patrón hidrológico en Chile. REC-Chile es multiescalar, permitiendo según los factores controladores seleccionados representar distintos patrones fluviales a diversas escalas espaciales." (Peredo-Parada, 2011, P. 26).

"Los factores de control seleccionados para la implementación de REC-Chile se basan en aquellos utilizados en la REC desarrollada por Snelder y Biggs (2002) para Nueva Zelanda, adaptada a las condiciones climáticas y ambientales de Chile. Los factores de control seleccionados fueron: clima, fuente de flujo, geología, posición relativa de captación, uso de la tierra y pendiente de alcance. Cada uno de estos se subdivide en categorías según el significado de los factores de control." (Peredo-Parada, 2011, P. 28).

Tabla 3.83. Niveles de clasificación de la REC-Chile, sus categorías y reglas de asignación (Peredo-Parada.2011)

Nivel	Factor	Categoría	Notación	Regla de asignación		Fuente
				M.a.e.p. (mm)		
1	Climate	Arid	Ar	≤ 250		
		Semi-arid	Sa	250 – 500		
		Mid-wet	Mw	500 - 1000		(1)
		Wet	W	1000 – 2000		
		Very wet	Vw	2000		
				P.a.p. (%)	Elevation (masl)	
2	Source of flow	Low elevation	L	≤ 25	300	
		Valley	V	25 -40	300 - 1000	(2)
		Mid-mountain	Mn	40 -75	1000 - 2400	
		Mountain	M	75 >	2400 - 4200	
		Eternal snows	Es	Without liquid rainfall	≥ 4200	
		Lakes	La	Lake influence index ≥ 0.020		
		Regulation	Rg	Assignes manually		
		Glaciers	G	Glacier area > 20% Watershed area		(3)
3	Geology	Deposit non consolided	Al			
		Plutonic and hipabisal	Pl			
		Volcanic	Vc			(4)
		Sed. and mix sed-volc.	Mx			
		Metam. and sedimentary	Ms			
		Fractured volcanic	Vf			
		Carbonate	Ca			
		Area without information	Ni			

Nivel	Factor	Categoría	Notación	Regla de asignación	Fuente
				Accumulated catchment (% basin area)	
4	Catchment relative position	Headwater	Hw	≤ 7,5	
		Upper reach	Ur	7,5 – 25	
		Middle reach	Mr	25 - 70	(2)
		Low reach	Lr	≥ 70	
		Endorreic	E	Basin without flow outlet to the sea	(5)
		International	I	International basin	(5)
5	Land Use	City	Ci		
		Agriculture	Ag		
		Prairie and shrubs	Ps		
		Woods	Wo		
		Area without vegetation	Nv		
		Reservoir	R		
		Wetlands	Wt		(6)
		Snow and glaciers	Sg		
		Area without information	Ni		
				Slope (%)	
6	Slope	High	Hi	> 0,04	
		Medium	Md	0,04 – 0,02	(3)
		Low	Lw	≤ 0,02	

*M.a.e.p	Mean annual effective precipitation.
** P.a.p	Percentage of accumulate precipitation.
(1)	Climate classification of Blair.
(2)	Own construction.
(3)	Snelder *et al.* (2005).
(4)	Lithology (DGA).
(5)	Hydrological network (DGA).
(6)	Land Use (DGA).

3.3.1.2 Caracterización a nivel de Mesoescala

El nivel de mesoescala, es aquella considera la forma fluvial del cauce, la presencia de fauna íctica nativa o de especies especiales y la actividad antrópica relevante de la zona. Por consiguiente, esta metodología describe dos tópicos relevantes, los cuales son: la morfología del cauce y el tipo de hábitat del tramo de río. En el caso de describir la morfología del cauce, los factores que determinan su clasificación son la forma vista en planta y la sección transversal que presenten, los cuales pueden denominarse tramos rectos, meandrosos, trenzados o alguna combinación de ellos (Figura 3.166).

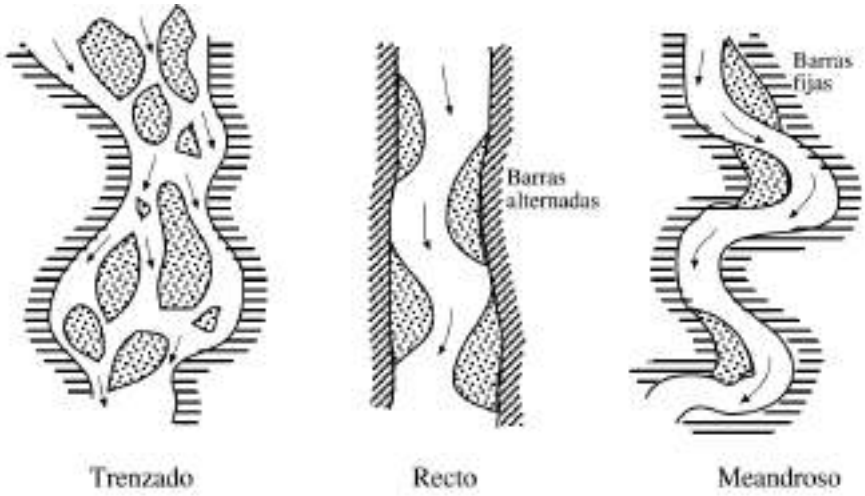


Figura 3.166. Patrones morfológicos típicos de ríos (Higginson & Johnston., 1988).

Con respecto a la identificación de los diferentes hábitats presentes en un tramo de rio a nivel de mesoescala se denomina unidades hidromorfológicas o mesohábitat. Se consideran las metodologías de Montgomery & Buffington (1997)(Figura 3.167; Tabla 3.84) y de Parasiewicz (2007), las cuales realizan una clasificación en función de la morfología del cauce con su perfil longitudinal y las características de escurrimiento respectivamente.

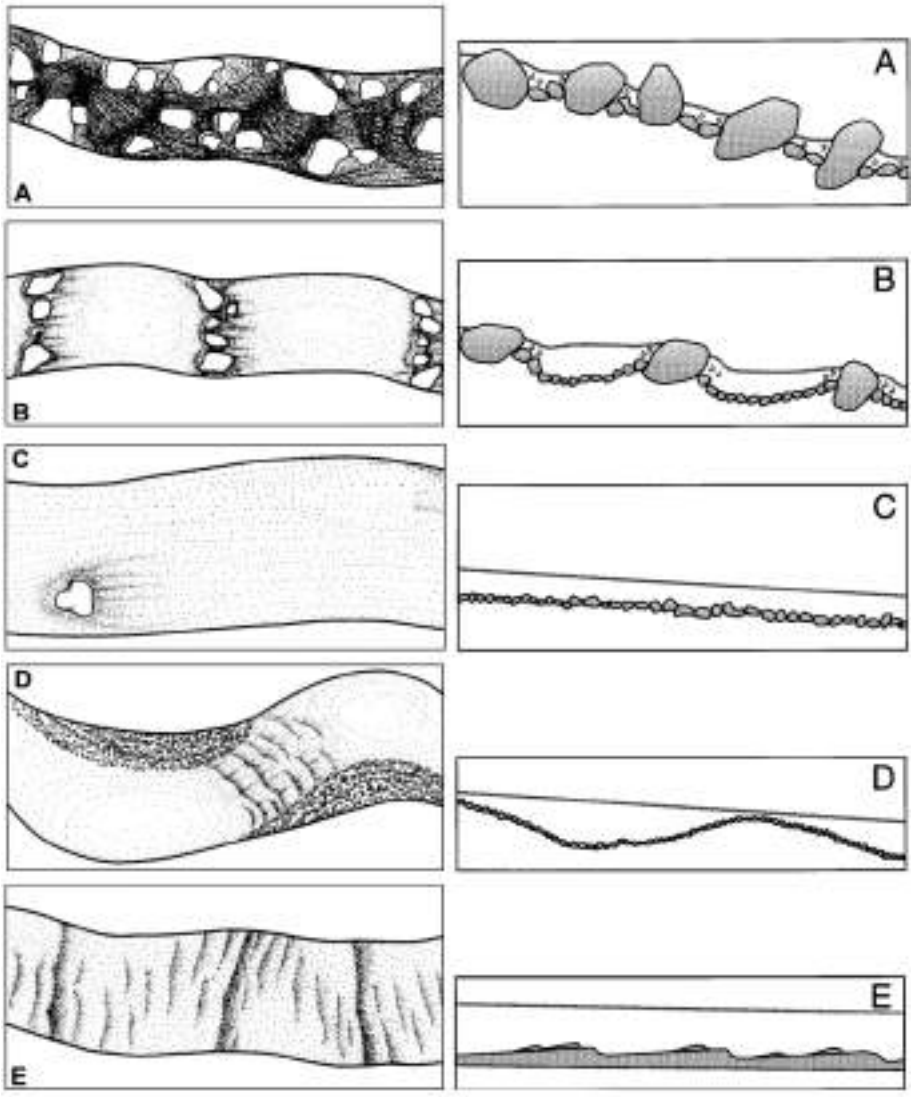


Figura 3.167. Clasificación por perfiles transversales y longitudinales de mesohábitats (Montgomery & Buffington, 1997).

Tabla 3.84. Simbología para clasificación de mesohábitats (Montgomery & Buffington, 1997)

Simbología	Clasificación
A	Cascada.
B	Secuencia de saltos y pozas.
C	Lechos planos.
D	Secuencia de corrientes y pozas.
E	Cauce de Duna con ondulación.

Tabla 3.85. Descripción de unidades hidromorfológicas o mesohábitat (Parasiewicz., 2007)

Tipo de Mesohábitat	Definición de Unidad Hidromorfológica	Características
Rápidos	Riffle	Escurrimiento somero- Velocidad moderada- Superficie turbulenta-Pendiente alta- Forma lecho convexo.
	Rapid	Tramo de gradiente elevado-Velocidad alta-Mayor superficie turbulenta-forma lecho convexo- presencia sustrato grueso.
	Cascade	Rápidos escalonados-caídas de agua bajas-pozas de agua pequeñas detrás de rocas.
	Run	Flujo permanente- Talweg definido- Cauce longitudinalmente plano y lateralmente cóncavo.
	Ruffle	Transición entre "Rápidos" (Para Run o Riffle).
	Fast Run	Flujo rapido uniforme.
Lentos	Pool	Aguas profundas por obstrucción parcial o total- Velocidad baja- Forma lecho cóncava.
	Plunge Pool	Flujo sobre obstrucción completa- con caída vertical aguas abajo.
	Backwater	Velocidad baja en márgenes del cauce por vórtices aguas debajo de obstrucción.,
	Glide	Flujo laminar en aguas someras- Sin presencia de turbulencia- Forma de lecho plano
Otros	Side Arm	Cauces alrededor de islas, menores que la mitad del ancho del rio- Con frecuencia a distintas elevaciones.

Para favorecer la precision de la estimacion de la clasificacion geomorfologica del área de estudio se estableció un desglose de acuerdo al cauce principal y sus afluentes, a saber, el rio Loa y los rios Chela, San Pedro, Salado, San Salvador y Quebrada Amarga respectivamente, tal como se describe en la siguiente ilustración:

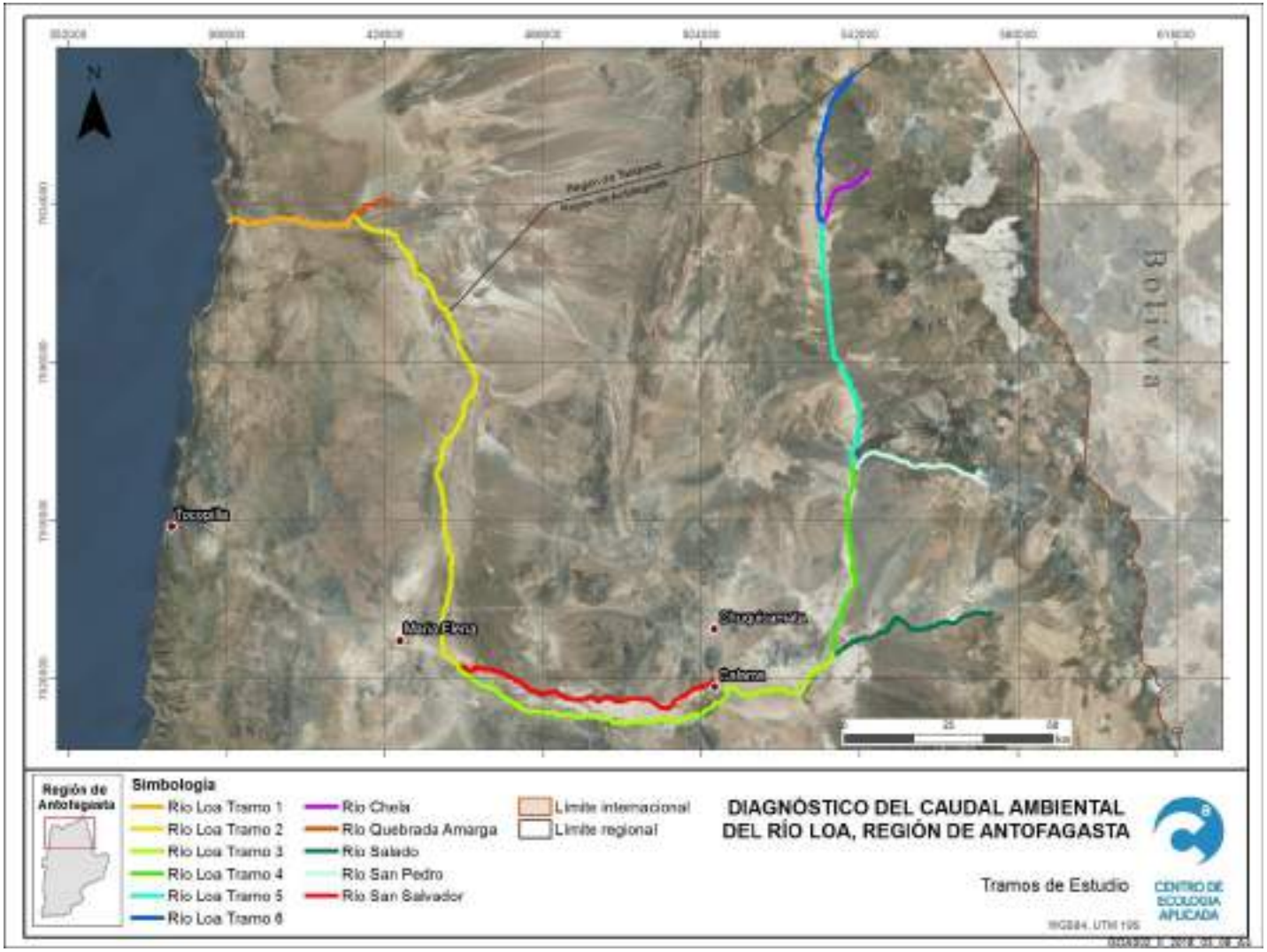


Figura 3.168.Tramos considerados para caracterización geomorfológica

Folio005651

Por medio de los atributos batimétricos pertenecientes a cada tramo de estudio, se desprenden los perfiles transversales, longitudinales y pendientes, además, considerando la taxonomia de los suelos de la region de Antofagasta (CIREN, 2016), se realiza la caracterizacion a nivel de macroescala por el metodo de Rosgen. Al presentar valores de pendiente menores al 2% y morfologías longitudinales sinuosas, la clasificación del primer nivel Rosgen se encuentra en los tipos “C”, “DA” y “E”. Por consiguiente, esa clasificación se subdivide por medio de su segundo nivel, ya que por los tipos de suelos característicos de la zona, los tramos de estudio se encuentran lechos de estratos arcillosos, gravosos de distinto tamaño, con simbología numérica “6”, ”3” y “4”, como se describen el la Tabla 3.86

Tabla 3.86. Caracterización a nivel de macroescala, método de Rosgen

Río	Tramo (T)	Pendiente (m/m)	Rosgen nivel I	(*) Taxonomía de Suelo	Rosgen nivel II
Rio Loa (RL)	T6 RL	0.0126	C	Molisoles	C-6
	T5 RL	0.0073	C	Molisoles	C-6
	T4 RL	0.0099	C	Molisoles-Aridisoles	C-6 y C-4
	T3 RL	0.0076	C	Entisoles	C-3
	T2 RL	0.0039	C	Entisoles	C-3
	T1 RL	0.0041	C	Entisoles	C-3
Rio Chela (RC)	T RC	0.0015	C	Molisoles	C-6
Rio San Pedro (SP)	T SP	0.0123	C	Molisoles	C-6
Rio Salado (RS)	T RS	0.0007	DA	Molisoles-Aridisoles	DA-6 y DA-4
Rio San Salvador (SS)	T SS	0.0015	E	Entisoles	E-3
Rio Quebrada Amarga (QA)	T QA	0.0087	F	Entisoles	F-3

(*) Taxonomía de Suelo (Centro de información de recursos naturales-CIREN, 2016).

La siguiente metodologia para desarrollar la caracterizacion a nivel de macroescala es la del River environment classification, REC-Chile. Los aspectos relevantes de la caracterizacion en los tramos de estudio por medio de este metodo, son: que poseen generalmetne climas aridos (“Ar”), pendientes bajas (“Lw”), flujos motañosos (“M” y “Mn”), suelos metamorficos - sedimentarios y volcanicos (“Ms” y “Vc”), usos de suelo entre areas con vegetacion y zonas urbanas (“Nv” y “Ci”) y tramos de captacion medios-altos (“Mr” y “Lr”), cabe destacar que para su desarrollo se requirió información pluviometrica, geologica (CIREN, 2016) y vizualización por imagenes satelitales de Google Earth además de las características topográficas del terreno (Tabla 3.87. Caracterización a nivel de macroescala, método River environment classification, REC-Chille.Tabla 3.87).

Folio005652

Tabla 3.87. Caracterización a nivel de macroescala, método River environment classification, REC-Chille.

Río	Tramo (T)	Clima	Fuente del flujo	Geología	Tramo de captación	Uso de suelo	Pendiente
Rio Loa (RL)	T6 RL	Ar	M	Mx	Lr	Sg	Lw
	T5 RL	Ar	M	Vc – Mx	Mr	Nv	Lw
	T4 RL	Sa	M	Ms	Mr	R - Ci	Lw
	T3 RL	Ar	Mm	Ms	Mr	Ci - Wt	Lw
	T2 RL	Ar	V	Mx-Ms	Mr	Ci	Lw
	T1 RL	Ar	L	Ms	E	Nv	Lw
Rio Chela (RC)	T RC	Ar	M	Mx	Lr	Sg	Lw
Rio San Pedro (SP)	T SP	Ar	M	Vf	Lr	Sg	Lw
Rio Salado (RS)	T RS	Sa	M	Vf	Lr	Nv	Lw
Rio San Salvador (SS)	T SS	Ar	Mm	Ms	Lr	Ci - Nv	Lw
Rio Quebrada Amarga (QA)	T QA	Ar	V	Ms	E	Nv	Lw

A nivel de mesoescala, la caracterizacion comprendio las metodologias de Montgomery & Buffington y de Paraseiwicz, de las cuales su clasificacion esta en funcion de la hidromorfologia del cauce en los tramos de estudio, inicialmente se identifica una preponderacia de mesohabitats con “Secuencias de corrientes y pozas” para el caso del metodo de Montgomery & Buffington, del cual se infiere su clasificion producto de sus perfiles longitudinales y de las imagenes en terreno de la campaña en el area de estudio del Centro de Ecologia Aplicada, la identificación se expresa en la siguiente tabla:

Tabla 3.88. Caracterización a nivel de mesoescala, método Montgomery & Buffington

Rio	Tramo (T)	Clasificación del Mesohábitat
Rio Loa (RL)	T6 RL	Lechos Planos (C)
	T5 RL	Secuencia de Corrientes y Pozas (D)
	T4 RL	Secuencia de Corrientes y Pozas (D)
	T3 RL	Secuencia de Corrientes y Pozas (D)
	T2 RL	Secuencia de Corrientes y Pozas (D)
	T1 RL	Lechos Planos (C)
Rio Chela (RC)	T RC	Lechos Planos (C)
Rio San Pedro (SP)	T SP	Secuencia de Corrientes y Pozas (D)
Rio Salado (RS)	T RS	Secuencia de Corrientes y Pozas (D)
Rio San Salvador (SS)	T SS	Secuencia de Corrientes y Pozas (D)
Rio Quebrada Amarga (QA)	T QA	Cauce de Duna con ondulación (E)

Asi pues, en el metodo de Paraseiwicz, su caracterizacion se encuentra asociada al tipo de escurrimiento predominante en cada tramo, por lo que por medio del estudio hidráulico desarrollado en el software Hec-Ras, se logra determinar el valor del numero adimensional de Froude, el cual indica el estado del flujo hidraulico y por lo tanto su predominancia de la hidromorfologia en los tramos de estudio es de mesohabitats “Rapidos”, tales como “Run”, “Cascade” o “Riffle”.

Folio005653

Tabla 3.89. Caracterización a nivel de mesoescala, método Paraseiwicz.

Río	Tramo (T)	Clasificación del Mesohábitat
Rio Loa (RL)	T6 RL	"Glide"
	T5 RL	"Riffle"
	T4 RL	"Cascade"
	T3 RL	"Rapid"
	T2 RL	"Ruffle"
	T1 RL	"run"
Rio Chela (RC)	T RC	"Fast Run"
Rio San Pedro (SP)	T SP	"Backwater"
Rio Salado (RS)	T RS	"Rapid"
Rio San Salvador (SS)	T SS	"Glide"
Rio Quebrada Amarga (QA)	T QA	"Run"

En comparación a nivel de macroescala, la caracterización por REC-Chile, posee criterios de evaluación que incluyen atributos pluviometricos como su precipitación o topograficos como la elevacioń del terreno y por tener una modelación aplicada en los rios del pais, presenta una mayor discriminación que el metodo de Rosgen, el cual tiene una clasificacion visual de acerdo a los criterios establecidos por el autor, considerando solamente la forma y la pendiente del tramo de estudio.

A su vez, a nivel de mesoescala, la caracterización con respecto al metodo de Paraseiwicz, considera caraceteristicas hidráulicas que se desprenden de la informacion fluviometrica de los tramos de estudio, además de diferenciar en mayor numero de subcategorías los mesohabitats caracteristicos, a diferencia del metodo de Montgomery & Buffington, el cual solo realiza una evaluación visual de la morfologia transversal y longitudinal de los tramos de estudio.

Folio005654

3.3.2 Análisis geográfico de presiones

Por definición una presión corresponde a cualquier actividad humana que incida sobre el estado ambiental de las aguas (Infante et al 2009), mientras el ministerio del medio ambiente lo define como factores o variables directas que afectan el estado de los componentes del medio ambiente de manera individual o colectiva. Estas presiones pueden ser de orden antrópico o procesos naturales (MMA, 2018). Estas presiones pueden generar un cambio en el estado del ecosistema que generan impactos desde el bienestar humano, en bienes y servicios, en el ecosistema en general:

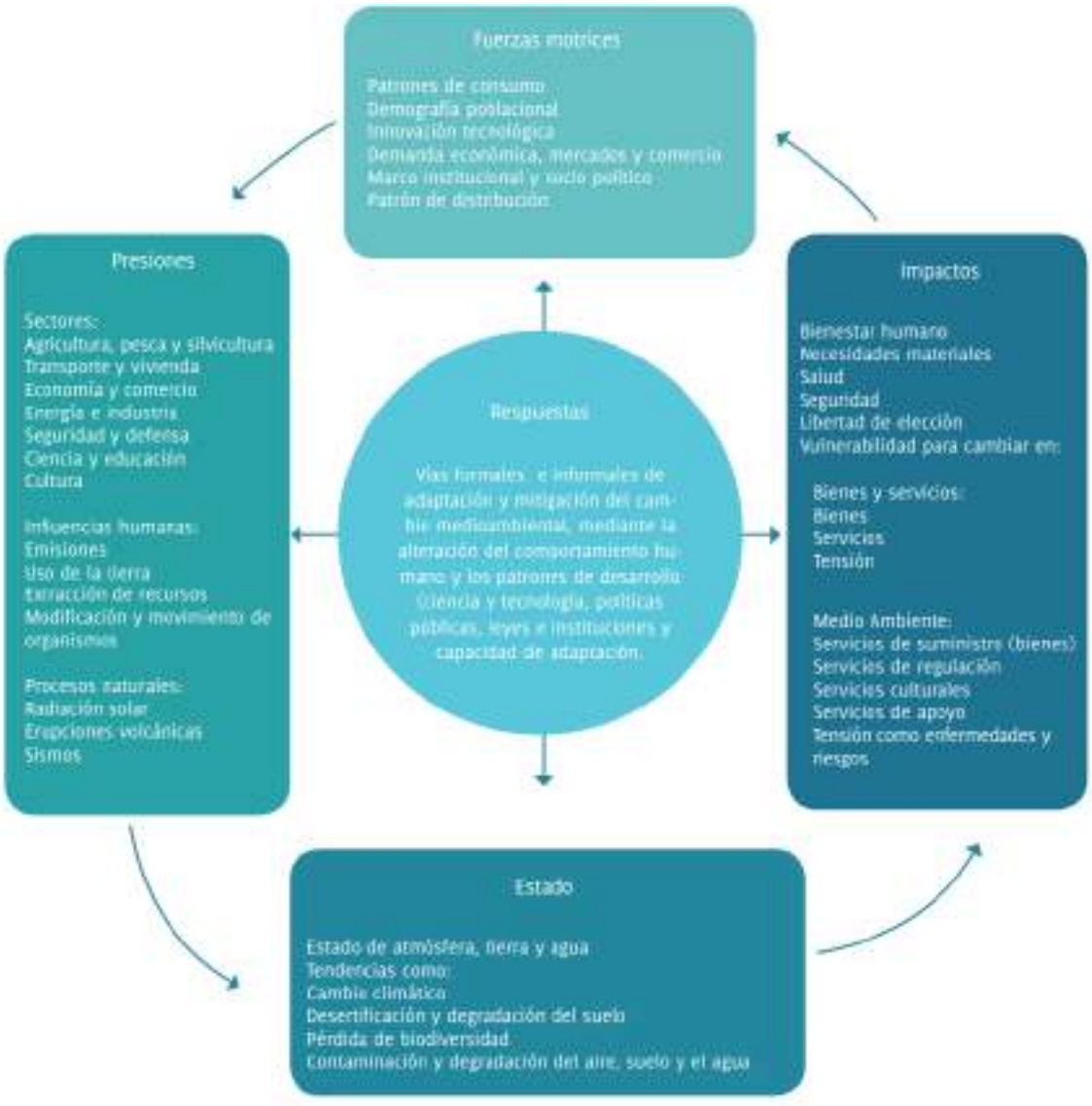


Figura 3.169. Presiones su interacción y consecuencias. (Fuente: MMA, 2018).

En el caso particular de la cuenca del río Loa, coexisten diversas actividades humanas e industriales que constituyen presiones directas sobre el ecosistema fluvial. Tanto los asentamientos urbanos, cómo la actividad económica y cultural integran presiones que afectan al mismo ecosistema. Y es que la región de Antofagasta se caracteriza por ser un actor relevante en el aporte al PIB nacional, alcanzando los $14.591 mil millones de pesos en el año 2015. Esta cifra representa un 10,2% del PIB nacional total. Cabe destacar, que el PIB de la Región de Antofagasta es el segundo mayor, después del de la Región Metropolitana. En cuanto al PIB silvoagropecuario, este alcanza, en el año 2015, el valor de $3 mil millones y representa un 0,1% (ODEPA, 2017).

Las actividades económicas más relevantes en la región son minería con un 55,7%, seguida en menor medida por construcción (12%), transporte y telecomunicaciones (5,5%), servicios personales (5%), e indusria manufacturera (4,6%) (INE, 2017). Sin embargo, de todas estas en relación con el uso del agua, la minería cobra un papel protagónico, además de los usos de agua potable para satisfacer a grandes ciudades de la región, el uso agrícola también encuentra su desarrollo en la cuenca gracias a sus aguas. Todos estos usos ejercen una presión importante sobre el ecosistema fluvial.

El 24 de enero del año 2000, fueron declaradas agotadas las aguas superficiales del río Loa y sus afluentes, a través de la resolución DGA N° 197, por lo que ya no se constituyeron nuevos derechos de aprovechamiento de aguas de ejercicio permantente (DGA 2005). Así mismo la región de concentra la mayor superficie protegida con 122 acuíferos resguardados, lo que equivale a 5.304 km2, incluyendo los acuíferos que alimentan vegas y bofedales dentro de la cuenca (DGA, 2016). No obstante, a pesar de estos antecedentes las aguas del río y de acuíferos son utilizadas en ordenes de mágnitud importantes, y presenta un ecosistema alejado de su condición natural.

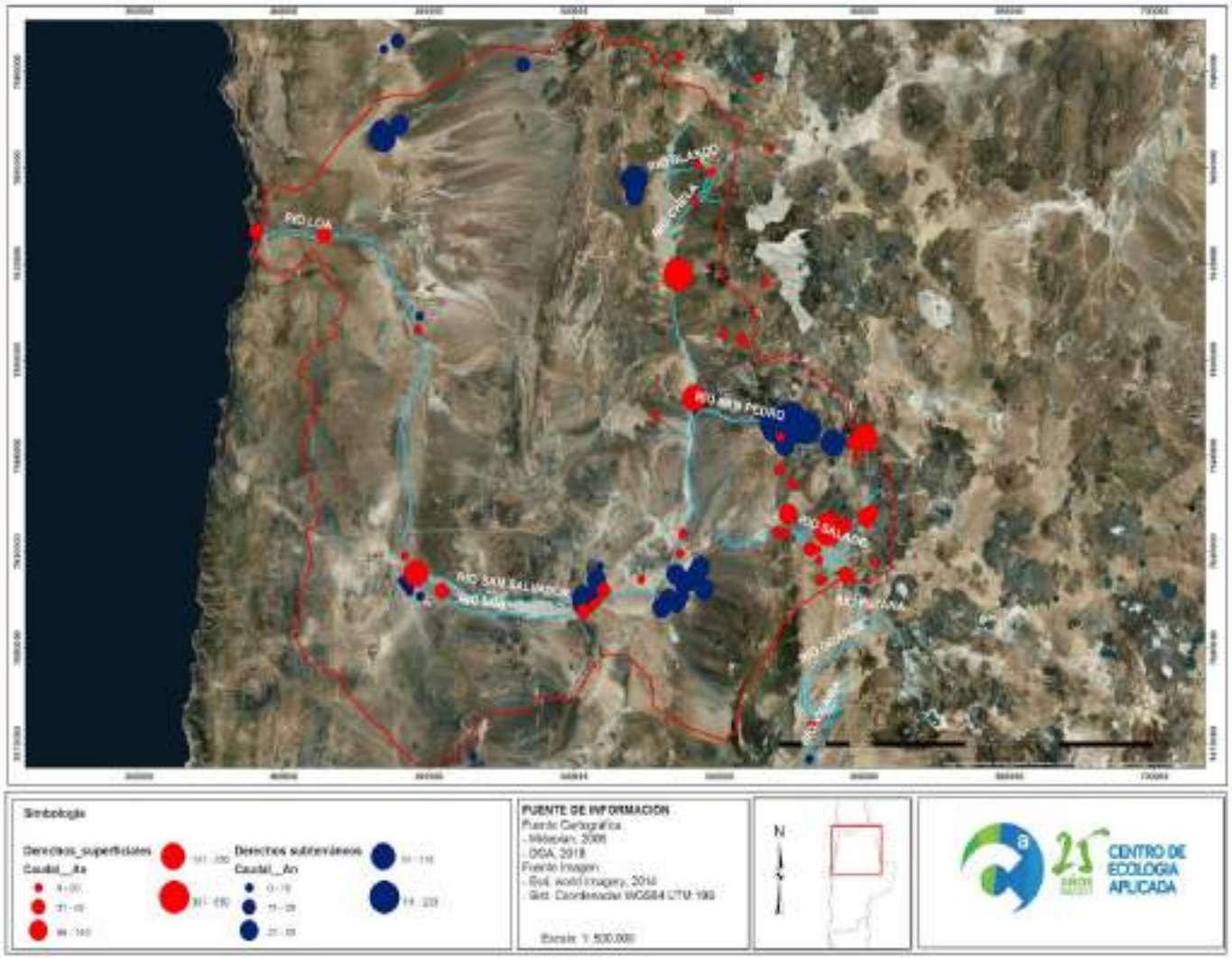


Figura 3.170. Derechos de agua superficiales y subterráneos en la cuenca del río Loa, Fuente DGA.

Tabla 3.90. Derechos de aguas subterráneos otorgados en la cuenca del río loa. Fuente DGA 2019.

Nombre Solicitante	Tipo Derecho	Clasificación Fuente	Uso del Agua	Ejercicio del Derecho	Caudal l/s Anual Prom	UTM Norte Captación (m)	UTM Este Captación (m)	Fecha de registro
COMPAÑIA MINERA PHOENIX S.A.	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	31	7.522.986,30	535.302,54	30/07/1996
LUIS FELIX Y JUAN MAURICIO URRUTICOECHEA E.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	1,4000	7.696.890,00	443.925,00	30/03/1995
COMINOR S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	0,0140	0,00	0,00	27/05/1988
COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	65,8000	7.515.039,00	504.218,00	26/01/2001
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	60	7.660.011,99	433.787,32	24/06/1999
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	65	7.659.096,34	434.559,66	24/06/1999
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	35	7.661.977,00	433.595,34	24/06/1999
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	30	7.663.593,41	439.902,29	24/06/1999
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	31	7.658.924,20	433.144,51	24/06/1999
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	19	7.657.992,30	433.844,15	24/06/1999
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	4,7000	7.660.336,92	431.761,69	23/06/1999
COMPAÑIA MINERA FLOMAX	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	0,3000	7.466.230,00	465.465,00	22/08/1990
SOCIEDAD IMPORTACIONES NORTEAMERICANA LIMITADA Y COMPAÑIA C.P.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	60	7.761.200,00	432.350,00	21/10/1993
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	30	7.521.343,00	508.002,00	19/06/2003
COMPAÑIA DE SERVICIOS DE AGUAS YALQUI LIMITADA	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	40	7.525.516,00	543.655,00	19/01/2004
COMPAÑIA DE SERVICIOS DE AGUAS YALQUI LIMITADA	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	20	7.519.133,00	537.591,00	19/01/2004
COMPAÑIA DE SERVICIOS DE AGUAS YALQUI LIMITADA	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	50	7.515.374,09	532.640,77	19/01/2004
COMPAÑIA DE SERVICIOS DE AGUAS YALQUI LIMITADA	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	35	7.514.189,06	535.386,75	19/01/2004

Nombre Solicitante	Tipo Derecho	Clasificación Fuente	Uso del Agua	Ejercicio del Derecho	Caudal l/s Anual Prom	UTM Norte Captación (m)	UTM Este Captación (m)	Fecha de registro
COMPAÑIA DE SERVICIOS DE AGUAS YALQUI LIMITADA	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	20	7.516.119,00	537.638,00	19/01/2004
COMPAÑIA DE SERVICIOS DE AGUAS YALQUI LIMITADA	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	34	7.520.852,00	539.662,00	19/01/2004
COMPAÑIA DE SERVICIOS DE AGUAS YALQUI LIMITADA	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	30	7.512.629,00	530.295,00	19/01/2004
COMPAÑIA DE SERVICIOS DE AGUAS YALQUI LIMITADA	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	50	7.518.293,00	545.064,00	19/01/2004
COMPAÑIA DE SERVICIOS DE AGUAS YALQUI LIMITADA	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	40	7.523.060,00	542.236,00	19/01/2004
INMOBILIARIA DEL INCA S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	3	7.465.261,00	581.233,00	18/07/2007
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Otros Usos	Permanente y Continuo	2	7.525.654,00	509.045,00	18/04/2008
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	2,6800	7.517.660,00	443.480,00	15/09/1992
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	8	7.517.760,00	443.470,00	15/09/1992
EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE ANTOFAGASTA S.A.	Consuntivo	Acuifero	Bebida/Uso Domestico/Saneamiento	Permanente y Continuo	9	0,00	0,00	15/05/1992
EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE ANTOFAGASTA S.A.	Consuntivo	Acuifero	Bebida/Uso Domestico/Saneamiento	Permanente y Continuo	11	0,00	0,00	15/05/1992
EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE ANTOFAGASTA S.A.	Consuntivo	Acuifero	Bebida/Uso Domestico/Saneamiento	Permanente y Continuo	15	0,00	0,00	15/05/1992
EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE ANTOFAGASTA S.A.	Consuntivo	Acuifero	Bebida/Uso Domestico/Saneamiento	Permanente y Continuo	10	0,00	0,00	15/05/1992
EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE ANTOFAGASTA S.A.	Consuntivo	Acuifero	Bebida/Uso Domestico/Saneamiento	Permanente y Continuo	9	0,00	0,00	15/05/1992
ACF MINERA S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	5	7.687.124,00	434.689,00	15/04/1996
MINERA NUEVA VICTORIA S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	12,5000	7.689.666,00	439.360,00	15/04/1996

Nombre Solicitante	Tipo Derecho	Clasificación Fuente	Uso del Agua	Ejercicio del Derecho	Caudal l/s Anual Prom	UTM Norte Captación (m)	UTM Este Captación (m)	Fecha de registro
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	40	7.568.679,00	571.553,00	15/02/1993
BAIX EBRE S.A.	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	7	7.516.203,72	447.211,81	14/07/2000
SOQUIMICH COMERCIAL S.A.	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	16	7.520.222,66	443.105,46	14/07/2000
COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	45	7.516.370,00	503.227,00	13/02/1998
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	150	7.569.678,00	571.544,00	13/01/1994
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	233	7.568.937,00	580.164,00	12/01/1990
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	58	7.564.078,00	589.391,00	12/01/1990
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	7	7.570.448,00	565.523,00	12/01/1990
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	30	7.563.157,00	572.767,00	12/01/1990
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	90	7.569.175,00	569.693,00	12/01/1990
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	200	7.569.187,00	569.683,00	12/01/1990
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	220	7.569.216,00	577.122,00	12/01/1990
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	220	7.571.998,00	574.819,00	12/01/1990
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	200	7.571.692,00	575.157,00	12/01/1990
COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	49	7.515.083,00	504.057,00	11/07/1995
COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	50	7.515.864,00	502.771,00	11/07/1995
COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	18	7.515.513,00	504.530,00	11/07/1995
COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	47	7.516.070,00	505.550,00	11/07/1995
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	0,2600	7.747.131,62	408.593,99	09/08/1994

Nombre Solicitante	Tipo Derecho	Clasificación Fuente	Uso del Agua	Ejercicio del Derecho	Caudal l/s Anual Prom	UTM Norte Captación (m)	UTM Este Captación (m)	Fecha de registro
S.Q.M. NITRATOS S.A.	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	5	7.519.102,57	442.436,24	08/10/2003
JULIO PALAPE GUAJARDO	Consuntivo	Acuifero	Riego	Permanente y Continuo	0,5800	7.603.649,00	447.113,00	08/10/2003
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	9,5000	7.521.081,43	440.879,26	08/09/2003
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A. SQM S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	1	7.330.000,00	413.446,00	08/04/1991
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A. SQM S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	2,7000	7.326.242,00	411.939,00	08/04/1991
INVERSIONES DON JUAN LIMITADA	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	16,5000	7.515.041,00	503.053,00	07/08/2006
COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	73,2000	7.514.581,00	503.644,00	05/02/2004
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	35	7.641.335,00	521.016,00	03/10/2002
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	110	7.646.475,00	521.530,00	03/10/2002
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	50	7.644.159,00	521.207,00	03/10/2002
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	50	7.642.786,00	521.016,00	03/10/2002
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	9	7.645.239,00	521.930,00	03/10/2002
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	30	7.647.247,00	521.927,00	03/10/2002
CODELCO CHILE DIVISION RADOMIRO TOMIC	Consuntivo	Acuifero	Uso Minero	Permanente y Continuo	60	7.646.220,00	520.448,00	03/10/2002
SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA SEPTENTRION	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Continuo	12	7.682.350,00	482.590,00	02/08/2004
EMBOTELLADORA IQUIQUE S.A.	Consuntivo	Acuifero		Permanente y Discontinuo	5	7.767.676,00	380.579,00	01/08/1996

Folio005661

3.3.2.1 Uso agrícola

El rubro principal de este usuario son los cultivos forrajeros, que corresponden a un 45,5% en la región (ODEPA, 2018), y su riego se hace principalmente por inundación, utilizando cerca de un 8,5% del gasto total del agua en la cuenca (Arrau ingenieros consultores, 2012), Los oasis son preferentemente los lugares donde se desarrolla esta actividad, ya que presenta condiciones favorables para el desarrollo agrícola, sin embargo según representantes de la asociación de agricultores de Calama, el rendimiento solo alcanza a un 30% del potencial, debido a una calidad de aguas deficiente.

A continuación se presentan los canales de regadío presentes en la cuenca del río Loa, información facilitada por la comisión nacional de riego.

Folio005662

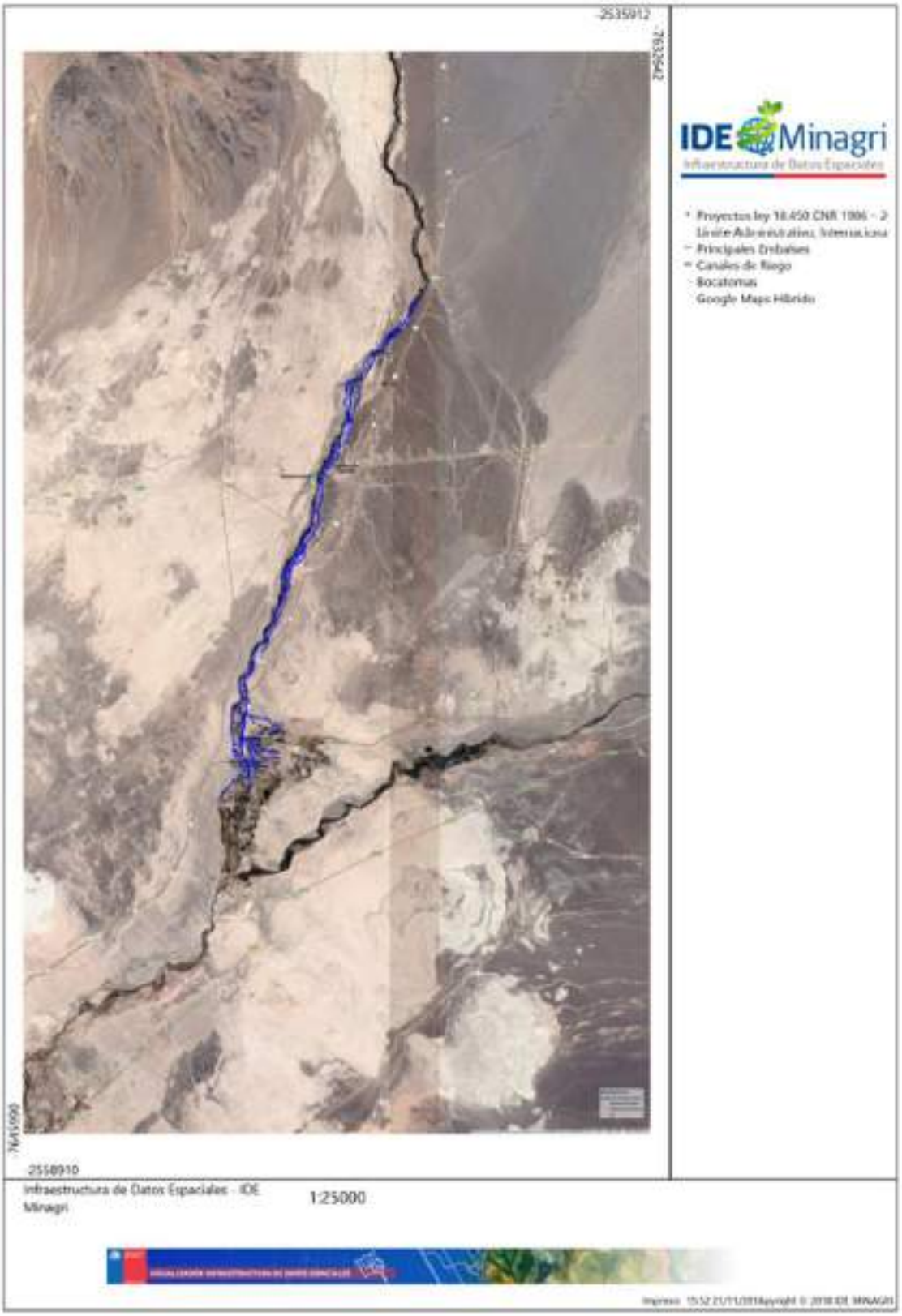


Figura 3.171. Canales de regadío, presentes en Calama, Lasana y Chiu Chiu. Fuente Ministerio de Agricultura.

Folio005663

En muchos casos la agricultura es una actividad de subsistencia para muchas de las comunidades indígenas que habitan en la región, en donde el uso del recurso hídrico es primordial. A pesar de la importancia de esta actividad, la superficie cultivada en la región ha disminuido (ARCADIS, 2016). Adicionalmente, los beneficios económicos que presenta la minería influyen en que las personas tiendan a realizar venta de sus derechos y no puedan ejercer dicha actividad. O bien se han dado otras situaciones, como es el caso de los agricultores de Quillagua, que, producto del episodio de contaminación del río ocurrido en 1997, se vieron en la obligación de vender sus derechos de agua a SQM (ARCADIS, 2016)

3.3.2.2 Uso Minero

La gran minería es un actor protagonista en el uso de aguas en la cuenca, cuyo uso alcanza un 46% de la demanda total (Arrau ingenieros consultores, 2012). Si bien esta actividad es sin duda la más productiva a nivel regional, también es una de las que genera las mayores presiones en distintos sectores del río y sus afluentes. Según datos de la DGA para el uso consuntivo minero, existen derechos de hasta 1160 l/seg en el caso de aprovechamiento de aguas superficiales y 404 litros por segundo por concepto de aguas subterráneas.

Se añade en anexos digitales, el archivo “Derechos_Concedidos_II_Region.xls” que contiene el catastro de los derechos de aprovechamiento de aguas concedidos en la II Región, actualizado en octubre de 2019 por la DGA.

Folio005664

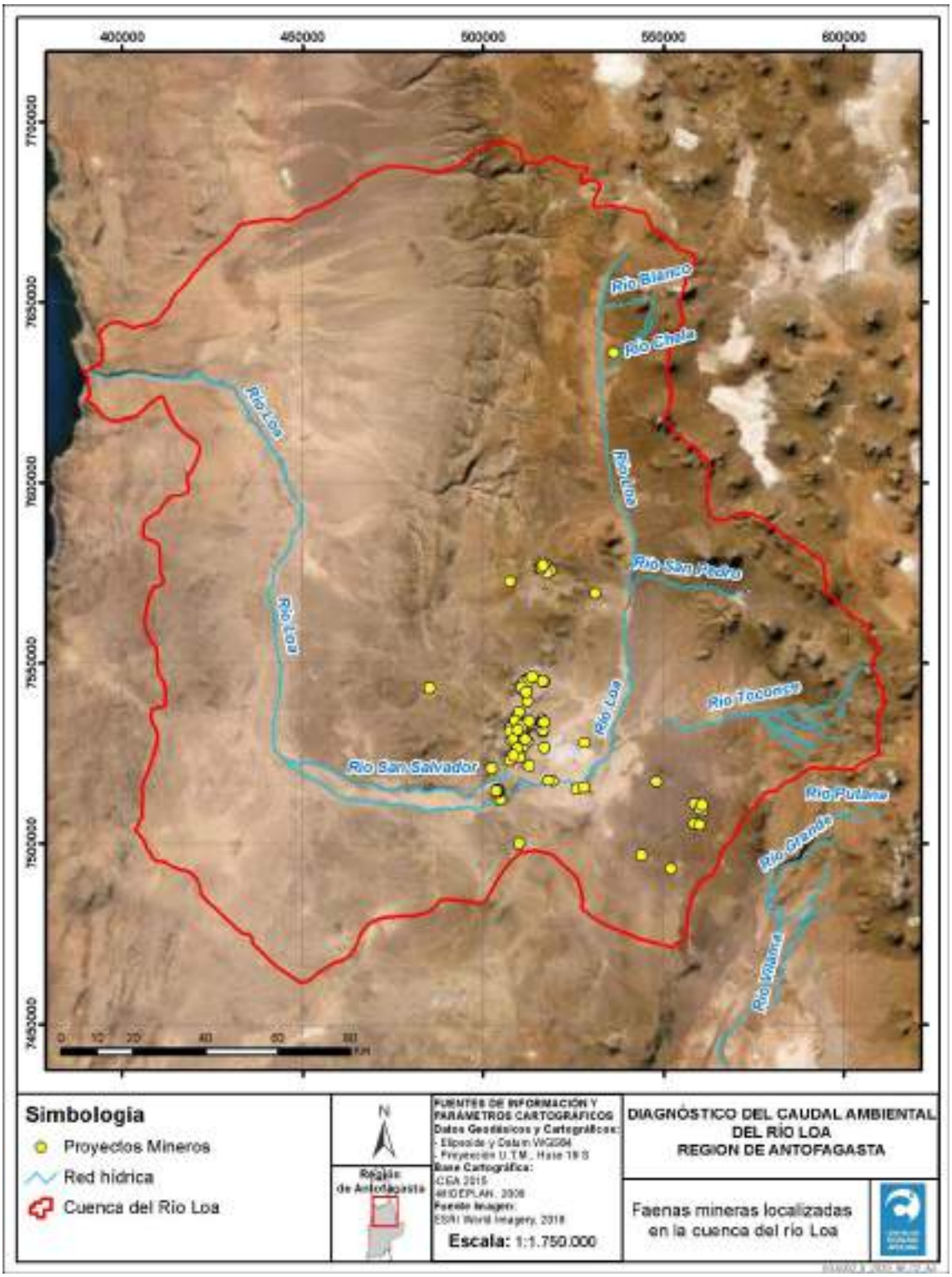


Figura 3.172. Faenas mineras localizadas en la cuenca del río Loa. Fuente: elaboración propia.

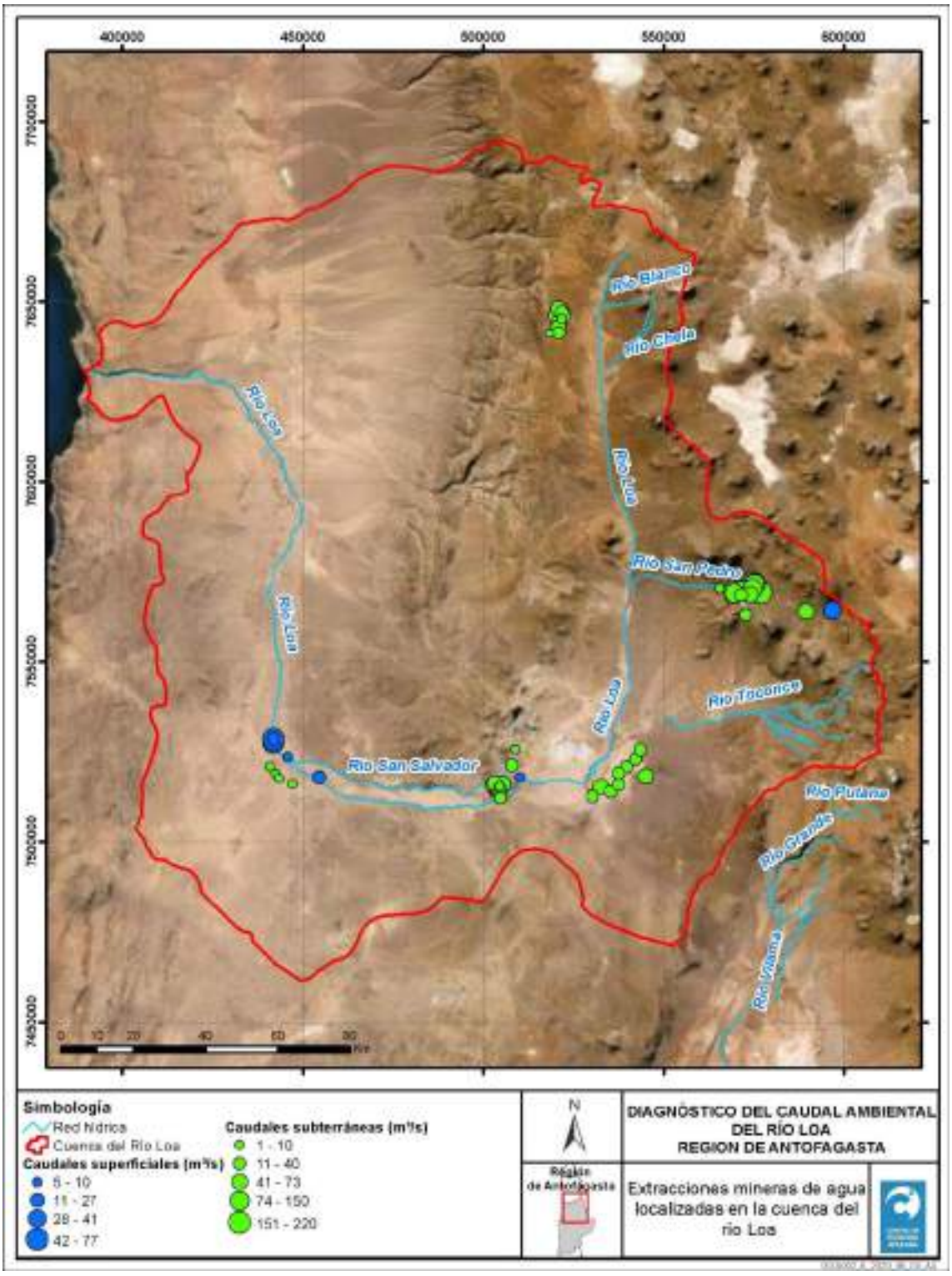


Figura 3.173. Extracciones mineras de agua localizadas en la cuenca del río Loa. Fuente: elaboración propia.

Folio005666

Tabla 3.91. Proyectos mineros presentes en el área de estudio. MMA 2015, complementado con datos DGA 2019.

Nombre	Titular	UTM Este	UTM Norte	Nº RCA
Actividad de Exploración Proyecto Mansa Mina	División Ministro Hales de Codelco Chile	509056.02	7525587	087/2001
Ampliación Lixiviación Secundaria de Ripios	Corporación Nacional del Cobre de Chile, División Radomiro Tomic	516713.01	7544958	0132/2012
Ampliación Planta Santa Margarita	Minera Cerro Dominador S.A.	525813	7515134	0082/2004
Ampliación y Desarrollo de Faenas Mineras en Tuina	Explotadora Minera del Cerro S.A	560561.99	7509134	0078/2008
Aumento de la Capacidad de Producción de Sulfuros de Baja Ley	Codelco Chile, División Chuquicamata	512336.02	7528435	055/2002
Aumento de la Producción de Sulfato de Cobre Cristalizado	Sulfatos del Norte S.A.	558562.31	7511134.2	0217/2005
Botadero de Lastre 2	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA	517620.71	7577235.6	066/2002
Campamento Proyecto Súlfuros RT Fase I División Codelco Norte	División Ministro Hales de Codelco Chile	507859.98	7528630	0174/2010
Cantera Zorro 8 y zorro9 de Mármoles San Márino	Juan Antonio iribarren Diaz	519422.02	7517349	0067/2004
Captación y Abatimiento de Arsénico en Gases Fugitivos de Horno Flash	Codelco Chile, División Chuquicamata	511746.63	7532366.9	47/1999
Continuidad Operacional Planta PRECO - 2	Codelco Chile, División Chuquicamata	516606.03	7531238	0372/2008
Expansión Radomiro Tomic	Codelco Chile División Radomiro Tomic	510306.03	7543187	06/1998
Exploración Minera Andes Centrales II Región	WMC Chile S.A.	485193.01	7543269	205/2000
Exploración Tuina	Inversiones North (Chile) Ltda.	548020.08	7517288.3	114/1998
Explotación Mina Dinko	BCJ Servicios Mineros Ltda	558409.03	7505632	0340/2007
Explotación Subterranea Mina Rulita	Minera Antares S.A.	559911.99	7509734	0272/2009
Explotación y Transporte de Mineral desde los Yacimientos Mineros San José y San Martín hasta la Planta Santa Margarita	Minera Cerro Dominador S.A.	559902.04	7505359.9	0016/2005
Extracción y Movimiento de Minerales Mina Radomiro Tomic Quinquenio 2008-2012	División Ministro Hales de Codelco Chile	511999.99	7542000	0309/2008
Lixiviación de mineral de baja ley, ROM II	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA	536266.03	7636044	0068/2005
Lixiviación de Minerales de Baja Ley Dump 2	Codelco Chile División Radomiro Tomic	512240.98	7545613	0216/2002
Lixiviación de Minerales de Baja Ley, Dump 2, Fase III	División Ministro Hales de Codelco Chile	511502.04	7544959	0276/2006
Lixiviación de Minerales de Baja Ley, Dump 2, Fases IV-V	División Ministro Hales de Codelco Chile	512343.05	7544849	0418/2009
LIXIVIACIÓN DE SULFUROS SULFOLIX	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA	531016.97	7569421	0114/2008
MANEJO Y TRATAMIENTO GASES PLANTA DE TOSTACIÓN DE MOLIBDENITA	Codelco Chile, División Chuquicamata	511844.98	7532763	0163/2003
Mansa Mina	División Ministro Hales de Codelco Chile	512830.01	7521679	0311/2005
Mina Chuquicamata Subterránea	Codelco Chile, División Chuquicamata	516812.98	7526634	0288/2010
Mina El Abra	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA	518672.97	7575807	048/1995
Mina Pampita	Minera Cerro Dominador S.A.	560554.02	7510951	246/2012
Modernización Planta de Reactivos Concentradoras A-0 A-1 y A-2	Codelco Chile, División Chuquicamata	510657.02	7532583	093/2001
Modificación Actividades de Exploración Proyecto Mansa Mina: "Extracción y Transporte Temporal de Muestras de Mineral de Mansa Mina para pruebas de	División Ministro Hales de Codelco Chile	507313	7523134	0200/2003

Nombre	Titular	UTM Este	UTM Norte	Nº RCA
biolixiviación en Planta Prototipo de ACL"				
Modificación de la lixiviación de depósitos de baja ley, ROM I	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA	516801.96	7576559	0224/2007
Modificación Proyecto El Abra Lixiviación Depósito de Baja Ley (ROM)	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA	517733.96	7575247	036/2001
Modificaciones Mina Ministro Hales	División Ministro Hales de Codelco Chile	509535.97	7527110	0240/2010
Nuevo Escenario Operacional de Procesamiento de Concentrado de la División Ministro Hales	Corporación Nacional Del Cobre de Chile	508000.03	7528843	0057/2013
Optimización Concentradora A-2	Codelco Chile, División Chuquicamata	508462.97	7532814	047/2002
Optimización de la capacidad de la Concentradora A-0 a Través de la Reutilización de sus Equipos Existentes	Codelco Chile, División Chuquicamata	508539.97	7532728	0400/2002
Optimización Faena Minera Lomas Bayas Pozo CMG-1	Compañía Minera Xstrata Lomas Bayas	504770.05	7512280	298/2001
Optimización Integral Concentradora A-2	Codelco Chile, División Chuquicamata	507313.03	7532134	0055/2003
Optimización Sistema de Conducción y Distribución de Relave en Tranque Talabre	Codelco Chile, División Chuquicamata	528000.02	7527999.9	126/2000
Planta de Abatimiento de Arsénico y Antimonio para el Tratamiento de Polvos de Fundición y Efluentes de Refinería	Ecometales Limited Agencia en Chile	516349.01	7533613	0086/2009
Planta de Recuperación de Molibdeno	Ecometales Limited Agencia en Chile	516461.04	7534269	074/2012
Planta Prototipo BioCOP	Ecometales Limited Agencia en Chile	516276.99	7533594.9	239/2001
Planta Tratamiento Minerales Pila	Codelco Chile, División Chuquicamata	511456.02	7529337	0097/2003
Procesamiento de Óxidos DMH	Corporación Nacional Del Cobre de Chile	510000.05	7524000	0237/2012
Prospección Minera Explotación Subterranea Yacimiento Chuquicamata	Codelco Chile, División Chuquicamata	509893	7536450	0386/2008
Prospecto de Exploración Manto Rojo	Minera Cyprus Amax Chile Ltda.	507293.05	7572723	108/98
Prospecto de Exploración Moctezuma	Minera Cyprus Amax Chile Ltda.	509877.99	7500292	ago-99
Proyecto de Inversiones Mineras Mármol Travertino	Standard Uno S.A.	517973.04	7517484	ene-02
Proyecto Mina Radomiro Tomic	Codelco Chile División Radomiro Tomic	512400	7539468	0015/1996
PROYECTO QUETENA	Codelco Chile, División Chuquicamata	502363.05	7520905	dic-13
Reinicio de la Operación de la Planta de Renio. Subgerencia de Concentración	Codelco Chile, División Chuquicamata	507859.98	7528630	0301/2010
Santa Margarita	Minera Cerro Dominador S.A.	527813.04	7515634	ago-04
Sondajes de Prospección Ingenieria de Detalle Explotación Subterránea del Yacimiento Chuquicamata	Codelco Chile, División Chuquicamata	509946.99	7533563	0352/2009
Sondajes de Prospección Proyecto MMH Profundo	División Ministro Hales de Codelco Chile	507956.03	7528782	0350/2008
Sondajes de Prospección y Exploración Distrito Codelco Norte	Codelco Chile, División Chuquicamata	507859.98	7528630	0195/2010
Transformación Planta de Escorias	Codelco Chile, División Chuquicamata	510715.99	7532670	165/2001
Traslado Estación de Chancado E4 a Banco 2445	Codelco Chile, División Chuquicamata	508773.95	7534151	178/2001
Tratamiento de Impurezas en Ánodos y Cátodos de División Codelco Norte	Codelco Chile, División Chuquicamata	511302.99	7532297	0435/2008
Tratamiento Fracción Gruesa Relaves Frescos en Planta de Tratamiento de Residuos Mineros	Ecometales Limited Agencia en Chile	516563.04	7531490	087/2013

Nombre	Titular	UTM Este	UTM Norte	Nº RCA
Tratamientos Ripios Aglomerados Mina Sur	Codelco Chile, División Chuquicamata	509106.96	7530816	385/1995
Ampliación Planta de Extracción y Procesamiento de Áridos en Pozo Lastrero	Morteros y Áridos Dry Mix Ltda.	543902	7497022	0331/2013
Modificación del Botadero de Lastre N°2	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA	515719.99	7576477	0253/2007
Planta Industrial de Biolixiviación	Ecometales Limited Agencia en Chile	516350.04	7533614	0215/2005
Lixiviación Secundaria de Ripios	Codelco Chile División Radomiro Tomic	513570	7546319	115/1998
RT Sulfuros	Codelco Chile División Radomiro Tomic	516614	7545063	0022/2016
Continuidad de sondajes de prospección y exploración División Ministro Hales	División Ministro Hales de Codelco Chile	507837	7528561	0428/2014
Aumento Áreas de Lixiviación, sector Quebrada Portezuelo	Codelco Chile, División Chuquicamata	513010	7533459	0397/2015
Aumento Capacidad de Tratamiento de Efluentes de Fundición	Codelco Chile, División Chuquicamata	507393	7531195	0640/2014
Botadero de Estériles en Interior Extensión Norte Mina sur (ENMS)	Codelco Chile, División Chuquicamata	510650	7531198	0603/2014
Continuidad Operacional PTMP: Lixiviación de Ripios y Procesamiento de Nuevos Recursos	Codelco Chile, División Chuquicamata	510943	7527255	0018/2015
Mejoramiento Matriz de Sustentabilidad de Recursos Geológicos, Actualización Modelo Geometalurgicos y Geotécnicos.	Codelco Chile División Radomiro Tomic	510775	7543469	0209/2015
Reposición Planta Tratamiento de Escorias	Codelco Chile, División Chuquicamata	510740	7532742	0500/2015
Extracción y Procesamiento de Áridos Sector Aguada de la Teca	Áridos San Pedro SpA	551955	7493182	0163/2016
Proyecto Ampliación Botadero de Lastre 02	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA	516614	7578033	0501/2015
Lixiviación de Ripios y Recursos Artificiales	Codelco Chile, División Chuquicamata	511007	7527028	0325/2016
Plan de Sondaje Delineamiento Quinquenal Exploratorio DMH	División Ministro Hales de Codelco Chile	508440	7529082	012/2017
Optimización Procesamiento División Ministro Hales	División Ministro Hales de Codelco Chile	509422	7526489	0424/2016
Lixiviación de concentrados	Ecometales Limited Agencia en Chile	516780	7533741	0276/2016
Aumento Capacidad de Beneficio en Planta de Tostación	División Ministro Hales de Codelco Chile	511631	7529020	0335/2017
Adecuaciones Constructivas y Operacionales del PMCHS	Codelco Chile, División Chuquicamata	512831	7533992	0473/2017
Modificaciones al Proyecto Extracción y Movimiento de Minerales Mina Radomiro Tomic	Codelco Chile División Radomiro Tomic	511962	7542189	0207/2018
Botadero de Lastre Cerro Turquesa	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA	516034	7576523	0087/2019
Optimización Planta Tratamiento Minerales en Pila (PTMP)	Codelco Chile, División Chuquicamata	509623	7531589	0066/2019
Plan Integral de Sondajes Exploratorios DMH 2019 - 2029	División Ministro Hales de Codelco Chile	508377	7524557	0044/2019
Modificación del Depósito de Baja Ley, ROM I	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL ABRA	516571	7577277	0162/2019
ANTOFAGASTA MINERALS S.A.	ANTOFAGASTA MINERALS S.A.	504023	7514329	2244/2018
ANTOFAGASTA MINERALS S.A.	ANTOFAGASTA MINERALS S.A.	503895	7514520	2256/2018
ANTOFAGASTA MINERALS S.A.	ANTOFAGASTA MINERALS S.A.	504277	7514962	2257/2018
ANTOFAGASTA MINERALS S.A.	ANTOFAGASTA MINERALS S.A.	503891	7514881	2258/2018
ANTOFAGASTA MINERALS S.A.	ANTOFAGASTA MINERALS S.A.	503644	7514581	2259/2018

Folio005669

Estas importantes extracciones generan una baja en el caudal, lo que tiene como consecuencia una merma en la calidad de agua, aumentando la salinidad y favoreciendo el estancamiento de ésta en algunos sectores de la cuenca.

3.3.2.3 Uso para agua potable

Este usuario en la cuenca realiza un uso del 18% del total de la demanda (Arrau ingenieros consultores, 2012), y es usada principalmente para abastecer a las ciudades de la región de Antofagasta.

La empresa encargada de este uso cuenta con un sistema de abastecimiento de agua superficial el que se denomina Gran Sistema Norte (GSN), el cual satisface la demanda de las ciudades de la región de Antofagasta. El Gran Sistema Norte está formado por 4 captaciones; la Captación Toconce ubicada en la zona alta recibe además los caudales provenientes de las cuencas Hojalar y Linzor y el resto de las captaciones Lequena, Quinchamale y Puente Negro se encuentran en el río Loa. Además de estas captaciones se dispone de dos entregas de agua por parte de la empresa CODELCO, denominada San Pedro de Inacaliri I y II. Aguas Antofagasta tiene un total de derechos de aproximadamente 1.666 l/s, correspondientes a fuentes actuales de la empresa (CONIC-BF, 2015).

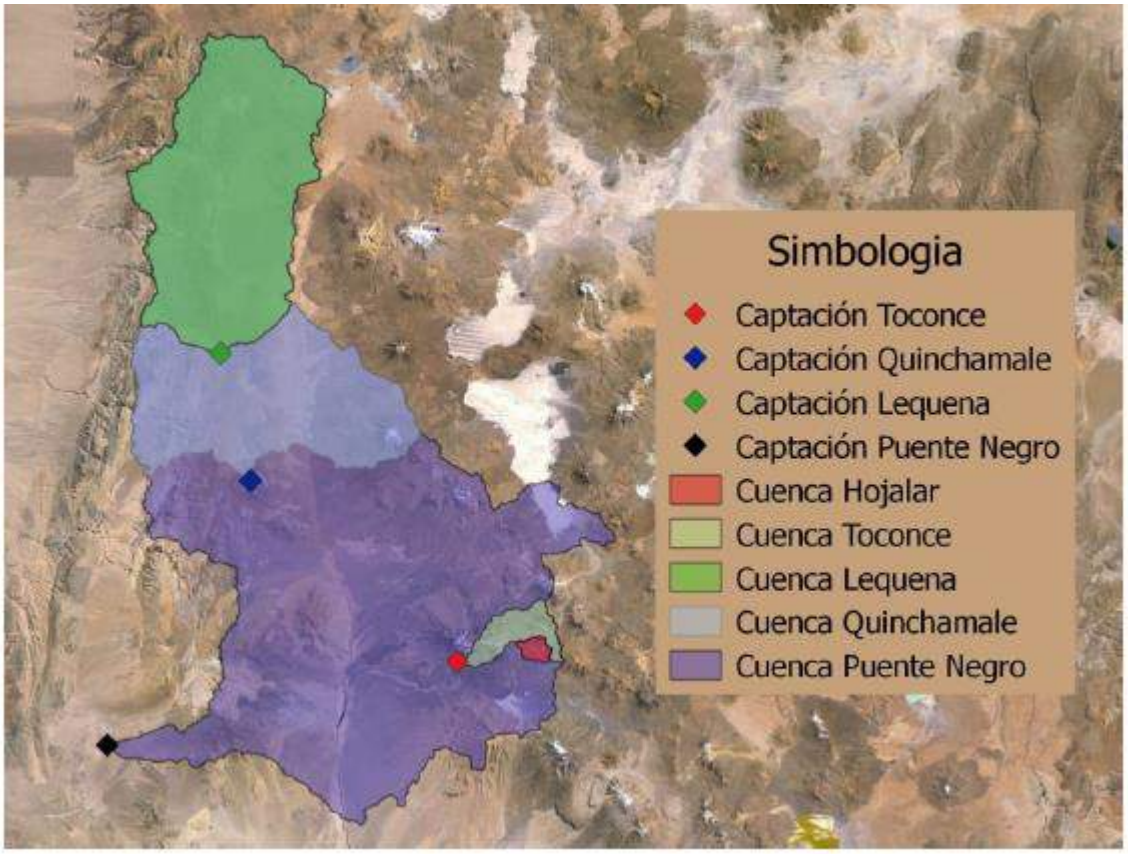


Figura 3.174. Captaciónes de Aguas Antofagasta, Fuente CONIC-BF 2015

Folio005670

Tabla 3.92. Coordenadas captación gran sistema norte Aguas Antofagasta

Captación	Coordenadas (WGS84 UTM 19 S)	
	Este	Norte
Captación Toconce	560.102,09	7.579.341,58
Captación Quinchamale	523.086,90	7.607.782,63
Captación Lequena	512.276,42	7.633.058,16
Captación Puente Negro	523.086,90	7.607.782,63

3.3.2.4 Cercanía a sectores urbanos.

A lo largo del trayecto del río Loa y sus afluentes se emplazan asentamientos urbanos que tienen un impacto negativo en relación con la contaminación por conceptos de basura. A nivel nacional, en todos los ríos se han observados ítemes de basura flotando, siendo el río Loa el que presenta mayor contaminación flotante, en partícular en sectores cercanos a la ciudad de Calama y también en los sectores aledaños al balneario coya sur (Honorato-Zimmer, Martin Thiel 2017).

Durante las primeras campañas de terreno se ha logrado registrar que los sectores mayormente afectados por este tipo de contaminación son los sectores de Chiu Chiu, Calama y Coya sur. Esto se hace particularmente notorio bajo la junta del río loa con el río San Salvador, tributario que recibe las aguas residuales de Calama de la planta de tratamiento Tratacal justamente en quebrada Quetena.

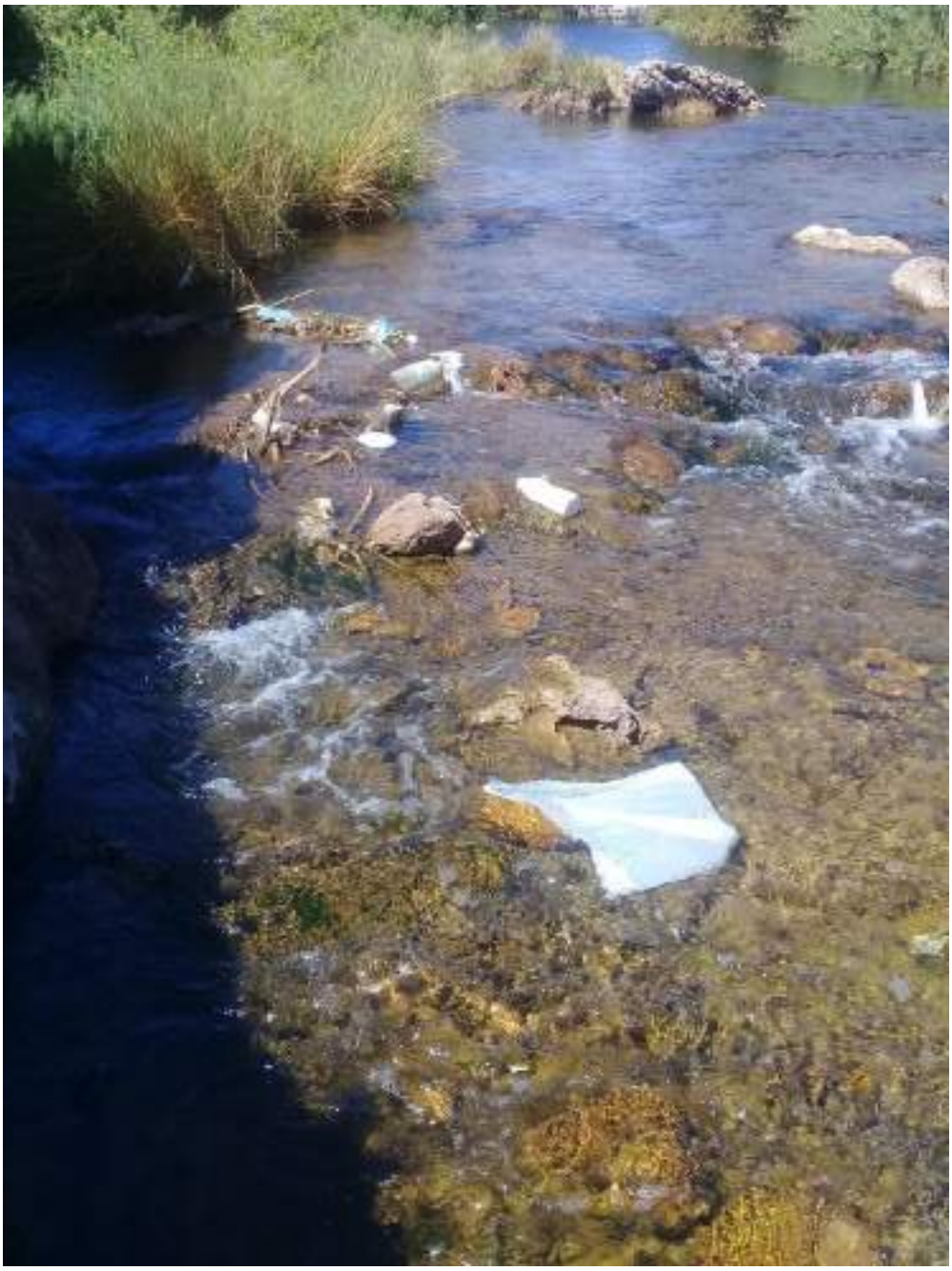


Figura 3.175. Basura flotante, río Loa sector ojos de opache.

Figura 3.176. Basura sector rivereño río Salado, Chiu Chiu.

Folio005673

Figura 3.177. Contaminación por aguas residuales con carga orgánica río Loa, aguas abajo balneario Coya Sur

Folio005674

A continuación, se realiza un análisis de las presiones considerando sus interacciones y consecuencias según lo planteado en la Figura 3.169.

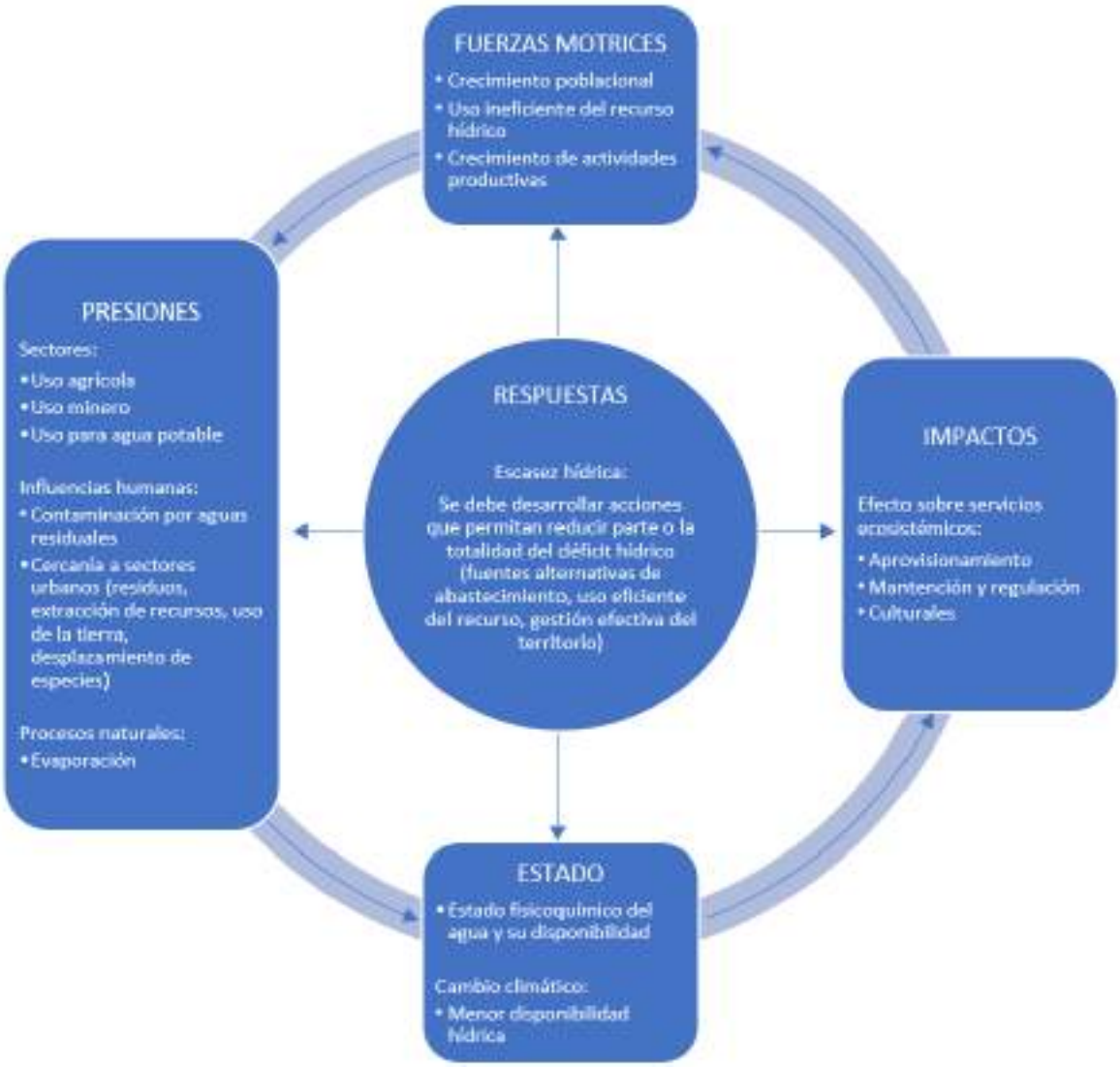


Figura 3.178. Análisis de presiones según sus interacciones y consecuencias. (Fuente: elaboración propia a partir de esquema de MMA, 2018)

Folio005675

3.3.3 Análisis hidrológico de la cuenca

3.3.3.1 Régimen del río

3.3.3.1.1 Series de caudales medios mensuales

Considerando las estaciones fluviométricas de la DGA, que corresponden a las con mayor extensión en el tiempo y cobertura en la cuenca, se generan gráficos tridimensionales para poder visualizar y analizar la tendencia de los datos. A continuación, entre la Figura 3.179 y la Figura 3.193, se muestran graficados los datos de las estaciones seleccionadas.

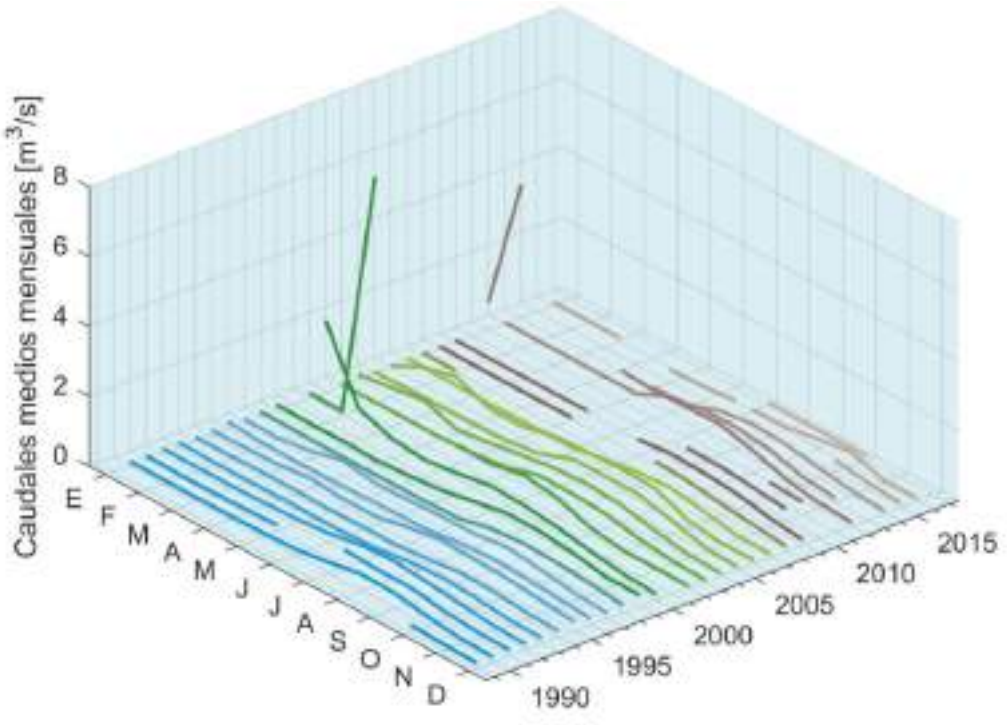


Figura 3.179. Registros históricos de estación fluviométrica de la DGA, Río Loa en desembocadura

Folio005676

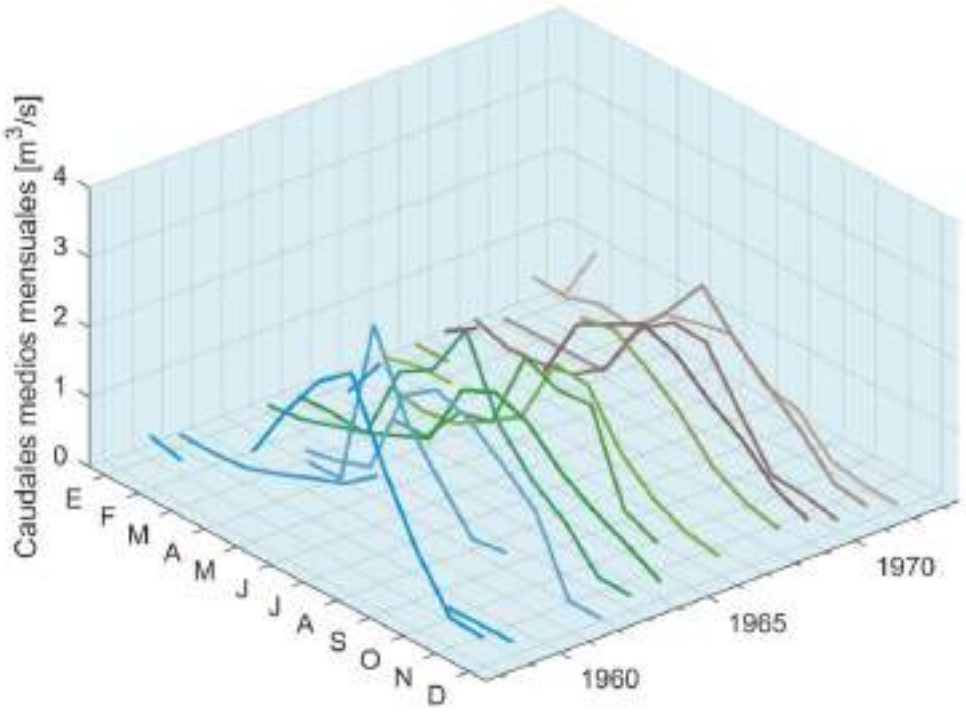


Figura 3.180. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río Loa en Quillagüa.

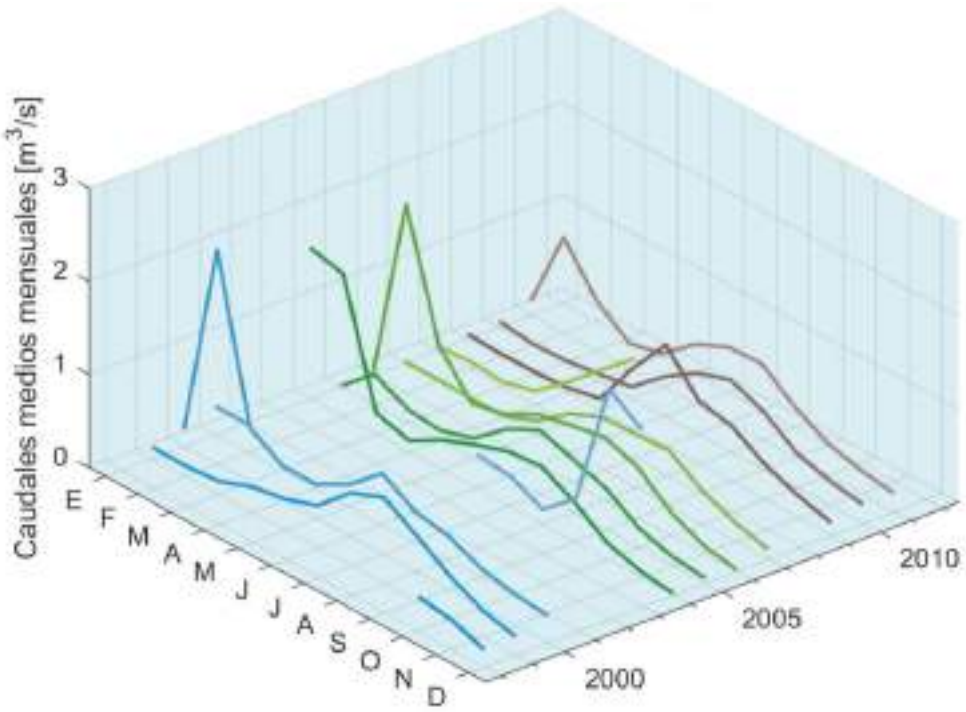


Figura 3.181. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río Loa antes zona agrícola de Quillagüa.

Folio005677

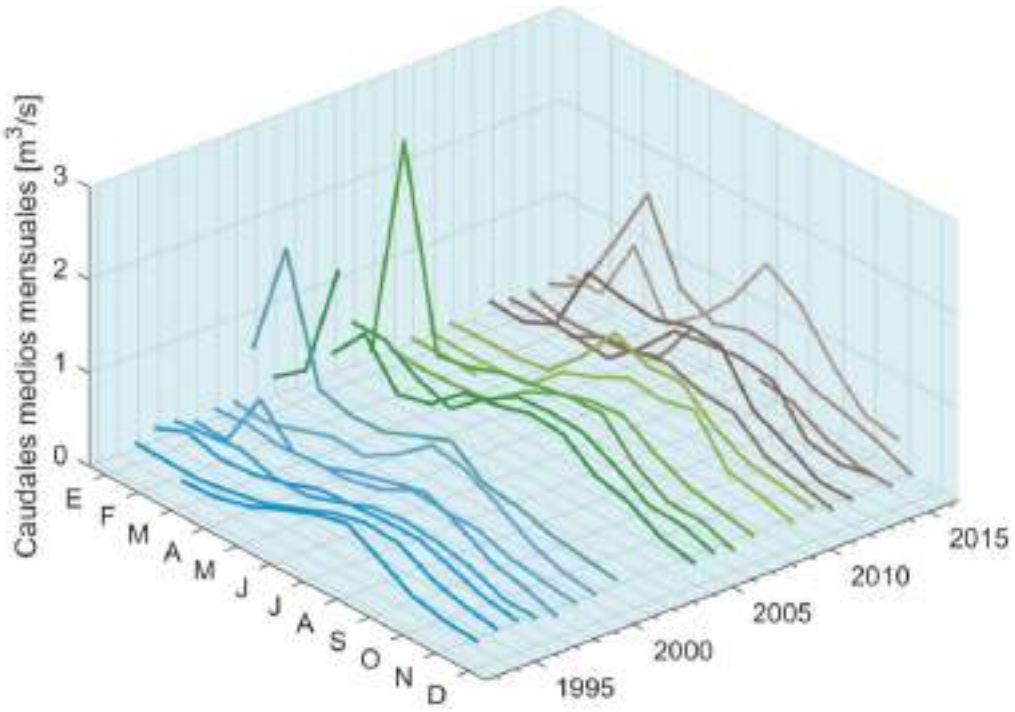


Figura 3.182. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río Loa después junta San Salvador (María Elena).

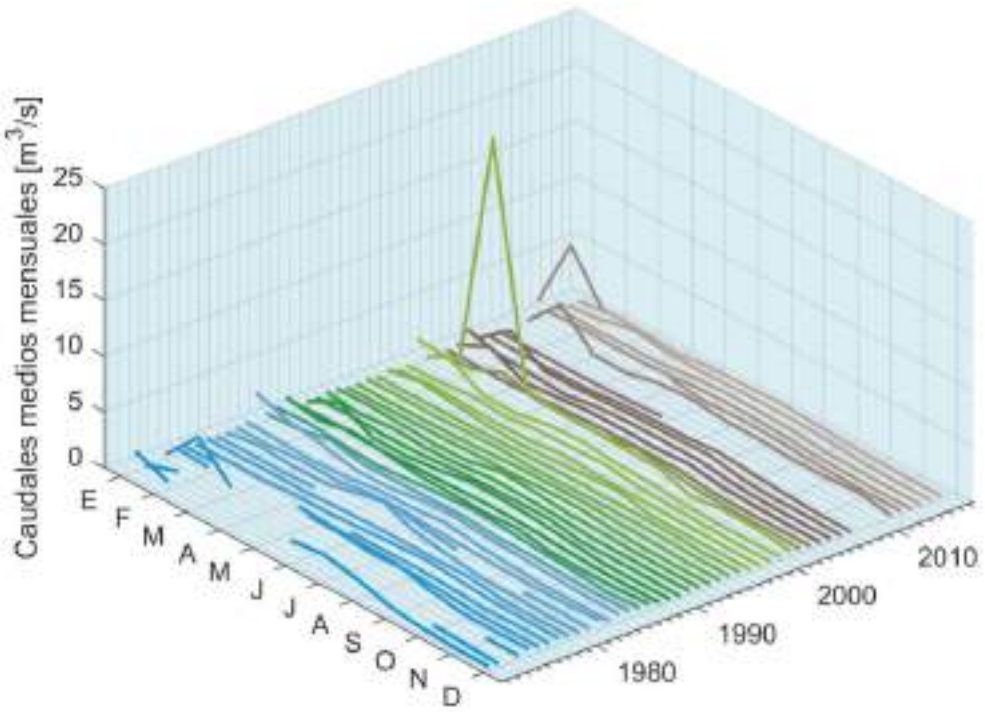


Figura 3.183. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río Loa en Finca.

Folio005678

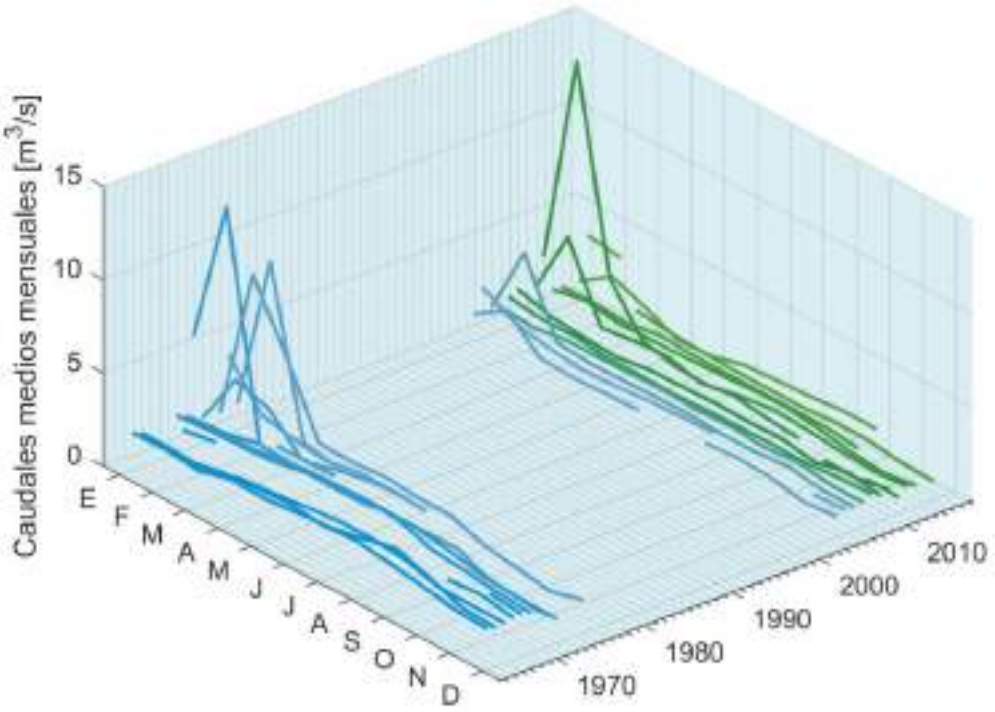


Figura 3.184. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río Loa en Escorial.

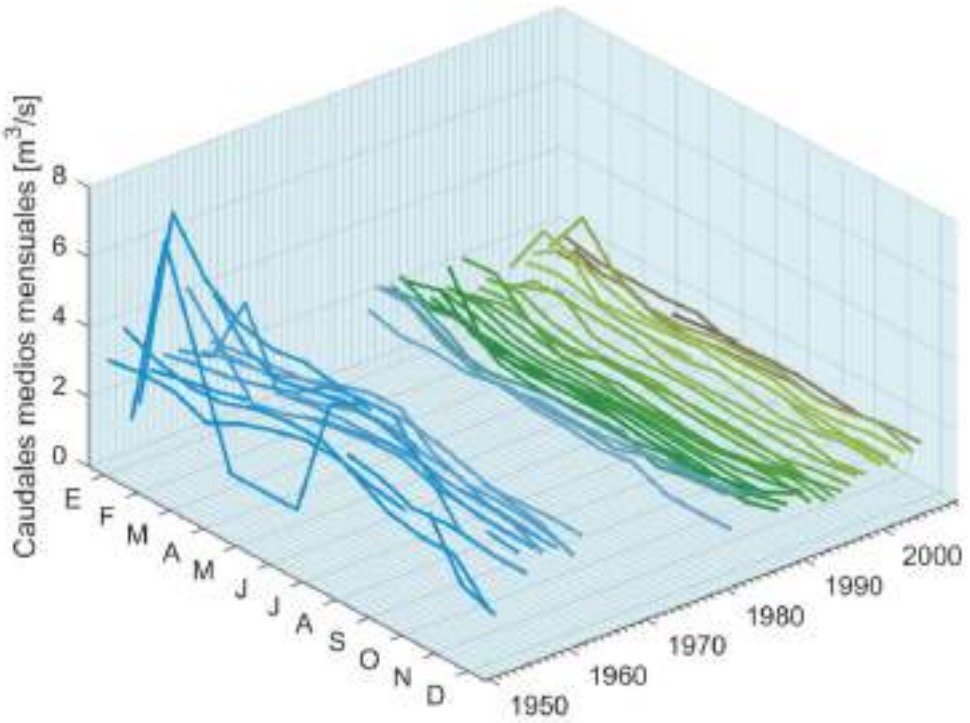


Figura 3.185. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río Loa en Yalquincha.

Folio005679

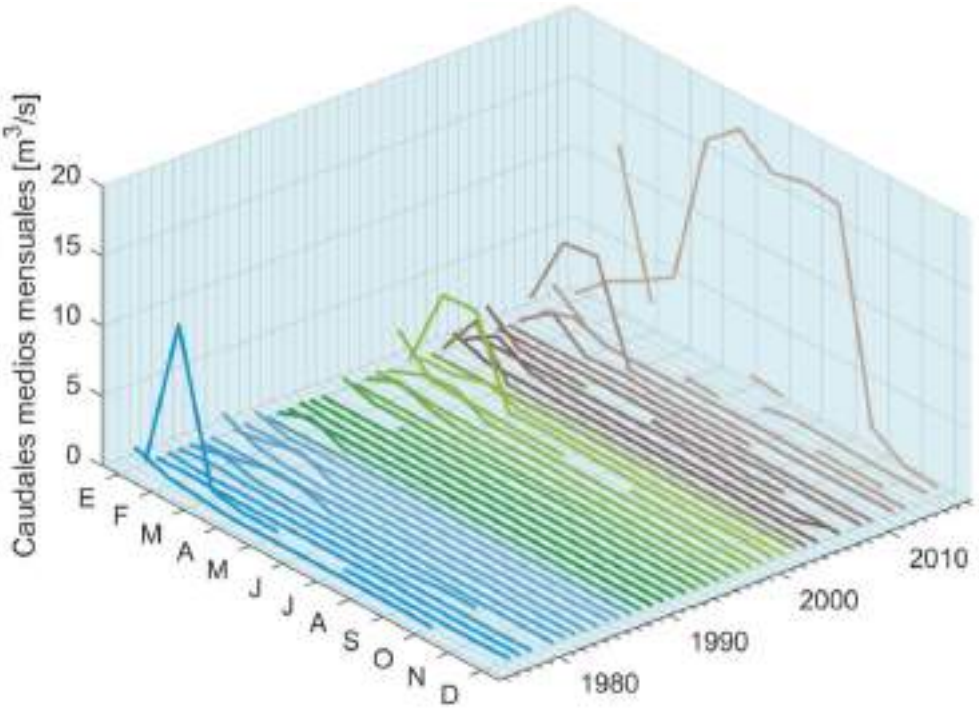


Figura 3.186. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río Salado antes junta Curti.

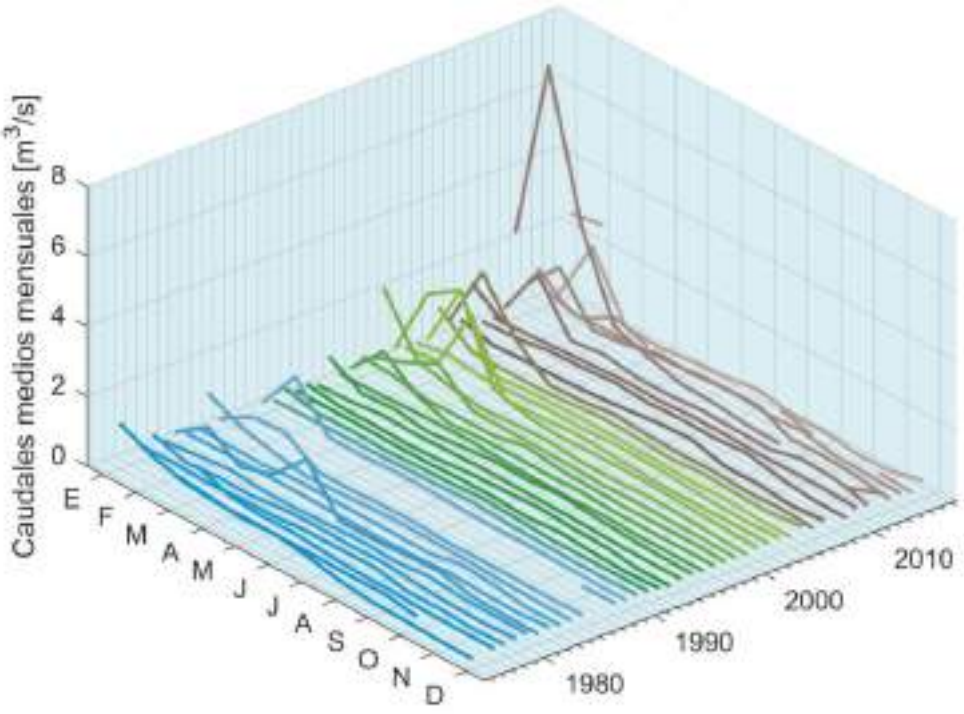


Figura 3.187. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río Salado Sifón Ayquina.

Folio005680

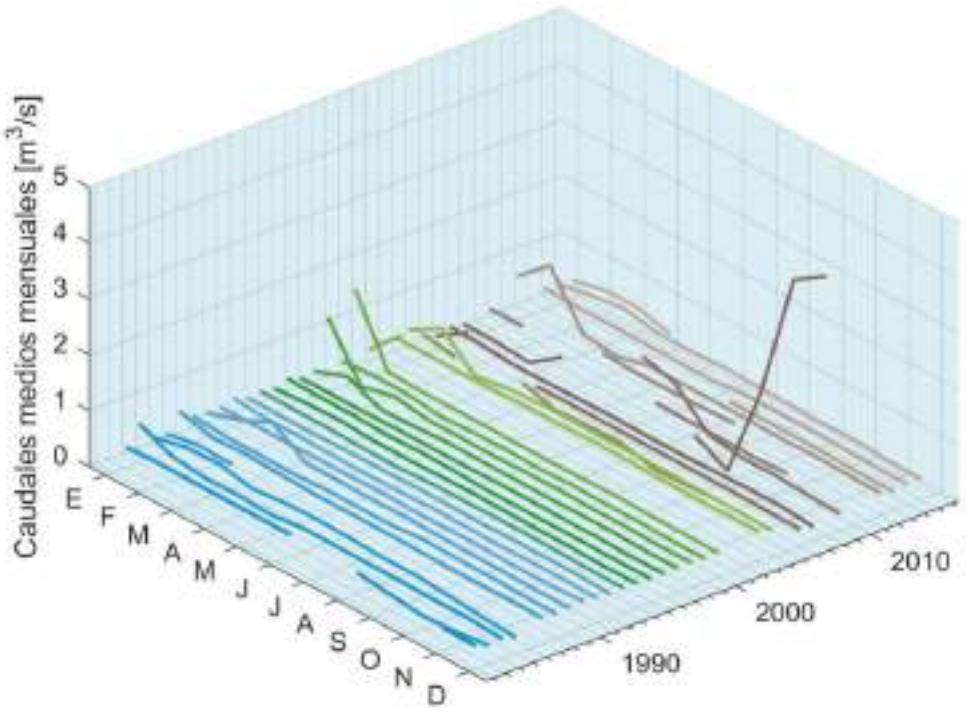


Figura 3.188. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río Toconce antes Represa Sendos

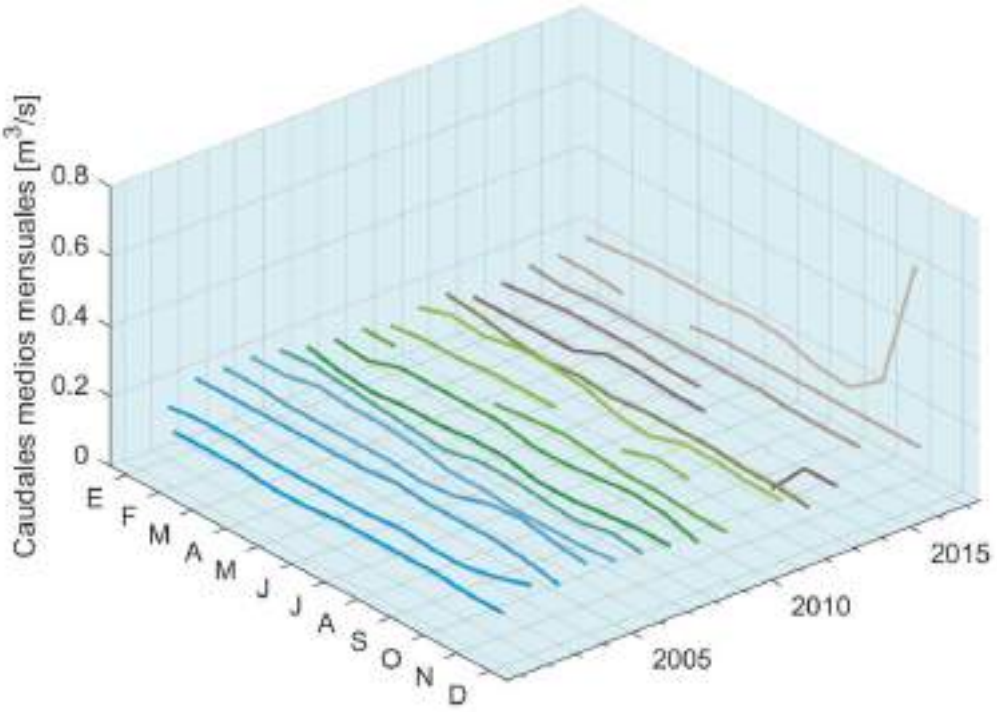


Figura 3.189. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río Siloli antes BT FCAB.

Folio005681

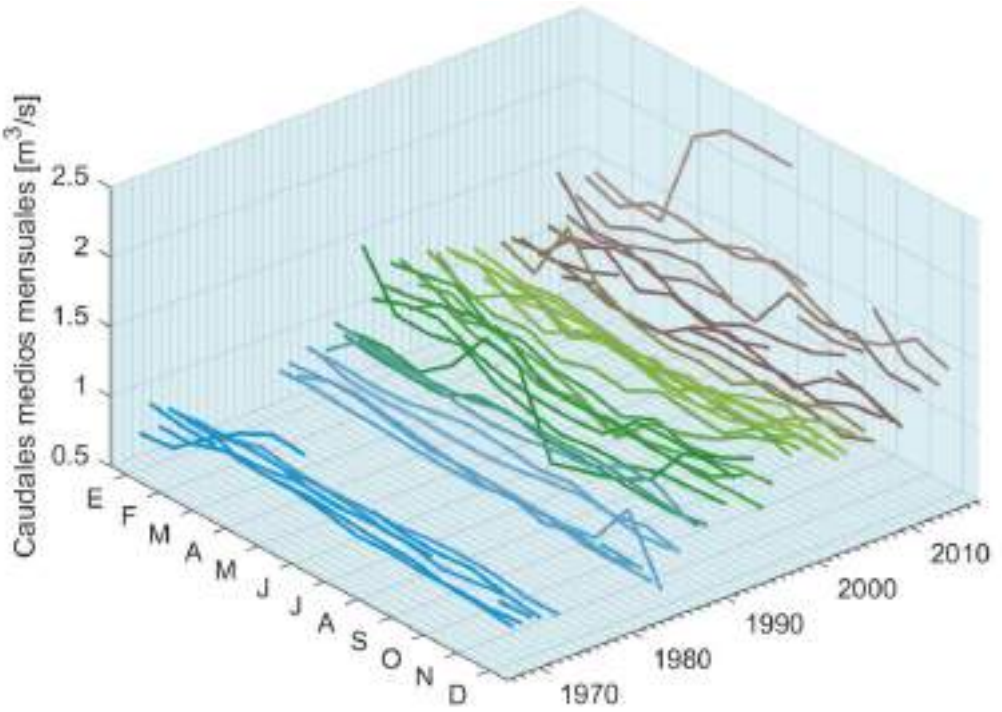


Figura 3.190. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río San Pedro Parshall N°1.

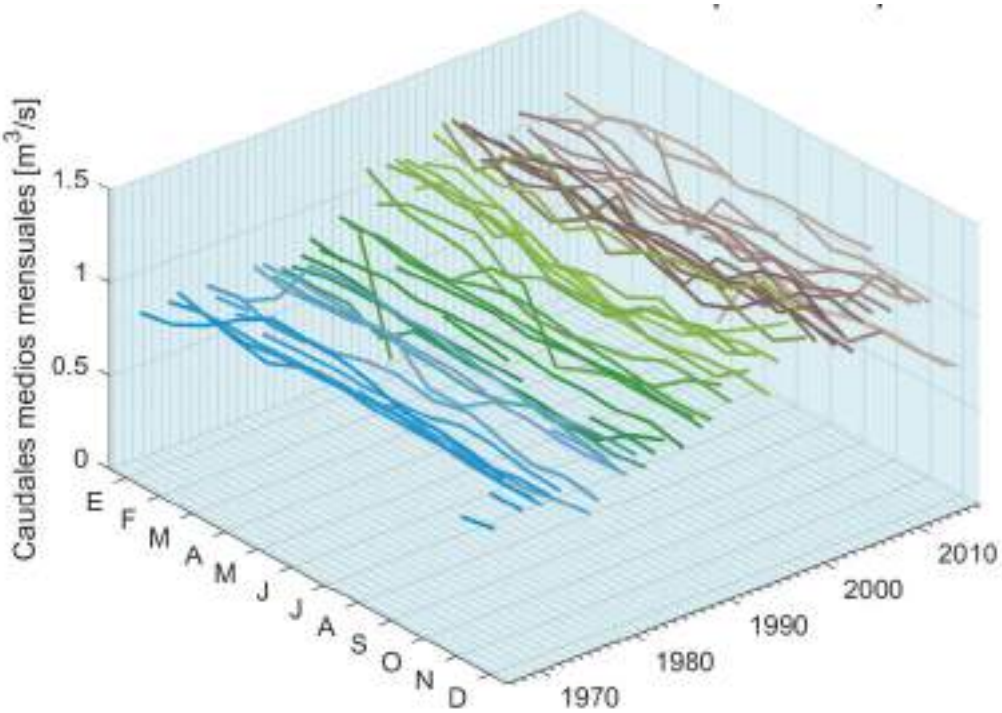


Figura 3.191. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río San Pedro Parshall N°2.

Folio005682

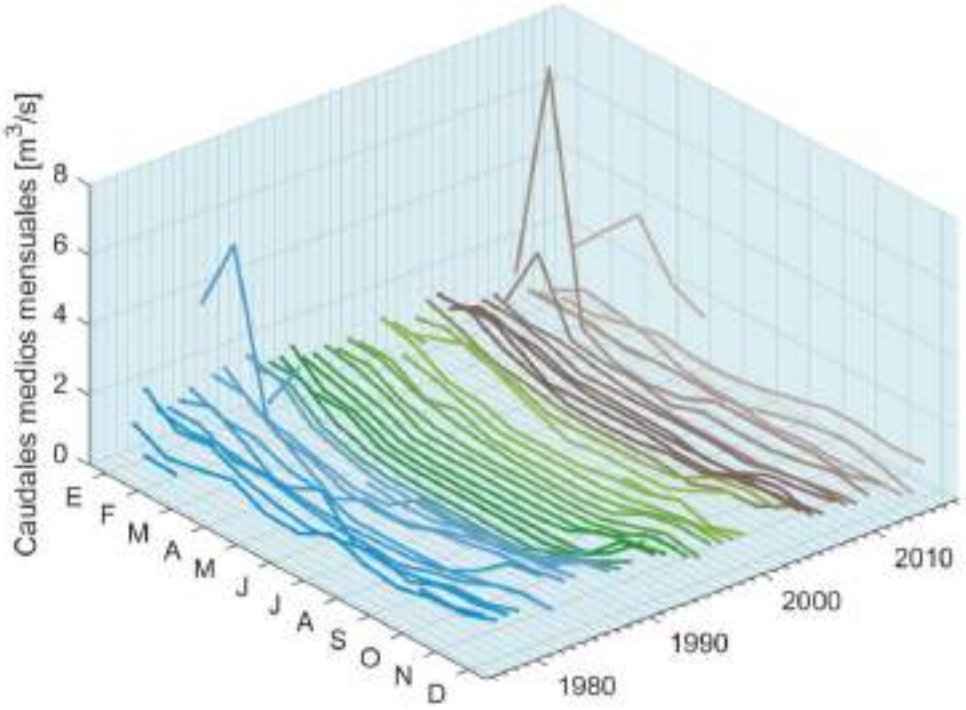


Figura 3.192. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río Loa en Salida Embalse Conchi.

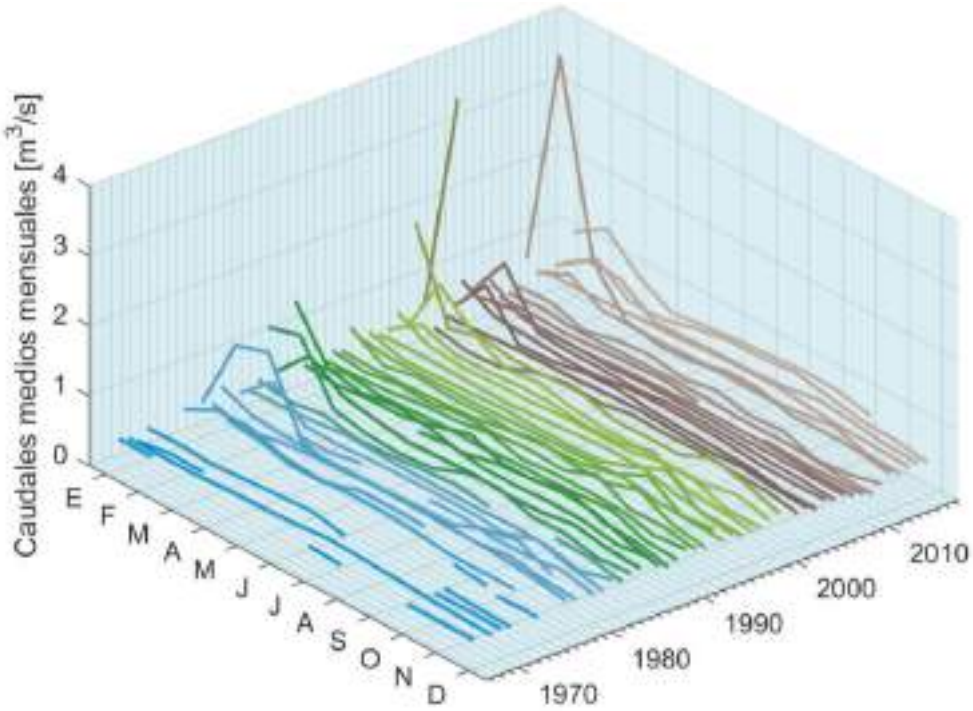


Figura 3.193. Registros históricos estación fluviométrica de la DGA, Río Loa antes Represa Lequena.

3.3.3.1.2 Curvas de variación estacional

Con los datos de caudales medios mensuales, graficados en el punto anterior, se realizó un análisis de frecuencias para poder entender de mejor manera el comportamiento estacional del río a lo largo de su desarrollo. Se consideran las probabilidades de excedencia de 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 85% y 95%, y se grafican considerando el año hidrológico comprendido entre abril y marzo.

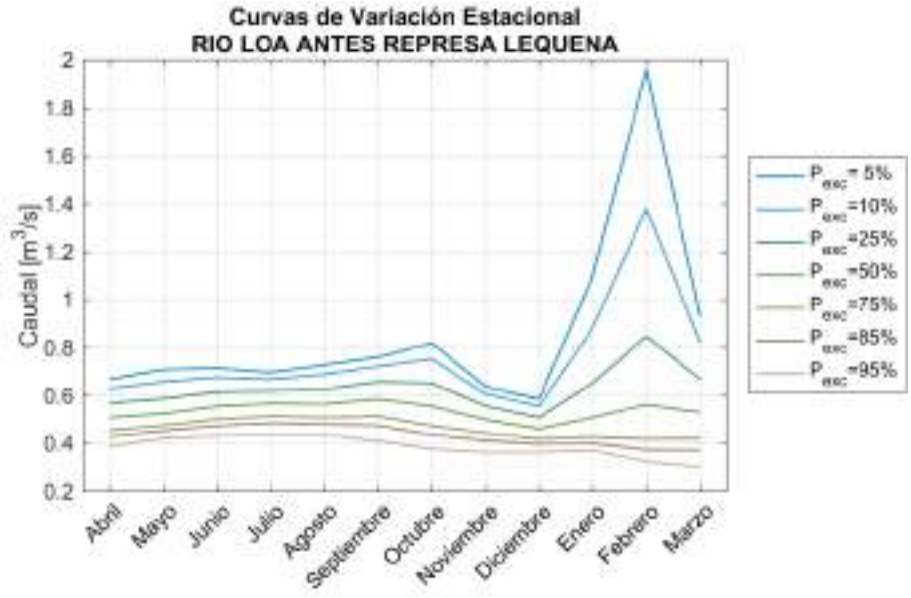


Figura 3.194. Curvas de variación estacional, Río Loa antes Represa Lequena.

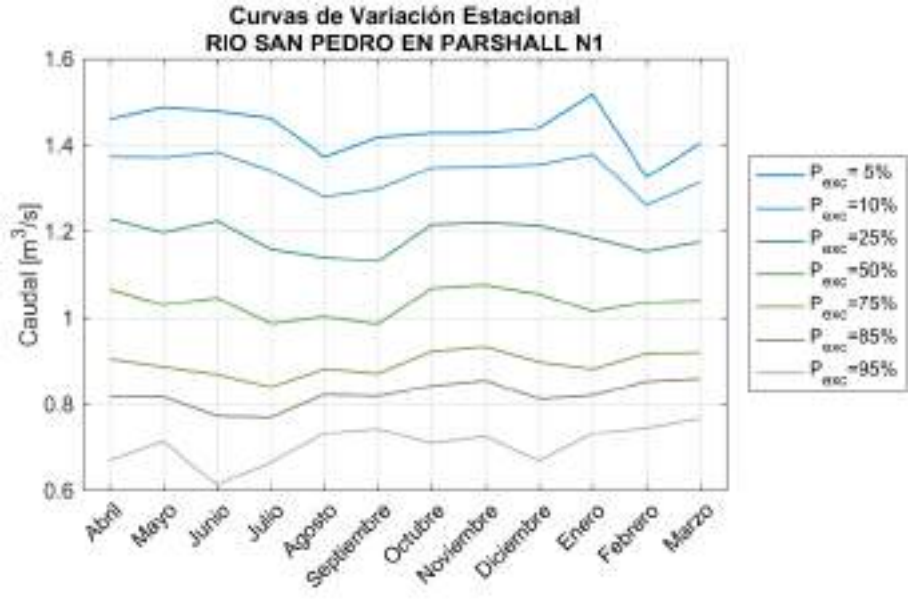


Figura 3.195. Curvas de variación estacional, Río San Pedro en Parshall N°1.

Folio005684

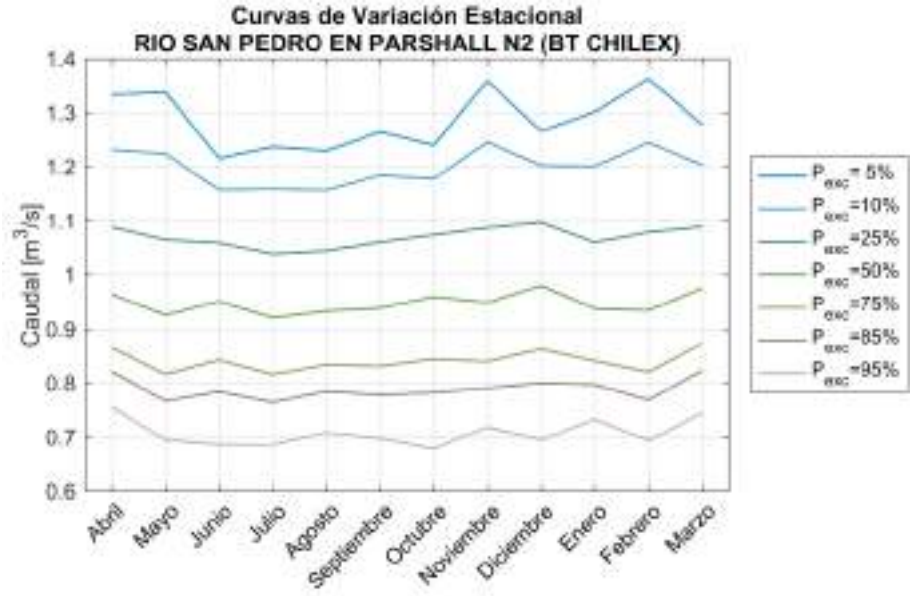


Figura 3.196. Curvas de variación estacional, Río San Pedro en Parshall N°2.

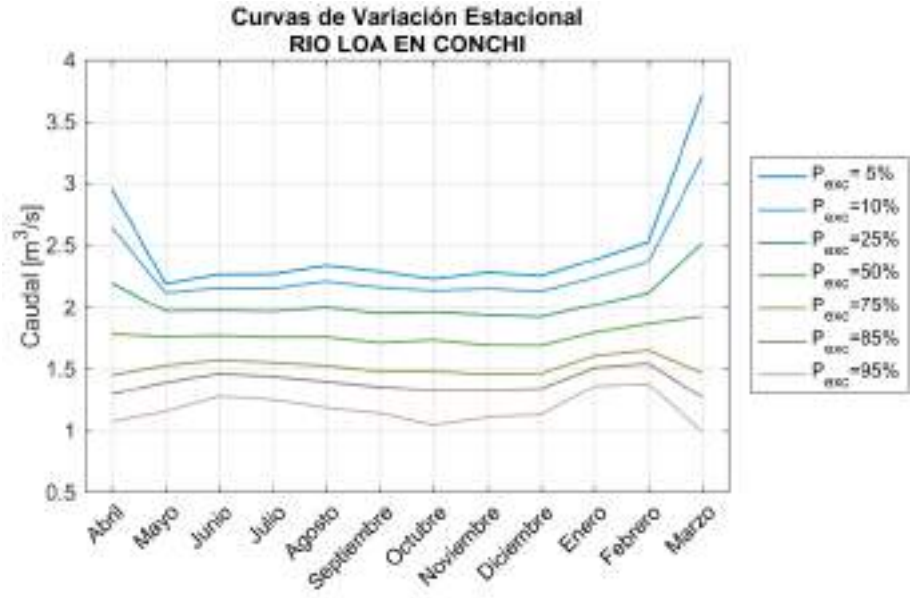


Figura 3.197. Curvas de variación estacional, Río Loa en Conchi.

Folio005685

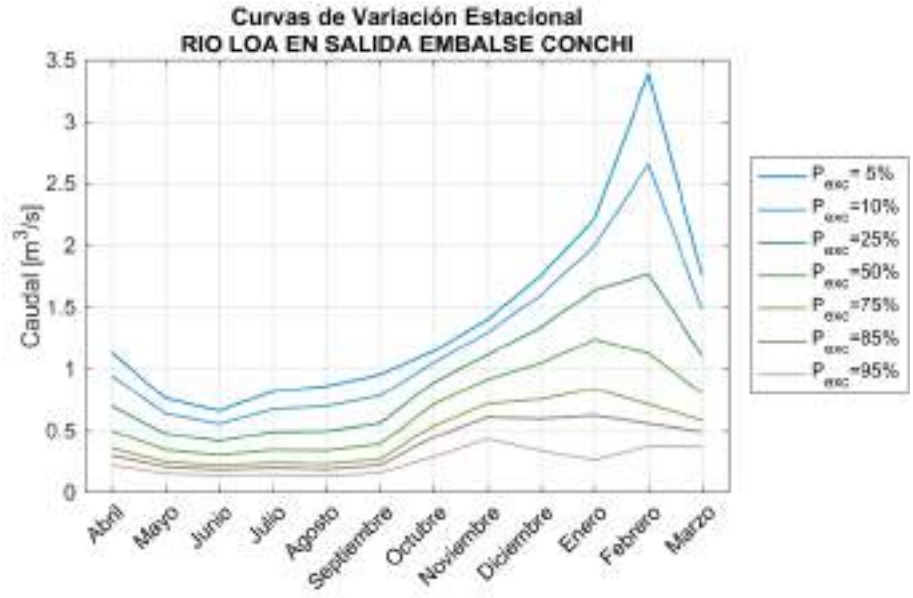


Figura 3.198. Curvas de variación estacional, Río Loa en salida embalse Conchi.

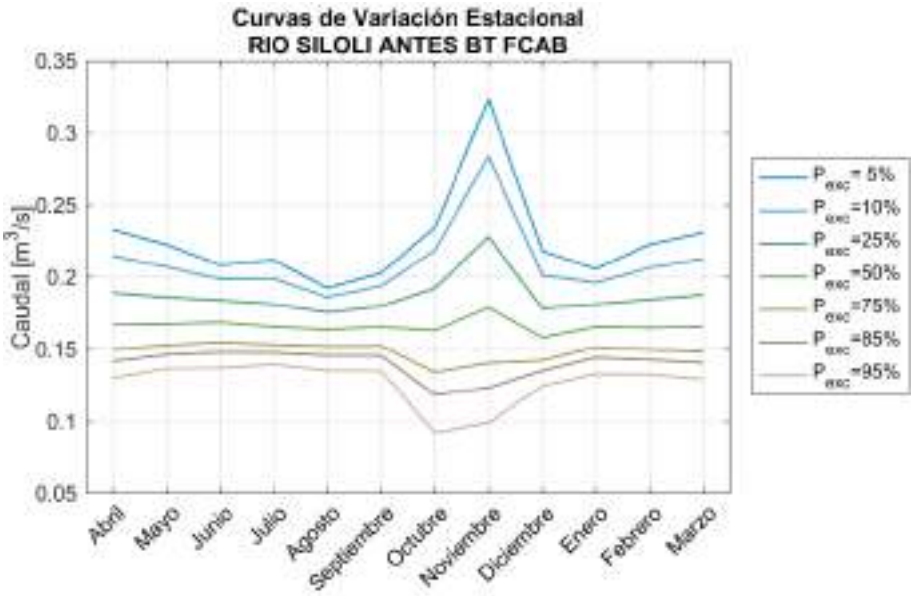


Figura 3.199. Curvas de variación estacional, Río Siloli antes BT FCAB.

Folio005686

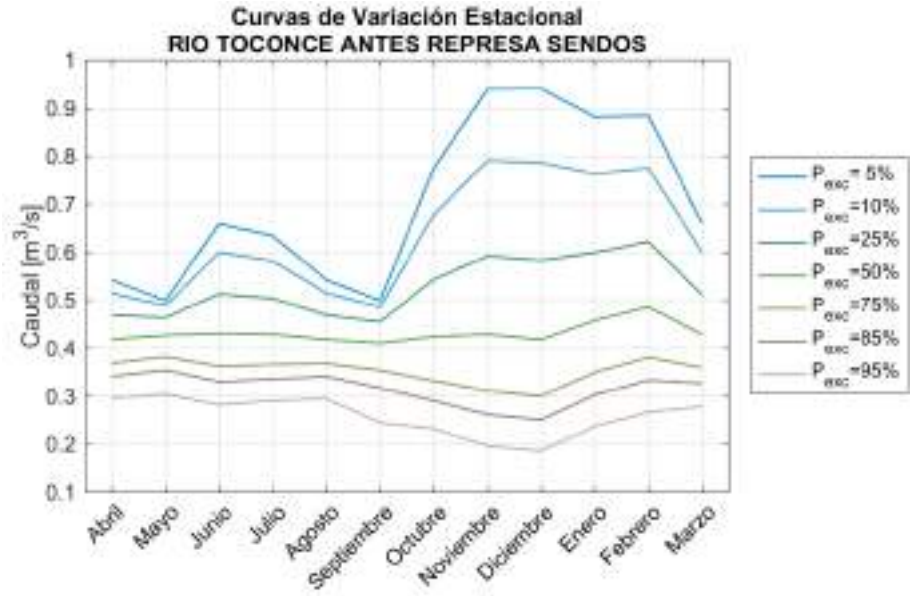


Figura 3.200. Curvas de variación estacional, Río Toconce antes Represa Sendos.

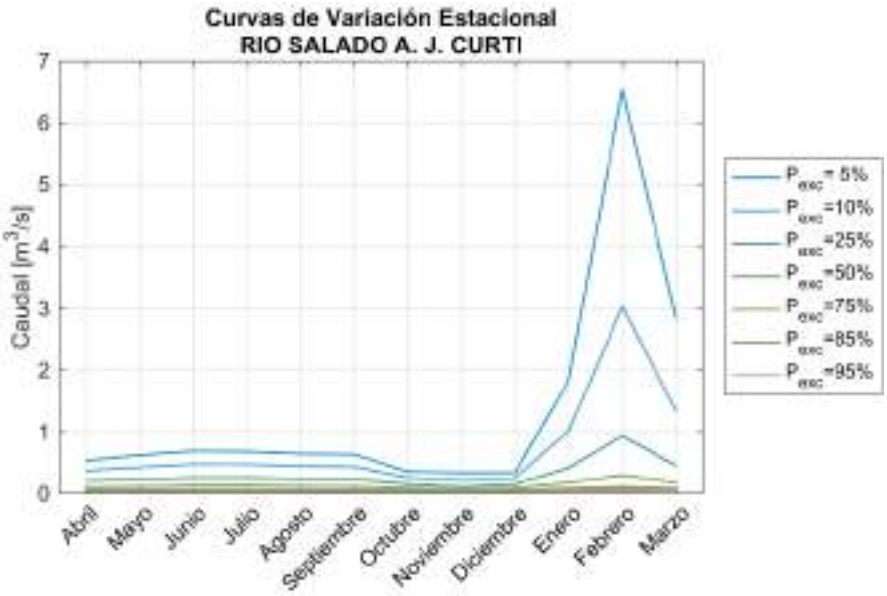


Figura 3.201. Curvas de variación estacional, Río Salado antes junta Curti.

Folio005687

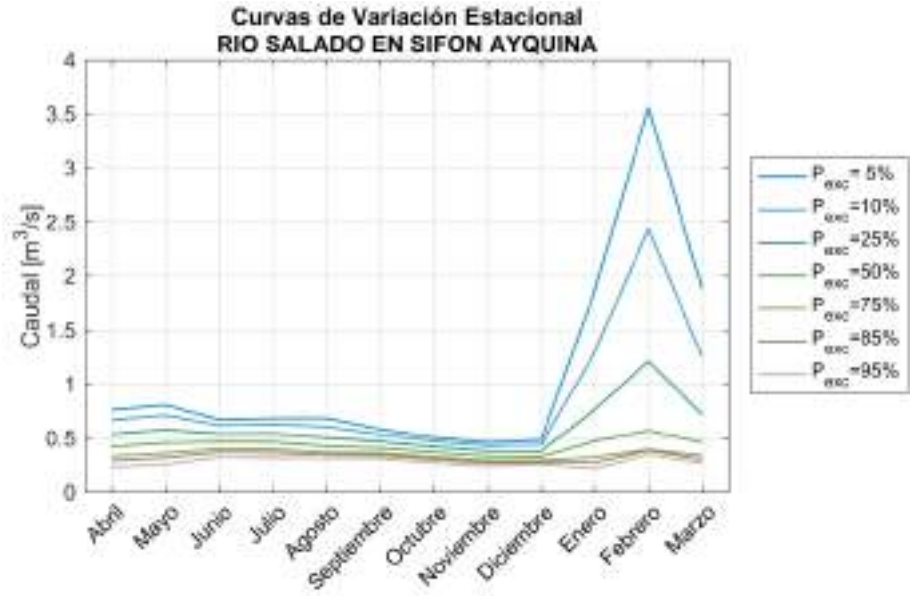


Figura 3.202. Curvas de variación estacional, Río Salado en sifón Ayquina.

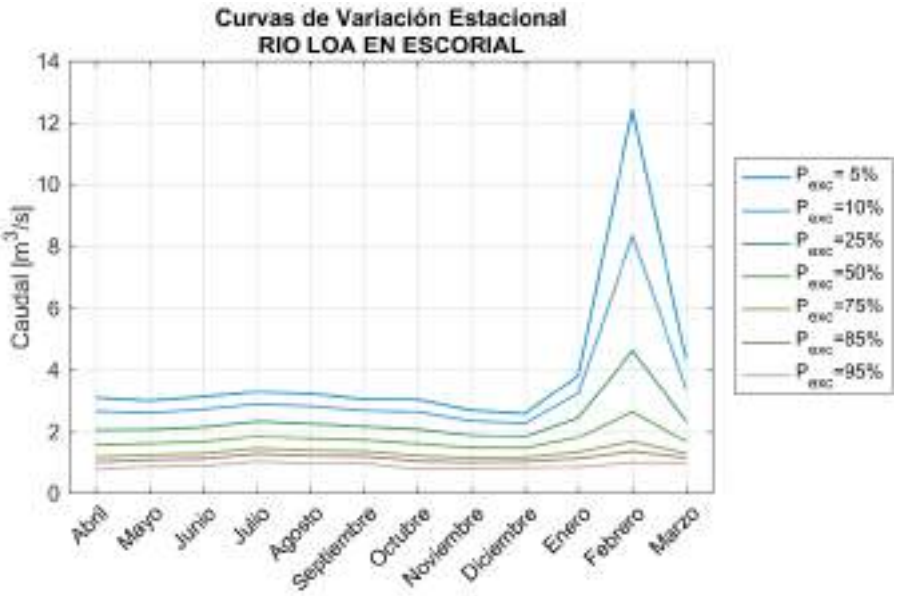


Figura 3.203. Curvas de variación estacional, Río Loa en Escorial.

Folio005688

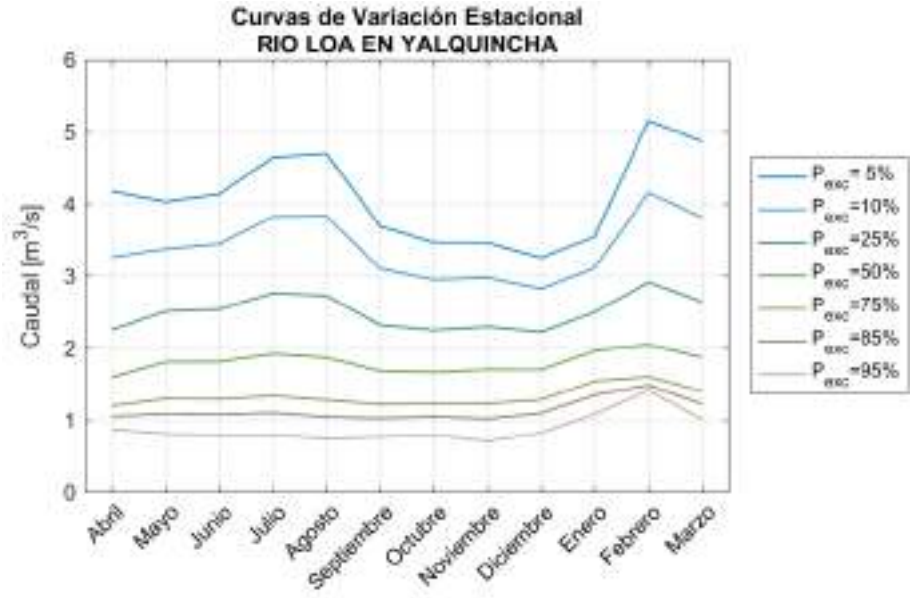


Figura 3.204. Curvas de variación estacional, Río Loa en Yalquincha.

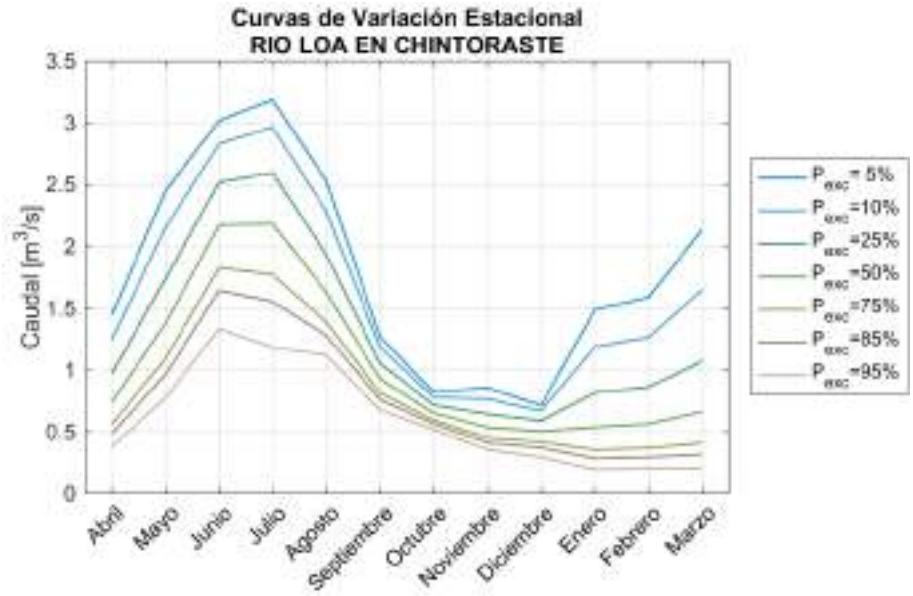


Figura 3.205. Curvas de variación estacional, Río Loa en Chintorase.

Folio005689

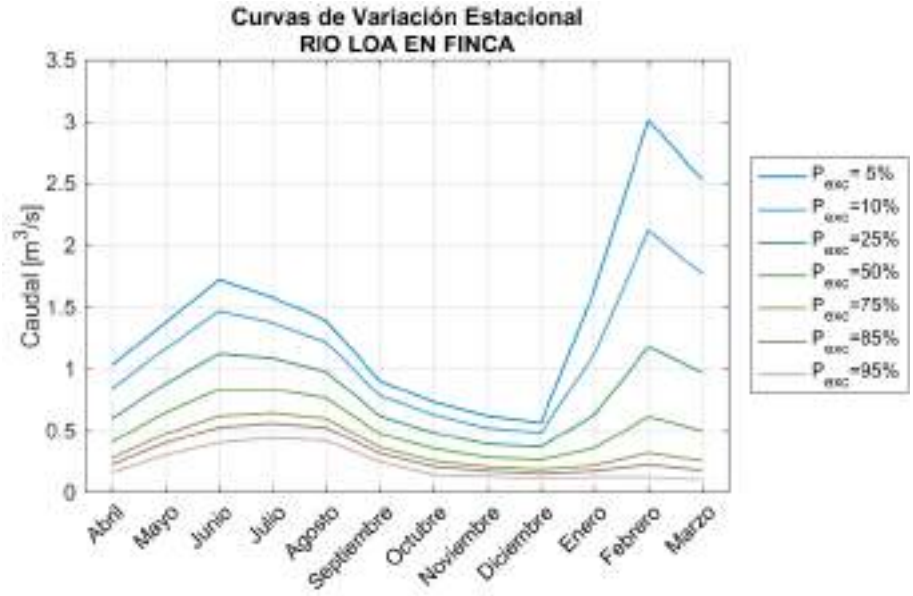


Figura 3.206. Curvas de variación estacional, Río Loa en Finca.

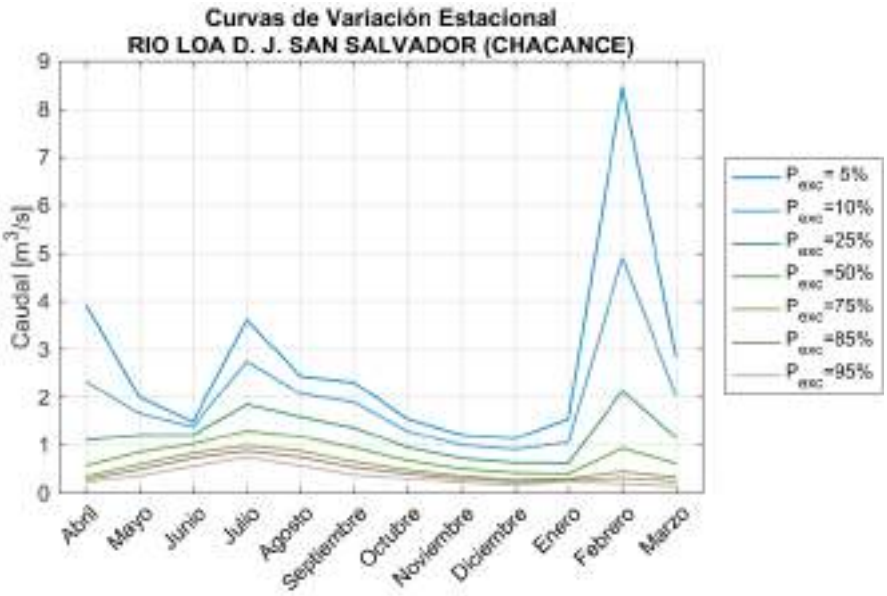


Figura 3.207. Curvas de variación estacional, Río Loa después junta San Salvador (Chacance).

Folio005690

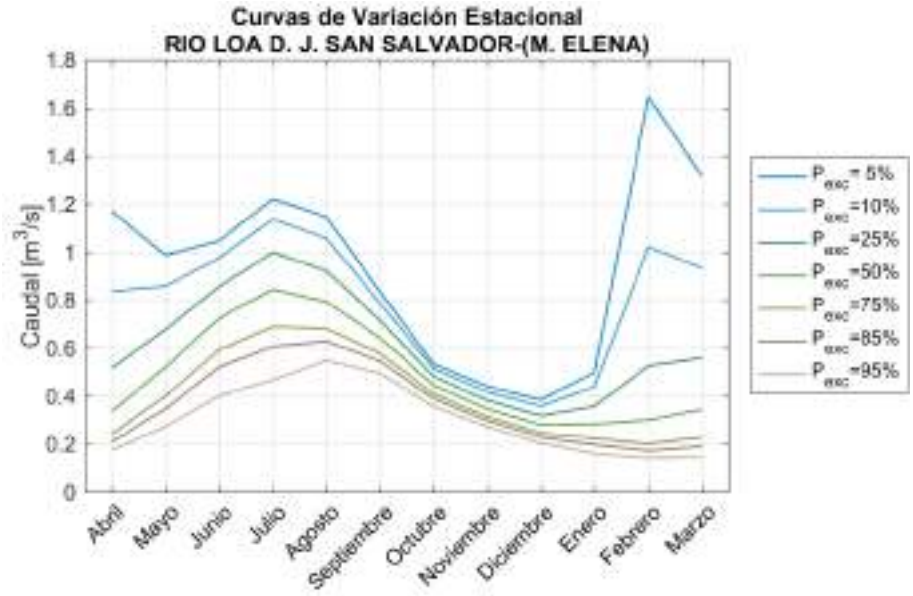


Figura 3.208. Curvas de variación estacional, Río Loa después junta San Salvador (M. Elena).

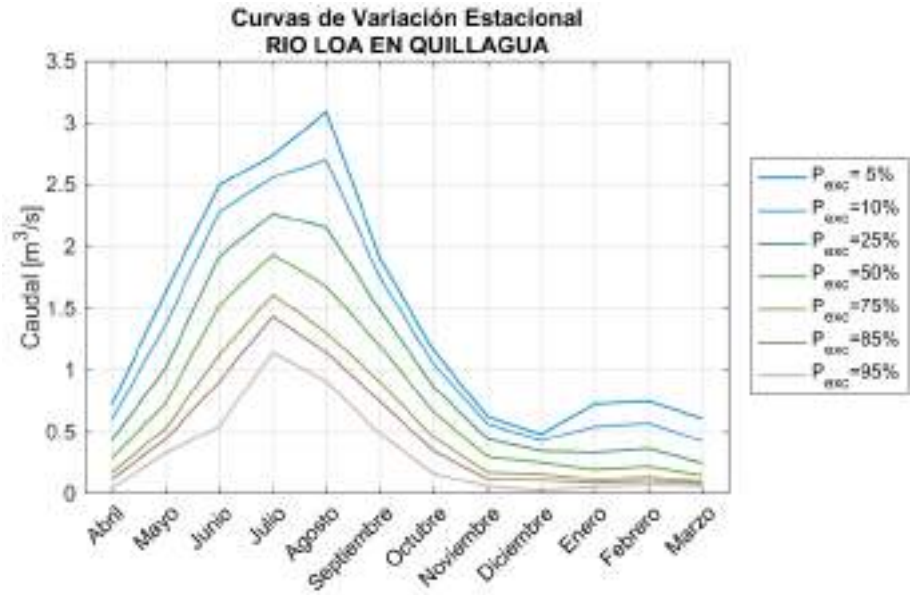


Figura 3.209. Curvas de variación estacional, Río Loa en Quillagua.

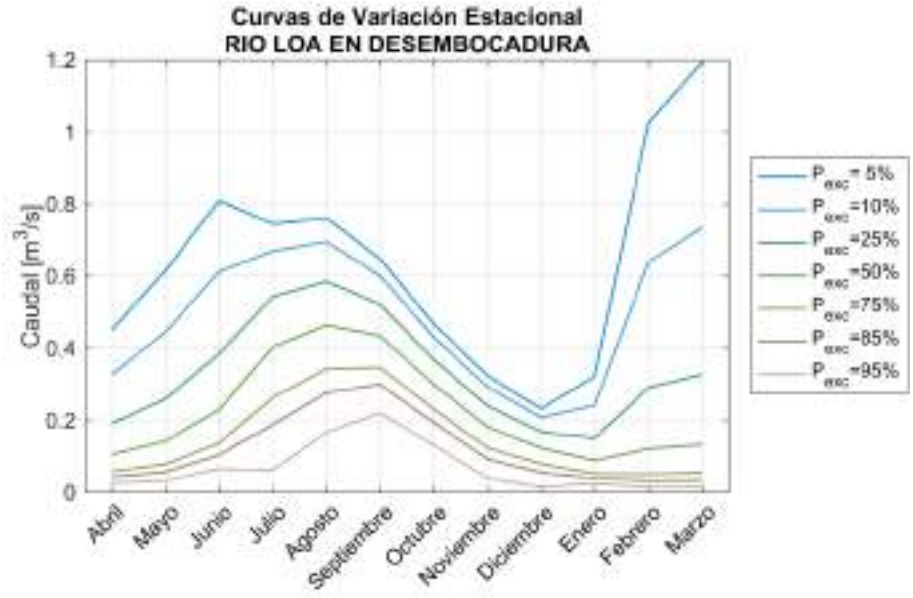


Figura 3.210. Curvas de variación estacional, Río Loa en desembocadura.

Analizando los gráficos realizados, tanto de la serie de caudales medios mensuales como los de las curvas de variación estacional, es posible observar la gran variabilidad en el comportamiento de los caudales, según el punto del río que se analice.

Como se observó en los resultados obtenidos de las estaciones meteorológicas (sección 3.1.2.1), en la parte alta de la cuenca, las precipitaciones se concentran en los meses de enero a marzo, condición dada por la influencia del invierno altiplánico. En tanto, la parte media de la cuenca muestra también influencia del invierno altiplánico, pero en menor medida, además presenta también concentración de precipitaciones en los meses de invierno continental. Por último, en la parte baja de la cuenca las precipitaciones son muy escasas sin un comportamiento definido.

Existe una estrecha relación entre las precipitaciones y los caudales, teniéndose que en la cuenca alta los mayores caudales se tienen en meses de invierno altiplánico, tal como lo muestran las estaciones: “Río Loa antes Represa Lequena” (Figura 3.194), ”Río Loa en Conchi” (Figura 3.197), “Río Loa en salida embalse Conchi” (Figura 3.198), ”Río Salado antes junta Curti” (Figura 3.201), “Río Salado en sifón Ayquina” (Figura 3.202) y ”Río Loa en Escorial” (Figura 3.203). Otras Estaciones muestran, de la cuenca media y baja en cambio, muestran un comportamiento influenciado tanto por el invierno altiplánico como del continental, como lo son las estaciones: “Río Toconce antes Represa Sendos” (Figura 3.200), “Río Loa en Yalquincha” (Figura 3.204), “Río Loa en Chintorase” (Figura 3.205), “Río Loa en Finca” (Figura 3.206), “Río Loa en Quillagua” (Figura 3.209), “Río Loa después junta San Salvador” (Figura 3.207 y Figura 3.208) y “Río Loa en desembocadura” (Figura 3.210).

Folio005692

Las estaciones de “Río San Pedro en Parshall N°1” (Figura 3.195), “Río San Pedro en Parshall N°2” (Figura 3.196) y “Río Siloli antes BT FCAB” (Figura 3.199), muestran un comportamiento diferente. Las dos primeras muestran una variación estacional prácticamente nula, lo cual es debido a que el río San Pedro es alimentado por una extracción de aguas subterráneas por parte de Codelco, lo cual lo independiza de factores hidrológicos. Mientras que la última, presenta un alza en su caudal entre octubre y diciembre, lo cual puede explicarse considerando su altura geográfica de 4300msnm aproximadamente y una cuenca aportante muy pequeña. A esta altitud las precipitaciones son en gran parte de su área aportante caen en forma de nieve, llegando al río al derretirse la nieve en primavera.

En relación a las estaciones fluviométricas en el Río San Pedro, cuyo caudal depende del aporte de aguas subterráneas extraidas por CODELCO en su parte alta, se aprecia que los valores de caudal en las estaciones “Río San Pedro en Parshall N°1” y “Río San Pedro en Parshall N°2” han ido aumentando gradualmente (Ver Figura 3.190 y Figura 3.191). Esto deja en evidencia que el caudal de aguas subterráneas extraidos por CODELCO es cada vez mayor.

3.3.3.2 Análisis regional de crecidas

La identificación de crecidas a nivel regional es un procedimiento hidrológico que tiene como objetivo entregar una predicción de un posible evento de crecida media anual en algún punto de interés asociada a una cuenca en particular, además, de entregar estimaciones en puntos de análisis con poca o nula información fluviometrica, la cual se representa por medio de una grafica que relaciona la frecuencia de los caudales máximos anuales de una región homogeneizada. El procedimiento consiste en la verificación de la homogeneidad de la región y realizar un modelo probabilístico de los máximos valores de caudal anual del área de estudio, ahora bien, la denominada homogenización consiste en evaluar el comportamiento histórico con respecto a una variable hidrológica, para que se establezca que las estaciones de medición pertenecientes a un área de estudio poseen registros observados consistentes para realizar un análisis probabilístico y por ende definir que la región es hidrológicamente homogénea. Por consiguiente, para determinar el modelo probabilístico, el manual de carreteras (MOP, 2014) propone los métodos de “US Geological Survey” y el regional de momentos ponderados por probabilidad, para realizar los estudios de frecuencia de crecidas en los puntos de interés, los cuales consisten en determinar una relación adimensional entre los valores observados y los caudales máximos anuales y por medio de una distribución probabilística, establece razones de crecidas para distintos periodo de retorno.

Folio005693

3.3.3.2.1 Homogenización regional

La homogenización regional se llevará a cabo por medio del método de "momentos – L" de Hosking y Wallis (Hosking & Wallis, 1997. P.113) aplicable al análisis regional de frecuencias, el cual define parámetros estadísticos de interpretación análoga a los momentos tradicionales, a los que ellos llaman Momentos–L. Estos se deducen a partir de combinaciones lineales de los momentos de probabilidad ponderada. Los Momentos–L se interpretan como un sistema alternativo para estimar los parámetros de la distribución de probabilidad. Así la regionalización o la homogenización regional que sugieren Hosking y Wallis, es a través de estimadores aplicables a series máximas anuales (x_i) por cada estación, los cuales son los siguientes:

$$\hat{\beta}_0 = \frac{1}{n} * \sum_{i:1}^{n} x_i$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i:1}^{n-1} x_{i*(n-i)}}{n * (n-1)}$$

$$\hat{\beta}_2 = \frac{\sum_{i:1}^{n-2} x_{i*(n-i)(n-i-1)*(n-i-2)}}{n * (n-1) * (n-2)}$$

$$\hat{\beta}_3 = \frac{\sum_{i:1}^{n-3} x_{i*(n-i)(n-i-1)*(n-i-2)*(n-i-3)}}{n * (n-1) * (n-2) * (n-3)}$$

Donde:

x_i: Valor de serie maxima anual.

i: Orden de cada dato fluviometrico de manera decreciente.

n: Número de datos de la serie.

Ahora bien, las ecuaciones de "momentos – L" (λ_i) y sus expresiones adimensionales son las siguientes:

$$\lambda_1 = \hat{\beta}_0$$

$$\lambda_2 = 2 * \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_0$$

$$\lambda_3 = 6 * \hat{\beta}_2 - 6 * \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_0$$

$$\lambda_4 = 20 * \hat{\beta}_3 - 30 * \hat{\beta}_2 + 12 * \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_0$$

$$\tau_2 = {}^{\lambda_2}/_{\lambda_1}$$

$$\tau_3 = {}^{\lambda_3}/_{\lambda_2}$$

$$\tau_4 = {}^{\lambda_4}/_{\lambda_2}$$

Donde:

λ_i: Ecuaciones de momentos-L.

τ_2: Coeficiente de variacion.
τ_3: Coeficiente de asimetria.
τ_4: Coeficiente de Curtosis.

Posteriormente, se elaboran los diagramas de Momentos–L adimensionales (τ_2, τ_3, τ_4), tal que las representaciones graficas serán $\tau_2\ v/s\ \tau_3$ y $\tau_4\ v/s\ \tau_3$ respectivamente. Si presentan cúmulos de puntos en ambos diagramas, se establece una región homogeneizada, sin embargo, los puntos que divergen de la aglomeración se consideran "discordantes", por lo tanto, un grupo conformado por varios puntos (Estaciones fluviométricas) aglomerado indicara las zonas en que se encuentra homogeneizada la región (Luna & Domínguez. 2013. P. 114).

3.3.3.2.2 Método regional de momentos ponderados por probabilidad (MPPR)

Se considera la realización del modelo probabilístico, por medio del presente método con la utilización de la distribución probabilística de "Wakeby" y la metodología de momentos ponderados por probabilidad, principalmente porque "minimiza el error estándar de ajuste (EEA) y en aquellos casos en que mejora notablemente el ajuste, al tener menor EEA, lo cual se debe a la gran flexibilidad de la distribución Wakeby, debido a sus cinco parámetros de ajuste" (Campos, 2001. P. 438) y porque "Los momentos ponderados por probabilidad fueron introducidos por Greenwood (1979) y Hosking (1985). Este método se caracteriza por ser más conveniente que los métodos de máxima verosimilitud y de momentos convencionales, cuando el tamaño de la muestra es limitado" (Varas, Lara. 1998. P.53). Ahora bien, el método (MPPR) utiliza la siguiente expresión, que entrega valores sesgados para (k) positivo, en función del tamaño de la muestra (n) de los valores ordenados en forma creciente (x_i) y del número de orden (i) de cada valor en la lista:

$$\overline{M_k} = \frac{1}{n} * \sum_{i:1}^{n} x_i * \left(\frac{n - i + 0.35}{n}\right)^k$$

Donde $\overline{M_k}$ corresponde al momento sesgado ponderado por probabilidad de la muestra.

Además, la expresión que permite estimar los parámetros de la distribución de Wakeby, según el método regional de momentos ponderados por probabilidad para una población de datos, es:

$$M_k = \frac{m}{1+k} + \frac{a-c}{1+k} - \frac{a}{1+k+b} + \frac{c}{1+k+d}$$

Donde:

M_k: Momento ponderado por probabilidad de la población.

m, a, b, c, d: Parámetros asociados a la distribución de probabilidad de Wakeby.

Por lo tanto, la estimación de los parámetros de distribución de wakeby por medio del método regional de momentos ponderados por probabilidad, consiste en resolver un sistema de ecuaciones en función al número de incógnitas a determinar, formado por la igualación de los cinco primeros momentos de la muestra con los correspondientes momentos ponderados de la población. Por consiguiente, para lograr la adimensionalización de los valores máximos anuales, y en según las instrucciones del manual de carreteras (MOP. 2014), se calculan los momentos adimensionales dividiendo cada valor de momento ponderado por el primer momento de la serie, posteriormente para realizar la representación de la curva de frecuencia regional, se evalúa cada valor adimensionado en cada punto de interés con la expresión de la distribución de Wakeby en relación con su función acumula, la cual establece los valores de Caudal máximo anual en función de distintos periodos de retorno es la siguiente:

$$X = m + a * [1 - (1 - F)^b] - c * [1 - (1 - F)^d]$$

Donde:

X: Variable aleatoria o caudal maximo anual (QMA), distribución de Wakeby.

F: Distribución acumulada.

Por lo tanto, la curva de frecuencia regional será la representación de los caudales máximos anuales determinados por la distribución de Wakeby y las distintas distribuciones acumuladas que, en este caso, serán los distintos periodos de retorno en los cuales se deben evaluar. Ahora bien, esta metodología regional es para ser aplicada en puntos de interés con información fluviométrica para lograr estimar las frecuencias de las crecidas en la región de estudio, sin embargo, si existe el caso de contar con poca o nula información disponible por parte de los puntos de interés pertenecientes a la región, se puede predecir la crecida media anual por medio de alguna expresión que este en función de características geomorfológicas, geográficas e hidrológicas propias de cada punto, como son el área de la cuenca, la latitud del punto en cuestión y la precipitación. Una expresión aplicable para esta circunstancia en la propuesta por Varas & Lara (1998):

$$QMA^* = \alpha * A^{0.5} + \beta * {P_{24}^{10}}^{0.4} + \gamma * lat^{0.3} * A^{0.5} + \varepsilon$$

Donde:

$\alpha, \beta, \gamma, \varepsilon$: Parametros de la expresión de Varas & Lara (1998).

QMA^*: Caudal maximoanual en puntosde interes sin información fluviometrica.

Esta función de características propias de la cuenca, tales como el tamaño de la cuenca representado por su área en km^2 (A), la latitud del lugar en grados (lat) y la precipitación máxima diaria para diez años de período de retorno (P_{24}^{10}). Los parámetros de la expresión

son determinados por medio de valores adimensionados en puntos de interés dentro de la región con información fluviométrica, por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{\overline{M_{k_i}}}{\overline{M_{k_{max_i}}}} = \frac{\overline{M_{k_i}}}{QMA^*_i}$$

$$\overline{M_{k_{max_i}}} = QMA^*_i$$

Donde:

$\overline{M_{k_{max_i}}}$: Momento máximo sesgado ponderado por probabilidad de la muestra.

$\frac{\overline{M_{k_i}}}{\overline{M_{k_{max_i}}}}$:Valores adimensionados de puntos de interes con infomacion fluviometrica.

3.3.3.2.3 Aplicación métodos

"Un problema común en la evaluación de eventos extremos de lluvias o crecidas es su estimación en sitios sin datos o con poca información; este inconveniente se corrige mediante un análisis de datos de varias estaciones vecinas." (Luna, J. A., Domínguez, R., 2013, P. 112), por esa razón, en el desarrollo del análisis regional de crecidas se discriminó de la totalidad de estaciones fluviométricas, a aquellas que presentaran registros no intermitentes de información y que se mantuvieran vigentes a la fecha. Por lo tanto, se seleccionaron las siguientes estaciones de medición:

- RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA
- RIO LOA EN FINCA
- RIO LOA EN YALQUINCHA
- RIO SALADO EN SIFON AYQUINA
- RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N°2 (BT. CHILEX)
- RIO LOA D. J. SAN SALVADOR-(M. ELENA)
- RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI
- RIO SALADO A. J. CURTI
- RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N°1
- RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS
- RIO LOA EN ESCORIAL

Por consiguiente, para la homogenización de la región, de acuerdo con las estaciones fluviométricas, se aplicó el método de "momentos-L" (Expresiones "λ_i"), en que consiste en determinar los coeficientes de variación (Expresión "τ_2"), asimetría (Expresión "τ_3") y de curtosis (Expresión "τ_4"), a la nube de datos pertenecientes a cada estación y representadas en las siguientes gráficas:

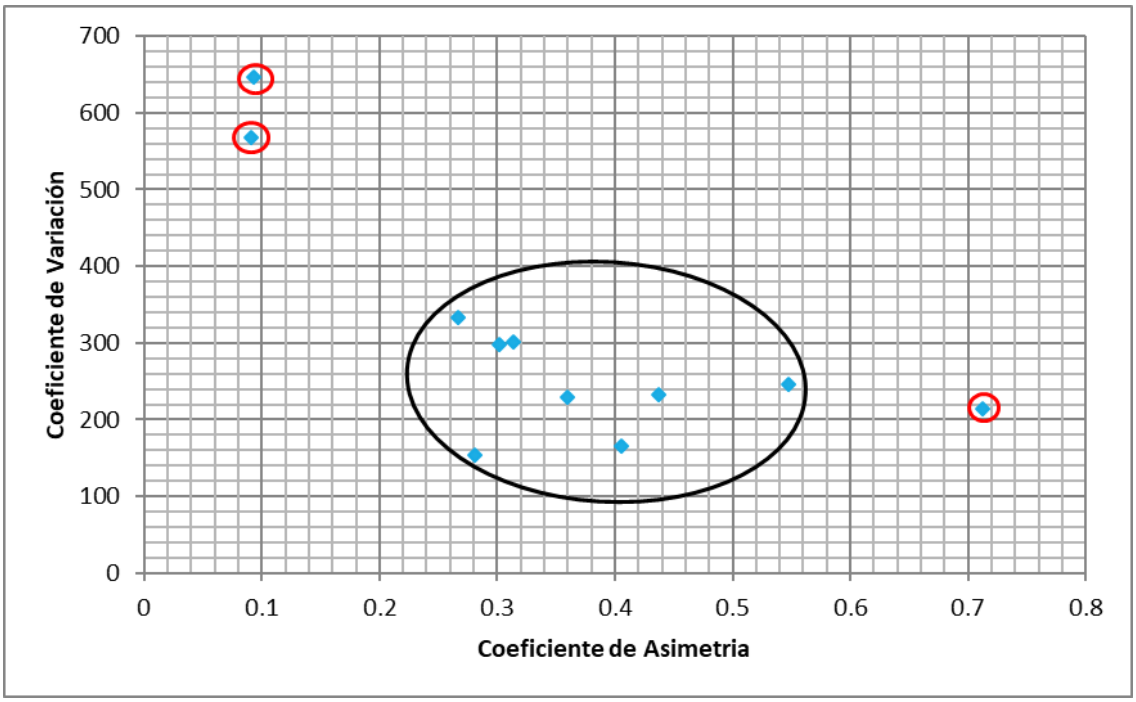


Figura 3.211 Coeficiente de variación vs. coeficiente de asimetría

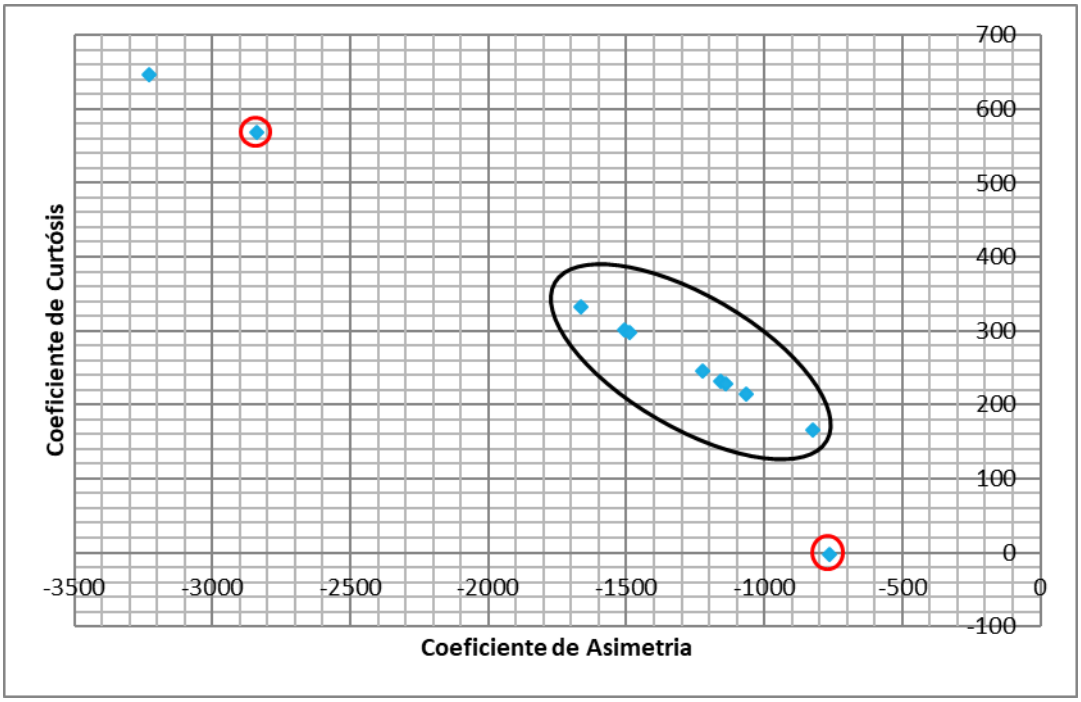


Figura 3.212 Coeficiente de Curtosis vs. coeficiente de asimetría

Folio005698

Cabe destacar, que los cúmulos de puntos de interés serán las estaciones que conforman la región homogeneizada y los puntos fuera del grupo acotado serán considerados discordantes y por ende excluidos, por lo tanto, los puntos de interés con sus respectivas áreas aportantes, utilizados para la metodología del análisis de frecuencia serán los siguientes:

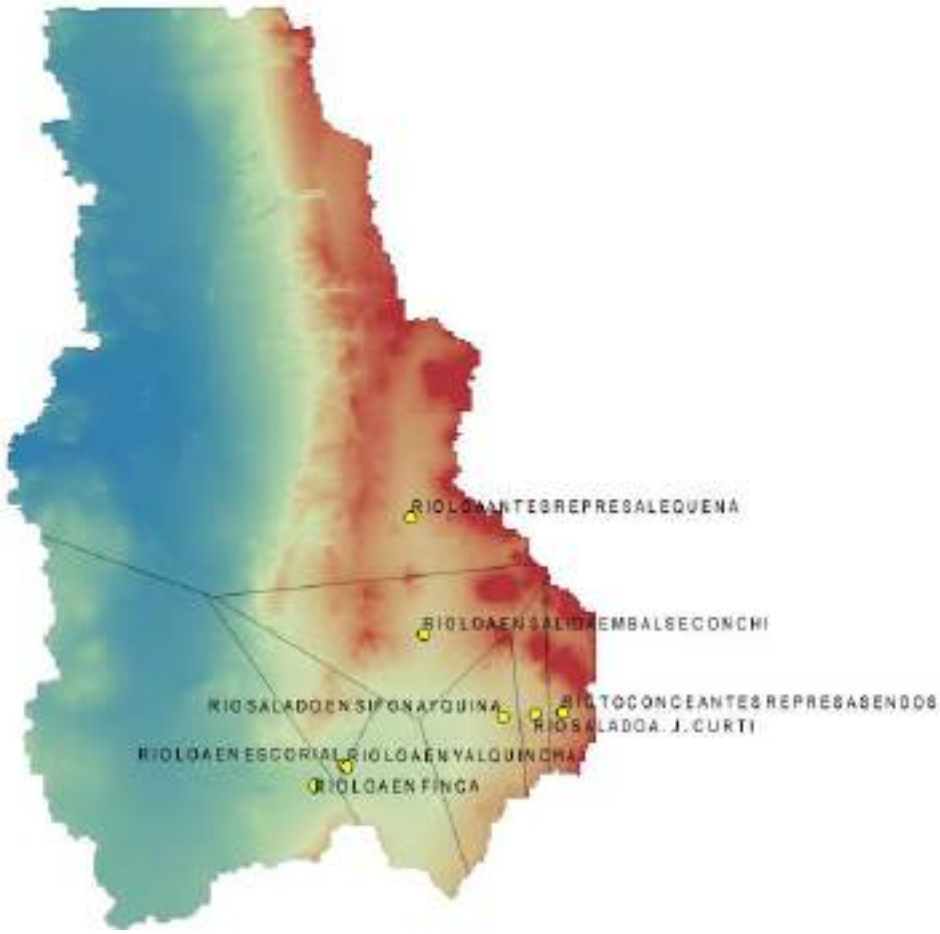


Figura 3.213 Regionalización de estaciones (método de Thiessen)

Ahora bien, el objetivo del análisis regional de crecidas es predecir el evento crecida en puntos pertenecientes a la región homogeneizada o a puntos con poca o nula información fluviometrica, siempre y cuando se posea la información del caudal medio anual del área de interés. Si cada estación, posee información de sus caudales máximos anules de su periodo de registro, se utiliza las herramientas del método de los momentos ponderados por probabilidad (Expresiones "$\overline{M_k}$" y "M_k") para logar determinar los parámetros requeridos de la variable aleatoria de la distribución de Wakeby (Expresión " X ") en función a periodos de retorno 5, 20, 50, 75 y 95 años y caudales adimensionados por el

primer momento ponderado de cada serie, así la curva de frecuencia de crecidas, aplicable a las cuencas aportantes del rio Loa y sus afluentes será:

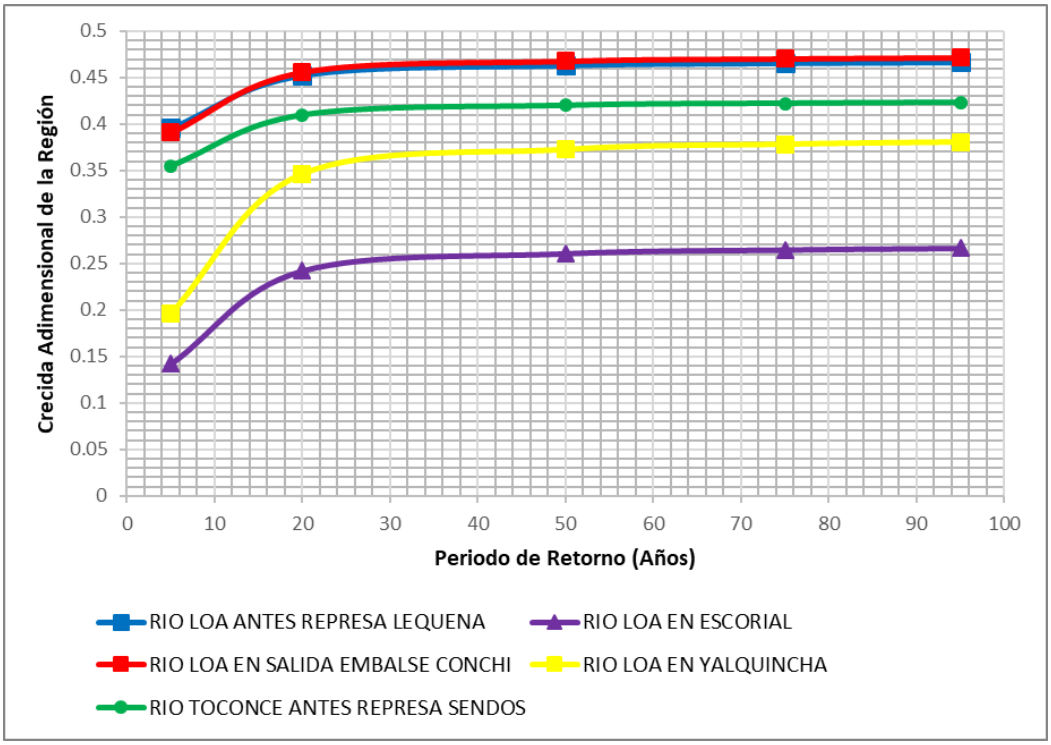


Figura 3.214 Curvas de frecuencias de crecidas

En el caso de que en el punto de interés no presente información fluvionemtrica, se utilizan expresiones que estimen la crecida media anual (Expresión "QMA^{*}"), en función del tamaño de la cuenca aportante, sus precipitaciones y su georreferencia. En nuestro caso, se determinó una expresión con respecto a la georreferenciación de las estaciones, la precipitación máxima de un día con un periodo de retorno de 10 años (P_{24}^{10}) para la región de Antofagasta por medio de sus curvas de intensidad, frecuencia y duración (Torres, E., 2016), y es la siguiente:

$$QMD^{*} = 2.34 * A^{0.5} - 3.71 * {P_{24}^{10}}^{0.4} - 0.94 * A^{0.5} * lat^{0.3} + 24.19$$

La cual posee coeficientes de correlación múltiple de 0,876, y de correlación cuadrada de 0,768 y un error estándar de 2,706 m^3/s.

En resumen, con respecto a las gráficas de "momentos – L", los puntos discordantes que presento la región homogenizada fueron aquellas estaciones poseen un número inferior de años que los registros de las demás estaciones y que tenían bajas variaciones entre sus caudales máximos. Cabe destacar, que la realización del análisis de frecuencia, su estimación de las áreas aportantes de cada estación homogenizada fue por medio del método de Thiessen, además, la representación de la curva de frecuencia regional, solo se

Folio005700

consideraron las estaciones que presentaron caudales adimensionales positivos. Se desprende de la gráfica (Figura 3.214) que, en periodos de retorno menores a 20 años, la razón de caudales tiende a aumentar de manera potencial para posteriormente mantenerse constante porque "El método de los momentos de probabilidad ponderada conduce a estimaciones menores en grandes periodos de retorno." (Campos, D., 2001. P. 438). Finalmente, le expresión para las estimaciones de caudal medio anual posee un coeficiente de correlación múltiple (R) de 0,876, lo cual indica que posee una correlación positiva considerable y un coeficiente de correlación cuadrado (R^2) de 0,768, lo que implica que posee un grado aceptable de asociación entre sus variables.

3.3.3.3 índice estandarizado de precipitación

Para el análisis de los periodos secos extremos en el país, se identificaron las sequías meteorológicas a través del cálculo del índice estandarizado de precipitación (SPI, sigla en inglés de Standard Precipitation Index) (OMM, 2012), el cual también es un indicador de los eventos húmedos. El SPI se calcula usando los datos estandarizados (normalizados) de series de precipitación acumuladas a diferentes escalas temporales (p. ej. 1, 3, 6, 12, 24, etc. meses), y clasificando los periodos mensuales como se indica en la Tabla 3.93.

Tabla 3.93 Categorías del índice estandarizado de precipitación (Fuente: OMM, 2012).

Rango	Categoría
SPI ≥ 2,0	Extremadamente húmedo
1,5 ≤ SPI < 2,0	Muy húmedo
1,0 ≤ SPI < 1,5	Moderadamente húmedo
-1,0 < SPI < 1,0	Normal
-1,5 < SPI ≤ -1,0	Moderadamente seco
-2,0 < SPI ≤ -1,5	Muy seco
SPI ≤ -2,0	Extremadamente seco

A continuación, en la Figura 3.215, se presentan los resultados del SPI aplicado a los datos de 3 estaciones de meterorológicas de la DGA en la cuenca del Río Loa, considerando una escala mensual. Se escogió estas estaciones por ser representativas de las cuencas alta, media-alta, media y media-baja, respectivamente.

Es importante considerar que este índice compara cada año con su propia historia, y no corresponde a una categoría absoluta. Por ejemplo, se puede notar que en Quillagua el índice se mueve en el rango de lo húmedo, debido a que por ser una zona prácticamente sin precipitaciones, cada precipitación, por muy mínima que sea, provoca una categorización de mes húmedo. En el resto de los sectores se puede apreciar una oscilación entre meses húmedos y secos.

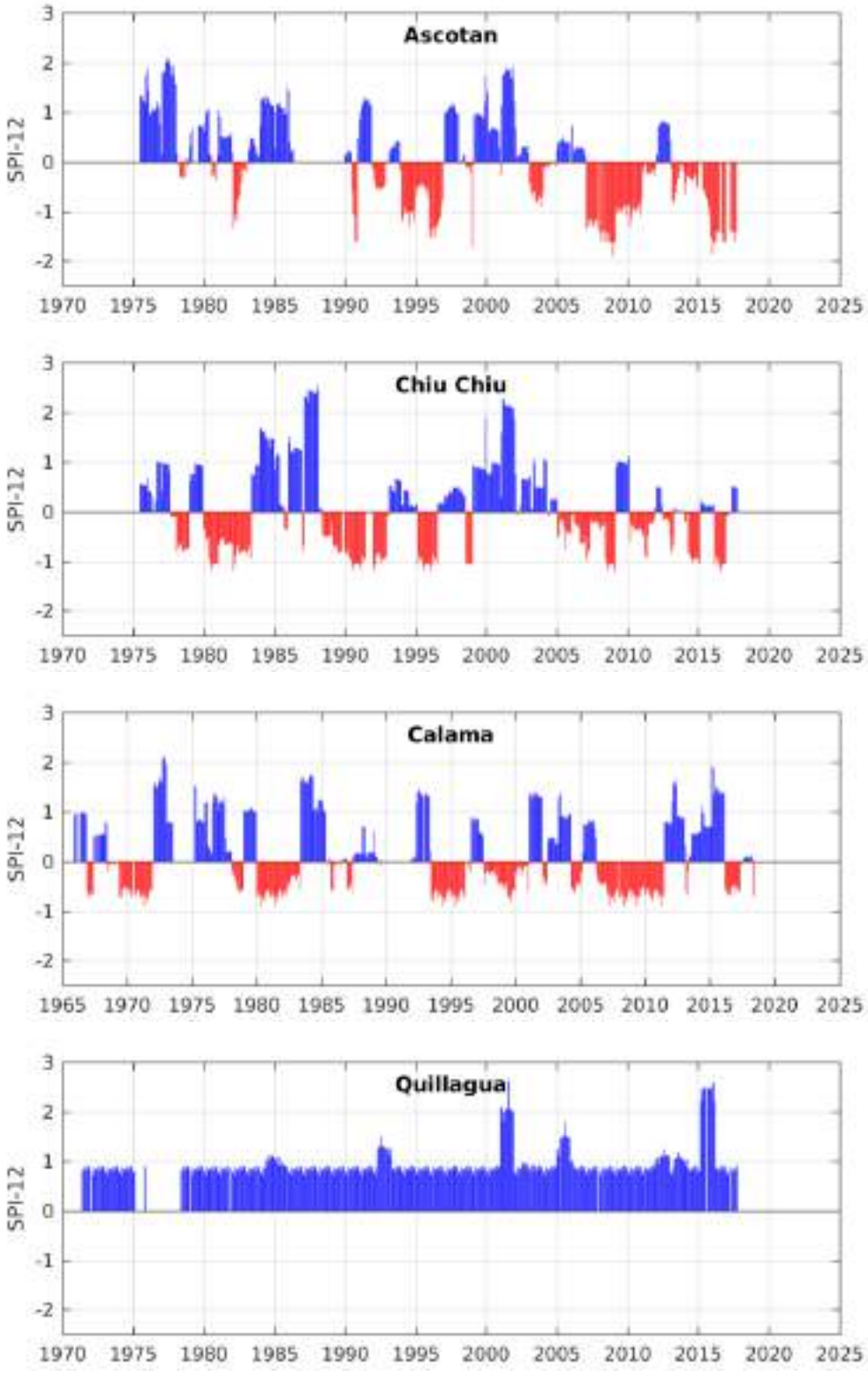


Figura 3.215 Resultados SPI con datos de precipitación medidos en Ascotán, Chiu Chiu, Calama y Quillagua

3.3.3.4 Diagramas Unifilares

En la sección "3.1.3 Análisis de la actual red fluviométrica y de calidad de agua de la cuenca del río Loa." se presentan los diagramas unifilares del río Loa y sus principales afluentes (Ver Figura 3.32 y Figura 3.33.). En estos diagramas se puede apreciar las extracciones y aportes al sistema.

3.3.4 Análisis Ecológico

3.3.4.1 Gradientes Ambientales

River Continuum: La idea de gradiente en ecología de ríos se desarrolló con posterioridad y se aplicó a la escala de un sistema fluvial, y se formuló bajo el nombre de "río continuo". El concepto de río continuo describe la estructura y función de las comunidades a lo largo de río como sistema. Básicamente, el concepto propone el entendimiento de las estrategias biológicas y dinámicas del río requieren la consideración de *gradientes de factores físicos* formados por la red de drenaje (Vannotte, 1980). En los ríos, desde la cabecera de aguas hasta río abajo, las variables físicas dentro de un sistema ribereño presentan un *gradiente continuo* de condiciones incluyendo, ancho, profundidad, velocidad, volumen de flujo o caudal, temperatura y ganancia de entropía (Vannotte, 1980).

Desde un punto geomorfológico e hidrológico, es frecuente que los ríos se jerarquicen en función de las cuencas y subcuencas, hecho que permite caracterizar el curso de agua principal en función de propiedades como el caudal y propiedades físicas y químicas de este, que son determinantes para el funcionamiento de los ríos como ecosistemas.

En ríos de clima desértico, la salinidad es una variable de gran importancia, y se ha considerado establecer sus valores a lo largo del eje longitudinal del río, pero en función de las áreas de los distintos tipos de cobertura en el curso del río.

La altitud es una variable geográfica compleja, dado que propiedades físicas y químicas del agua pueden ser determinadas o influidas por esta variable. Es frecuente usarla como una variable que ayuda a la descripción de los sistemas naturales. En nuestro caso tiene efectos sobre variables hidrológicas, químicas y biológicas.

En ambientes desérticos, el análisis se realiza en función de grandes sectores a lo largo del eje longitudinal del río, siguiendo las características de la vegetación ribereña. En este caso la vegetación está dominada por especies de macrófitas emergentes, que crecen en el borde del río.

Los gradientes seleccionados para entender los cambios del río a lo largo de su trayecto hasta la zona inferior son la altitud, la distancia hasta la desembocadura, variables desde un punto de vista geomorfológico. Además, se consideran gradientes las variables: caudal,

Folio005703

la salinidad – conductividad eléctrica, niveles de nitrógeno, fósforo y su relación con la *clorofila a.*

3.3.4.1.1 Caudal

El caudal ha sido reconocido como la variable fundamental para el desarrollo de ecosistemas lóticos. La cantidad de agua o caudal en su secuencia temporal son componentes críticos del suministro de agua, calidad del agua y la integridad ecológica de los ríos. Necesariamente, el caudal es considerada la variable maestra de los límites de distribución y abundancia de las especies ribereñas. El caudal está fuertemente correlacionado con varias características físicas como la geomorfología de los canales, la temperatura del agua, sus propiedades químicas, y la diversidad de hábitats para los distintos grupos de organismos (Poff et al 1997). Sin embargo, la importancia de la variabilidad en la mantención de la salud de los ecosistemas acuáticos había sido virtualmente ignorada en el contexto del manejo. Históricamente, la protección de los ecosistemas ribereños, enfatizando la calidad del agua y solamente un aspecto de la cantidad del agua, el caudal mínimo (Poff et al., 1997). En Chile se ha usado como el **caudal ambiental,** pero debe incluir la variabilidad, que es parte natural de los sistemas ecológicos.

3.3.4.1.2 Salinidad - Conductividad Eléctrica

La salinidad se refiere a la concentración total de iones disueltos en agua o suelo y por lo tanto es un componente de todas las aguas naturales. Los iones disueltos, también pueden expresarse como la actividad iónica de una solución en términos de su capacidad para transmitir corriente eléctrica conductividad eléctrica (CE). Por lo tanto, la CE es rutinariamente usada como una medida de salinidad, y la relación entre ellas es una función de la temperatura del agua.

Las aguas superficiales de acuerdo con el sistema de Venice (1959, en Cañedo-Arguelles 2013), pueden ser clasificadas de acuerdo con su contenido de sal como sigue:

Tabla 3.94 Clasificación de las aguas superficiales según salinidad (Fuente: Cañedo-Arguelles 2013).

Clasificación Agua	Salinidad (g/L)
Dulce	< 0.5
Oligohalina	0.5 – 4.0
Mesohalina	5-18
Polihalina	18-30
Euhalina	30-40
Hiperhalina	>40

A continuación, en la Figura 3.216, se presenta un mapa de la salinidad considerando la clasificación de la Tabla 3.94.

Folio005704

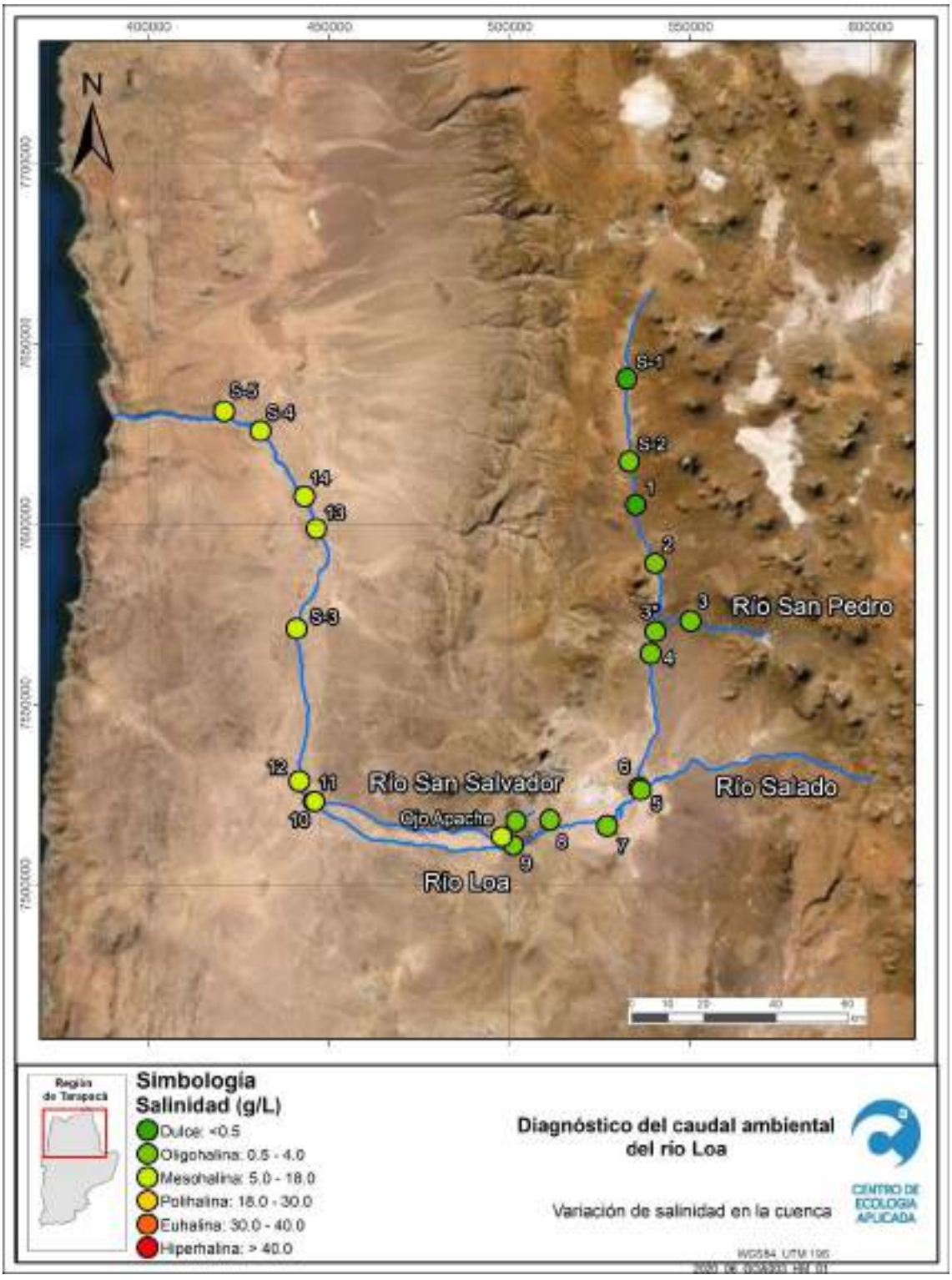


Figura 3.216 Clasificación de la Salinidad.

En ausencia de influencias antropogénicas, la salinidad y la proporción de iones se origina por tres fuentes: i) meteorización de la cuenca, la que es función de la geología de la cuenca y las precipitaciones; spray del mar, aunque es solamente importante en las áreas costeras; pequeñas cantidades disueltas en el agua de lluvia como consecuencia de la evaporación del agua de mar.

En la Figura 3.217, se observa que la salinidad se incrementa a medida que disminuye la distancia a la desembocadura y a medida que el curso de agua desciende. Entre los 250 km y los 400 km desde la desembocadura, el río presenta salinidades bajas y el agua es dulce o salobre.

La salinidad natural de los ríos es una función dinámica y compleja del clima (reciente y pasado), la geología de su cuenca, la distancia desde el mar, topografía y vegetación (Cañedo-Arguelles, 2013). De acuerdo con los resultados, el rio Loa presenta un gradiente de salinidad, con un incremento desde los tramos altos del río hacia los bajos.

Clasificación de indicada mas arriba, la parte superior del río es *dulce*, después se hace *oligohalina* y en la parte final, en los últimos 100 km desde la desembocadura, es *mesohalina.* Es importante destacar que el aumento de la salinidad más importante ocurre después de la confluencia con las aguas que provienen del curso de agua del Río Salado.

De acuerdo con estos resultados, y debido a la dominancia de la salinidad como variable fundamental para las características ecológicas del río y la vegetación ripariana se puede proponer la existencia de los siguientes grandes sectores o megatramos en el río Loa: i) sector superior, con cambios rápidos de altitud, curso de agua con caudales mas bajos y agua del tipo *dulce* a*; ii) sector* con un curso de agua oligohalino, en el sector medio del curso del río; *y* iii) un curso de agua hacia desembocadura en la categoría de *mesohalino.*

Folio005706

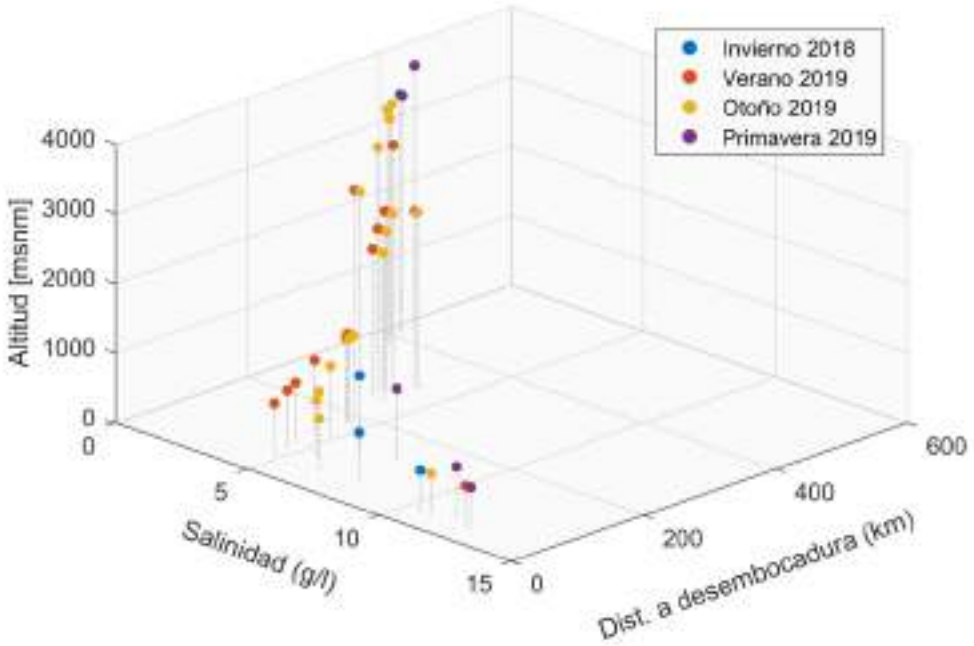


Figura 3.217. Puntos de Muestreo por temporada en el río Loa

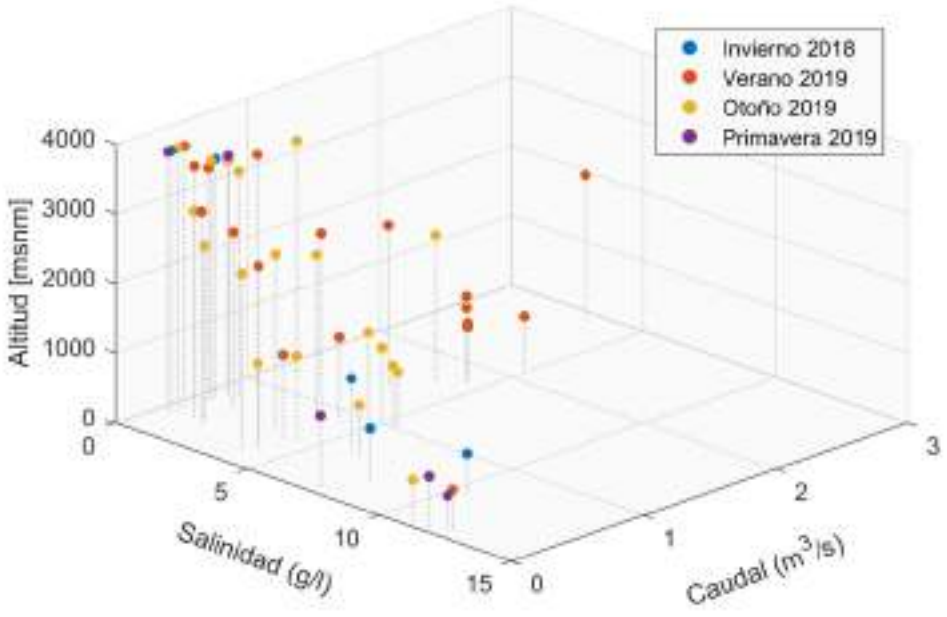


Figura 3.218. Puntos de Muestreo por temporada en el río Loa

Folio005707

El modelo indicado en la Figura 3.218, relaciona un gradiente espacial, la altitud, con el caudal y la conductividad eléctrica (salinidad), donde la altitud y la CE pueden observarse como gradientes ambientales. Al ver Figura 3.218, no se observa una relación entre la magnitud del caudal y la salinidad.

Los resultados indican que ocurre un proceso de salinización desde las partes altas hacia las bajas, en el río Loa, en las diferentes estaciones o temporadas de mediciones. Este patrón es un gradiente propio del río, y en particular en este ambiente desértico.

Respecto del caudal, presenta variaciones en función de su altitud, de acuerdo con los patrones estacionales o eventos de precipitaciones que caracterizan la cuenca alta, y de las regulaciones que determinan las extracciones para las actividades mineras, agrícolas y urbanas.

3.3.4.1.3 Salinidad y Clorofila a

Dada la importancia de la salinidad como una forzante en los ecosistemas lóticos de ambiente desérticos, la relación entre los niveles de salinidad y Clorofila a se muestra en la Figura 3.219.

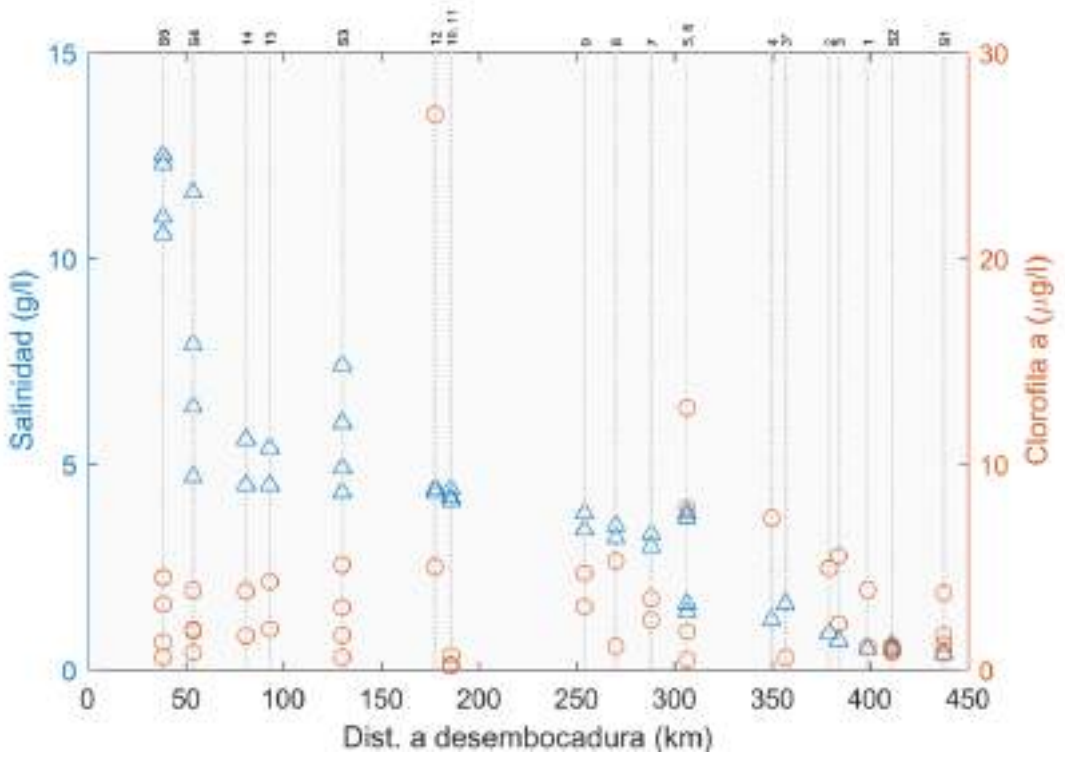


Figura 3.219. Relación entre salinidad y clorofila ‘a’ en los puntos de observación en el río Loa en función de la distancia a la desembocadura.

Folio005708

Los niveles de clorofila 'a' se presentan con una variabilidad importante, pero en niveles bajos. Bajos tanto en agua dulce como en las aguas oligohalina y mesohalina, que se encuentran en la mayor parte del rio Loa.

3.3.4.2 Componentes de los Ecosistemas del río

Para desarrollar un análisis de la vulnerabilidad ecológica del río Loa, es conveniente seleccionar una aproximación explícita. Los estudios relacionados con vulnerabilidad, de acuerdo con la aproximación que se seleccione requieren de información diferente. Los ríos como ecosistemas, desde el punto de vista de su estructura, poseen componentes bióticos y abióticos. Entre los componentes abióticos, se definen la masa de agua con sus propiedades físicas como es su dinámica descrita por el régimen del caudal y las propiedades físicas y químicas del agua como los niveles de nutrientes, salinidad. Entre los componentes bióticos se describen frecuentemente grupos de organismos, como peces, macroinvertebrados bentónicos, zooplancton, fitoplancton, fitobentos, anfibios u otros vertebrados.

En este caso, para desarrollar un análisis orientado a la vulnerabilidad ecológica, se definió abordar el estudio basado en gradientes ambientales que sean fundamentales debido a la falta de estudios de los efectos de salinidad a niveles específicos de las especies que conforman los ecosistemas a lo largo del río Loa, hemos seleccionado algunos componentes que permitan distinguir grandes unidades o tipos de ecosistemas a lo largo del río y asociar esos componentes a variables estructurales para el funcionamiento de ecosistémico, como son el caudal y la salinidad entre las propiedades físicas y químicas del agua. En este informe consideramos el componente vegetación ripariana, como un criterio para ayudar a definir grandes tipos de ecosistemas ribereños a lo largo del curso principal del río.

3.3.4.2.1 Vegetación Ripariana

La naturaleza transicional de la zona ripariana hace difícil entregar una definición fácil y universal. Una distancia desde el borde del curso de agua resulta muchas veces inadecuada, y no siempre encuentra un sustento científico. La vegetación que se desarrolla en el borde entre la tierra que no sufre inundaciones y aquella en que el suelo es más húmedo que el promedio, es considerada como ripariana. La vegetación ripariana corresponde a todas las unidades de vegetación a lo largo de la red del río, independientemente de su origen o fisionomía y esta funcionalmente relacionada a otros componentes del sistema fluvial, y las áreas que lo rodean. La vegetación pertenece a zona ripariana, que es una unidad de paisaje que es abierta a los flujos desde y hacia el sistema del río las tierras altas y co-construido (es decir por procesos naturales y sociales). La tierra lo largo del sistema fluvial está influido e influencia los procesos asociados del río (Dufour et al 2019). A gran escala un enfoque estructural basada en las características topográficas y forma del valle, se recomienda para análisis a gran escala. Las diferencias de estos grupos de especies que conforman la vegetación ripariana, a lo largo del curso

del río Loa, se relacionan a la altitud, como un gradiente complejo y a la salinidad como variable principal en la caracterización del río.

La vegetación ripariana, entre las que se encuentran las macrófitas se caracterizan por diferenciarse en los siguientes tipos a lo largo del eje longitudinal del río: i) vegetación dominada por *Cortaderia speciosa, Myriophyllum quitense y Juncus balticus,* características en la zona alta del curso del Loa; ii) un segundo grupo caracterizado por la presencia de *Tessaria absinthioides, Distichlis spicata*, *Schoenoplectus americanus, y Myriophyllum quítense; iii) otro dominado por la presencia de Tessaria absinthioides, Potamogeton pusillus, Baccharis juncea, Baccharis calliprinos y iv)* finalmente una vegetación ripariana dominada por *Distichlis spicata*,y *Schoenoplectus americanus* en la parte más baja.

Los tipos de vegetación ripariana definidos se localizan en distintos sectores del río y tienen una secuencia en función del eje longitudinal del río. Así, ayudan a definir grandes unidades desde el punto de vista espacial, que se integraran con los resultados de otros componentes bióticos para proponer grandes tipos de ecosistemas para el río Loa y desarrollar un análisis de vulnerabilidad ecológica.

Tabla 3.95 Sectorización vegetación ripariana

Nombre científico	S1	S2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	S3	13	14	S4	S5
Atriplex atacamensis Phil.					X										X	X	X	X	X
Atriplex imbricata (Moq.) D. Dietr. var. imbricata										X									
Baccharis calliprinos Griseb.						X				X	X			X					
Baccharis juncea (Cass.) Desf			X		X	X					X		X						X
Chara sp.	X	X																	
Chenopodium petiolare Kunth		X																	
Cistanthe amarantoides (Phil.) Carolin ex Hershkovitz			X		X														
Cistanthe salsoloides (Barnéoud) Carolin ex Hershkovitz					X														
Cortaderia speciosa (Nees & Meyen) Stapf		X	X	X	X	X													
Distichlis humilis Phil.	X				X														
Distichlis spicata (L.) Greene				X			X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X
Echinopsis atacamensis (Phil.) Friedrich & G.D. Rowley		X																	
Ephedra americana Humb. & Bonpl. ex Willd.	X	X																	
Erythranthe sp.	X			X															
Festuca hypsophyla Phil.	X																		
Juncus balticus Willd.	X		X	X	X						x								
Lilaeopsis macloviana (Gand.) A.W. Hill	X																		
Lycium humile Phil.							X												
Muhlenbergia asperifolia (Nees & Meyen ex Trin.) Parodi				X															
Myriophyllum quitense Kunth	X	X	X		X		X	X	X	X									
Nasturtium officinale R. Br.	X																		
Parastrephia lucida (Meyen) Cabrera	X																		
Potamogeton pusillus L.	X					X	X	X						X					
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.																		X	X
Prosopis flexuosa DC. var. *flexuosa*															X				
Prosopis tamarugo Phil.																	x		
Rumex crispus L.						X													
Ruppia filifolia (Phil.) Skottsb.															X				
Ruppia maritima L.																		X	
Schinus areira L										X									
Schoenoplectus americanus (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller		X			X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Scirpus sp.	X																		
Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) DC.							X		X		X	X	X	X					
Veronica anagallis-aquatica L.		X																	
Werneria sp.	X																		

Folio005711

3.3.4.3 Estado Trófico

Los cursos de agua, al igual que todos los ecosistemas, tienen comunidades bióticas que confían en el suministro para alimentar las mallas tróficas y mantener los organismos que viven en ellas. El estado trófico es la propiedad que indica la energía disponible para la malla trófica y define los fundamentos de la integridad de la comunidad y función ecosistémica. El estado trófico puede ser definido como: la tasa de producción de procesos de producción autotróficos o heterotróficos en un ecosistema (Dodds, 2007).

Tabla 3.96 Límites tróficos sugeridos para ríos y cursos de agua (Dodds et al, 1998).

Variable (unidades)	Oligotrófica	Mesotrófica	Eutrófica
Clorofila béntica media	< 20	20-70	>70
Clorofila béntica máxima	<60	60 – 200	>200
Clorofila suspendida	<10	10 - 30	>30
Nitrógeno Total (ug L^{-1})	<700	700-1500	>1500
Fósforo Total (ug L^{-1})	<25	25-75	>75

Los resultados que se muestran en la Figura 3.220, de los niveles de clorofila ‘a’ puede clasificarse como oligotrófico. Solamente en una observación la clorofila ‘a’ sugiere un estado mesotrófico en el eje longitudinal del río. No obstante, los niveles de fósforo total y nitrógeno total, indican que debería ser considerado como eutrófico en acuerdo con la mayoría de las observaciones. Estos resultados deben considerarse en el contexto especial del río Loa, en un clima desértico con un fuerte gradiente de salinidad.

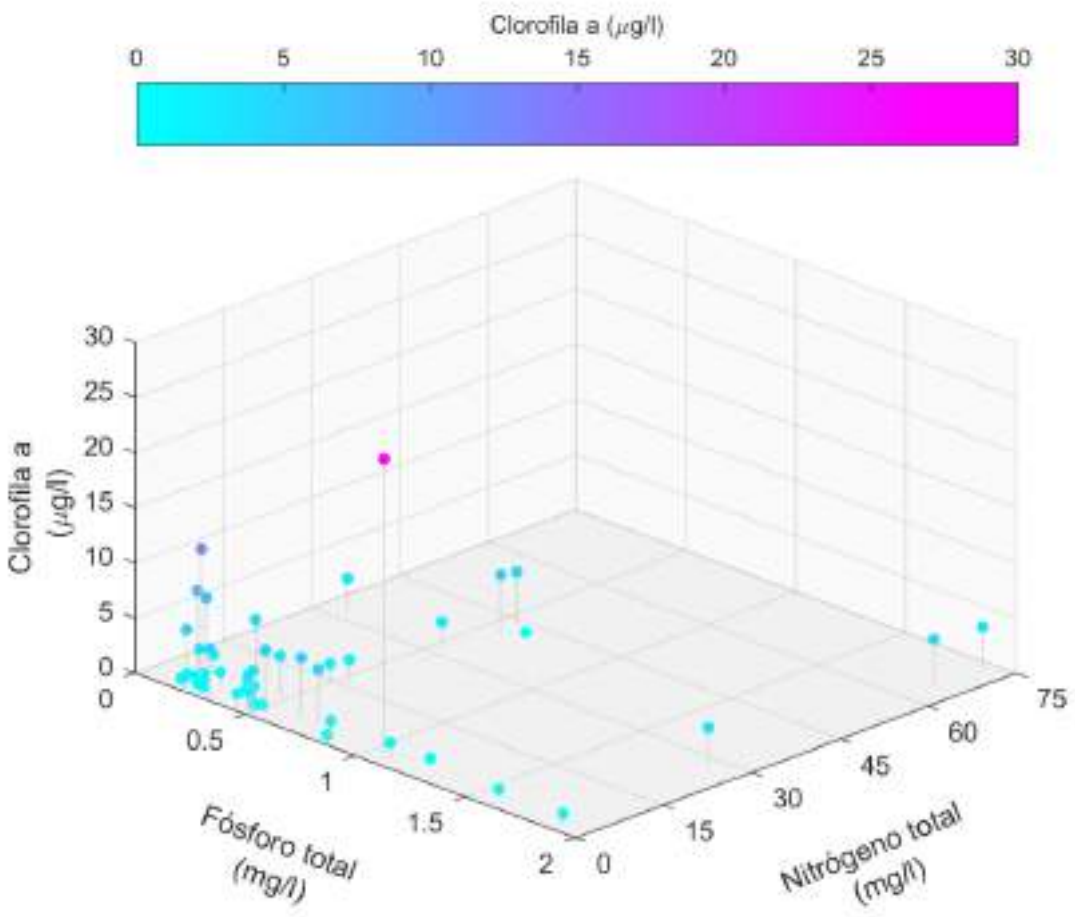


Figura 3.220. Clorofila ‘a’ en función de las concentraciones de Fósforo y Nitrógeno totales.

Folio005713

3.3.5 Diagnóstico integrado

A continuación, se presenta la metodología a utilizar para la obtención del índice integrado de vulnerabilidad. Se consideran tres etapas: Definición metodológica de vulnerabilidad, revisión de índices de calidad y el análisis de la vulnerabilidad aplicada en la cuenca del río Loa.

3.3.5.1 Etapa 1: Definición metodológica de vulnerabilidad

El índice resultante para cada una de las secciones del río Loa, será representado en una cartografía de "Índice Integrado de Vulnerabilidad". A partir de esto, se podrá identificar cuáles son los tramos más críticos. Los índices serán calculados una vez ejecutadas todas las campañas y analizados los datos.

La vulnerabilidad es considerada como una función de ***exposición*** a un estresor, efecto (también denominado ***sensibilidad*** o impacto potencial) y la recuperación potencial (también denominado resiliencia o ***capacidad adaptativa***), (De Lange et al., 2010). En general, vulnerabilidad ecológica es un término que puede ser usado a varios niveles jerárquicos (organismos, población, comunidad, ecosistema y paisaje). En este trabajo se entenderá como "el grado para la cual un sistema, subsistema, o componente de un sistema es probable que experimente un daño debido a la exposición a un peligro, ya sea una perturbación estrés o estresor", y es consistente con la definición social y ambiental del término (Beroya-Eitner, 2016).

En este estudio, vulnerabilidad se asocia a los cambios en el **caudal del río y cambios en los niveles de salinidad** a los que pueden estar expuestos la especies y el funcionamiento de los ecosistemas. Solamente en tiempos recientes, se han desarrollado demandas explicitas a la comunidad científica para desarrollar indicadores para guiar e informar sobre elecciones de política pública. Pero la vulnerabilidad es un conjunto complejo de hechos, escalas y procesos que la determinan, y expresarla en forma de unos pocos indicadores o en un único índice ha sido problemático. No obstante, debido a que los indicadores son sucintos y facilita la comprensión de la información, se han hecho cada vez más importantes (Beroya-Eitner, 2016).

La metodología para evaluar la vulnerabilidad ecológica e hidrológica es compleja y habitualmente está orientada por los enfoques y problemáticas abordadas por los investigadores en los estudios de base científica. En términos más operacionales, las directrices de los estados representan acuerdos de gestión y bases de trabajo para los operadores ambientales, y forman una base de análisis comparativo. Así, dentro de la amplia gama de indicadores y aspectos específicos sobre los cuales se formula la pregunta de vulnerabilidad (Beroya-Eitner, 2016), se ha elegido un enfoque desarrollado sobre el concepto de cuenca (Ippolitto, 2010), quien propone una aproximación, que está dentro de las necesidades del estudio del Gobierno Regional de Antofagasta. No obstante, las diferencias de aproximaciones y en métricas, los estudios de vulnerabilidad ecológica

Folio005714

reconocen los mismos aspectos a considerar. Estos se han desarrollado en dos aproximaciones principales, una basada en las especies como unidades de análisis y otra en ecosistemas.

3.3.5.1.1 Estresores de los ecosistemas

i. Caudal

El caudal a lo largo del eje longitudinal del río, presenta patrones de variación estacional, que se pueden definir en dos sectores: i) uno altiplánico desde las cabeceras hasta la confluencia del río Salado con el Loa, donde los caudales presentan crecidas en el periodo de verano, especialmente en los meses de enero, febrero y marzo, tal como se indican en la Figura 3.221; ii) y un sector de cuencas media a baja, donde el patrón de los caudales es mas homogéneo a lo largo del año, con un ciclo anual poco diferenciado, con valores mayores en los meses de junio - agosto.

Dado que el caudal es una variable central en la ecología lótica, los patrones de variaciones que se observan, que tienen ciertos niveles de variabilidad, puede actuar como estresor de los ecosistemas acuáticos. En el caso del caudal, las crecidas con sus probabilidades de excedencia son estresores de los ecosistemas acuáticos, que ocurren en los eventos de precipitaciones intensas, que provocan crecidas del caudal, que en muchos casos resetean los ecosistemas, especialmente en la parte alta. Provocan una destrucción de la biomasa de componentes bióticos de los ecosistemas. Por otra parte, las reducciones del caudal es otro estresor para los ecosistemas, producto de la regulación del río y los patrones de cambio en las precipitaciones en la región altiplánica, pueden provocar una reducción del ancho de los canales por donde fluye el caudal, y producir un estrés en los ecosistemas lóticos.

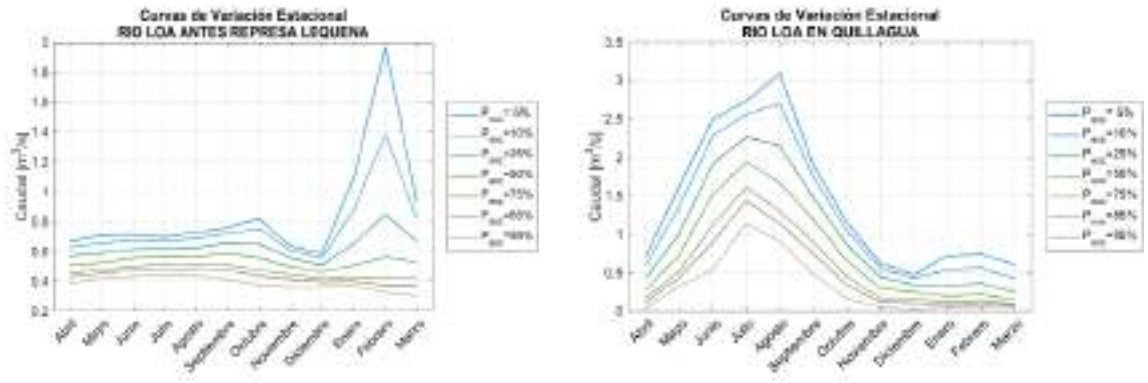


Figura 3.221. Curvas de variación estacional del sector alto del río y de la cuenca baja.

Las estaciones indicadas en la Figura 3.221, muestran las curvas de probabilidad de excedencia de esos lugares. Sin embargo, las reducciones por factores meteorológicos son el otro aspecto de del caudal como estresor de los organismos, que significa la reducción

Folio005715

del caudal que puede exponer a los organismos a mayores valores de salinidad en el curso de agua y en los bordes

ii. Salinidad

La salinidad es otra variable de gran significado para los ecosistemas lóticos. En el caso del río Loa es de importancia, por ser un río regulado y encontrarse en un área desértica.

a) Los organismos/individuos

Los organismos necesitan mantener una presión osmótica relativa al medio en el cual viven. Esto significa que la salinidad interna es mayor que la salinidad externa y ellas deben gastar energía para mantener los iones en el cuerpo y excluir agua. Si la salinidad de agua externa llega a ser mas alta que la salinidad interna, ellas podrán tener una alta salinidad interna o bien gastar energía para expulsar los iones y mantener agua (Cañedo-Arguelles et al 2013).

b) Poblaciones/comunidad/ecosistemas

A nivel de la comunidad algunas especies pueden ser mas competitivas que otras bajo altas condiciones de salinidad. La salinización de los ríos puede favorecer las taxa fisiológicamente tolerantes, que usan el costo energético de la osmorregulación como una vía de escape de los efectos adversos de predación y competencia. Por lo tanto, la salinización puede realzar la colonización por especies exóticas e impedir el establecimiento de especies de agua dulce sensibles (Cañedo-Arguelles, 2013).

El efecto de la salinidad sobre los procesos en los ecosistemas depende de varios factores, tales como la concentración de sal, tipo de sal, duración de la exposición (aguda o crónica) y muy importantemente del contexto. Todos esos factores varían entre estudios y, además, existe una escasez de estudios relacionados a los impactos de la salinidad en los procesos ecosistémicos (Berger el al 2019).

3.3.5.1.2 Formulación para la evaluación de la vulnerabilidad

En este estudio se ha seleccionado una aproximación en el nivel de ecosistemas en sentido amplio, y la vulnerabilidad de ecosistemas se puede definir como “el potencial de un ecosistema para modular su respuesta a estresores en el tiempo y espacio, donde ese potencial es determinado por características de un ecosistema que incluye muchos niveles de organización”.

Para la evaluación de la vulnerabilidad, se consideran los planteamientos de dos autores, que tienen un enfoque similar entre ellos y al considerado para el presente análisis:

$$V_x = Se_x * Su_x / (1 + R_x) + HA_x$$ (Ippolito et al,2010)

donde,

V_x = Vulnerabilidad del ecosistema al estresor X.
Se_x = Valor atribuido a la influencia del estresor X sobre la sensibilidad de la comunidad.
Su_x = Valor atribuido a la influencia del estresor X sobre la sensibilidad a la exposición.
R_x= Valor atribuido a la influencia del estresor X a la capacidad de recuperación.
HA_x = Valor atribuido a la influencia del estresor X sobre la alteración del hábitat.

$$V = (ex + se - ca + 1) / 3 \qquad \text{(Valencia et al,2014)}$$

donde,

V = Vulnerabilidad.
se = Sensibilidad.
ex = Exposición.
ca= Capacidad adaptativa

Se puede apreciar que cada componente de vulnerabilidad entre los dos autores es bastante similar, a excepción de la la componente HA_x (Valor atribuido a la influencia del estresor X sobre la alteración del hábitat) que Valencia et al (2014) no la considera.

En la Tabla 3.97 Puntajes atribuidos a las componentes de vulnerabilidad ecosistémica (Ippolitto, 2010)., se muestran los puntajes atribuidos a cada componente de la valoración de Ippolito et al (2010). Con esto se tiene un resultado final de vulnerabilidad que va desde 0 (ecosistema no vulnerable al estresor) hasta 12 (ecosistema altamente vulnerable al estresor).

Tabla 3.97 Puntajes atribuidos a las componentes de vulnerabilidad ecosistémica (Ippolitto, 2010).

Puntaje	Influencia en Se, Su, HA	Influencia en R
0	Sin influencia	Influencia alta
1	Influencia baja	Influencia media
2	Influencia media	Influencia baja
3	Influencia alta	Sin influencia

Por otro lado, Valencia et al (2014) evalúa la vulnerabilidad del sistema según índices de calidad general, donde normaliza cada componente para que cada una se mueva en el rango entre 0 y 1. Además, el resultado final de vulnerabilidad también se encuentra normalizado, teniendo la interpretación de su valor según se muestra en la Figura 3.222:

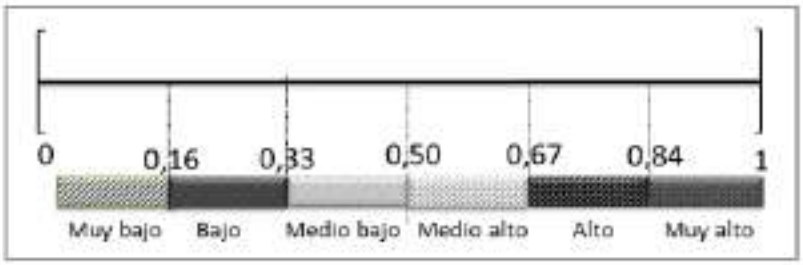


Figura 3.222 Rangos propuestos para la interpretación de la vulnerabilidad (Valencia et al.,2014)

A continuación, se presenta la expresión adoptada para el cálculo de la vulnerabilidad en la cuenca del Río Loa, que corresponde a una adaptación de la propuesta de Valencia et al (2014), considerando una componente asociada al hábitat como expone Ippolito et al (2010):

$$V_{LOA} = (Se + Su + HA - R + 1)/4 \qquad \text{(Adaptado para análisis Río Loa)}$$

donde,

V = Vulnerabilidad del ecosistema.
S*e* = Valor atribuido a la sensibilidad de la comunidad.
S*u* = Valor atribuido a la sensibilidad a la exposición.
R = Valor atribuido a la capacidad de recuperación.
HA = Valor atribuido a la alteración del hábitat.

3.3.5.2 Etapa 2: Revisión de índices de calidad

En esta etapa se presenta la selección de índices, obtenida a partir de una revisión bibliográfica, que permiten ser aplicados en cada sitio de muestreo. A partir de estos índices se podrá representar las 4 componentes para el análisis de la vulnerabilidad: Sensibilidad de la comunidad, sensibilidad a la exposición, capacidad de recuperación y alteración del hábitat.

3.3.5.2.1 ICA: Índice de calidad de agua

El índice de calidad de agua (ICA) (IDEAM, 2014), cual permite reconocer problemas de contaminación en algún tramo del río en un determinado tiempo. Para llevar a cabo lo anterior, se seleccionan algunos parámetros representativos (IDEAM 2014), tales como sólidos suspendidos totales (SST), pH del agua y conductividad eléctrica (CE), los cuales representan material en suspensión, acidez o alcalinidad del agua y mineralización, presencia de sales, conjugando cationes y aniones disueltos, respectivamente.

Para el cálculo del ICA en la cuenca del río Loa se seleccionan 5 parámetros representativos, los cuales corresponden a: sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquómica de oxígeno (DBO), conductividad eléctrica (CE), pH del agua y la degradación

Folio005718

por intervención antrópica (NT/NP). La ponderacíon de cada parámetro es de un 20% por lo que el ICA queda expresado según la Ecuación 1.

$$ICA = \frac{1}{5} * (I_{SST} + I_{DBO} + I_{CE} + I_{pH} + I_{NT/PT}) \quad \text{Ecuación 1}$$

A continuación, se procede a revisar las relaciones funcionales de cada uno de los parámetros seleccionados, las cuales tienen una escala de 0 a 1, en donde, 0 representa una muy mala calidad del agua, mientras que 1, una buena calidad (ver Tabla 3.98).

Tabla 3.98 Clasificación de cada uno de los ICA, según su valor (Fuente: IDEAM, 2010)

Valor índice	Clasificación	Señal de alerta
0,00–0,25	Muy malo	rojo
0,26–0,50	Malo	naranja
0,51–0,70	Regular	amarillo
0,71–0,90	Aceptable	verde
0,91–1,00	Bueno	azul

i. Sólidos suspendidos totales (SST)

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Dicha presencia puede estar relacionada con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. Tiene una relación directa con la turbiedad. (IDEAM, 2011).

El subíndice de calidad para sólidos suspendidos ($\boldsymbol{I_{SST}}$), se define según la relación expresada en la Ecuación 2:

$$I_{SST} = 1 - (-0{,}02 + 0{,}003\ SST) \quad \text{Ecuación 2}$$

En donde SST se encuentra en mg/l y bajo las siguientes consideraciones:

- Si SST $\leq$ 4,5, entonces $I_{SST} = 1$
- Si SST $\geq$ 320, entonces $I_{SST} = 0$.

Luego, el $\boldsymbol{I_{SST}}$ es una recta que se puede apreciar en la Figura 3.223.

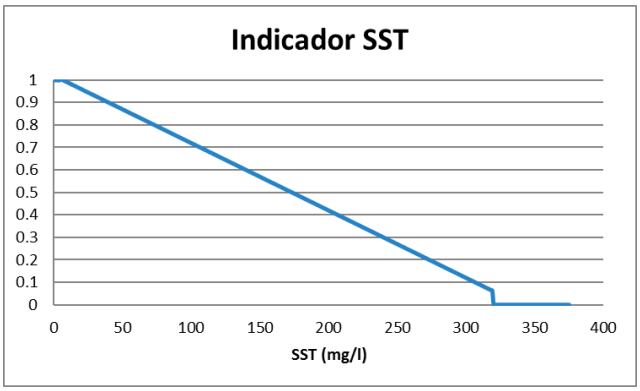


Figura 3.223. Gráfico del indicador de sólidos suspendidos totales en función de SST (mg/l).

Al evaluar el índice en los puntos de monitoreo del río Loa se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.99.

Tabla 3.99 Cálculo de I_{sst} promedio según datos de campaña de muestreo.

Punto de muestreo	Invierno	Verano	Otoño	Primavera	PROMEDIO
S-1	1.00	0.99	0.99	1.00	0.99
S-2	1.00	1.00	1.00	0.90	0.97
1		1.00	1.00		1.00
2			1.00		1.00
3		0.74	0.90		0.82
4			1.00		1.00
5		1.00	1.00		1.00
6		1.00	1.00		1.00
7		1.00	1.00		1.00
8		1.00	1.00		1.00
9		1.00	0.98		0.99
10		1.00	1.00		1.00
11		0.98	1.00		0.99
12		1.00	1.00		1.00
S-3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13		1.00	1.00		1.00
14		1.00	1.00		1.00
S-4	1.00	0.99	0.99	1.00	0.99
S-5	1.00	1.00	0.96	1.00	0.99

ii. Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)

Para el cálculo del índice ICA, se incorporó la DBO_5 la cual da un indicio del contenido de contaminantes orgánicos, que podrían afectar la biota del sistema. Sanchez et al (2007) propone la clasificación que se muestra a continuación:

Tabla 3.100 Escala de clasificación de la calidad del agua con base en la DBO (Fuente: Sanchez et al, 2007)

DBO	Criterio	Descripción
Menor o igual a 3 mg/L	Excelente	No contaminada.
Mayor a 3 mg/L y menor o igual a 6 mg/L	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable
Mayor de 6 mg/L y menor o igual a 30 mg/L	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
Mayor de 30 mg/L y menor o igual a 120 mg/L	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
Mayor de 120 mg/L	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Para evaluar índice, se considera el siguiente criterio:

si DBO ≤ 3, entonces $\boldsymbol{I}_{DBO}$ = 0,91

si 3 < DBO ≤ 6, entonces $\boldsymbol{I}_{DBO}$ = 0,71

si 6 < DBO ≤ 30, entonces $\boldsymbol{I}_{DBO}$ = 0,51

si 30 < DBO ≤ 120, entonces $\boldsymbol{I}_{DBO}$ = 0,26

si DBO > 20, entonces $\boldsymbol{I}_{DBO}$ = 0,125

Al aplicar esta valoración a los datos medidos en terreno en las distintas campañas, se obtiene los resultados presentados en la Tabla 3.101:

Folio005721

Tabla 3.101 Cálculo de I_{DBO} promedio según datos de campaña de muestreo

Punto de muestreo	Invierno	Verano	Otoño	Primavera	PROMEDIO
S-1	0.51	0.91	0.91	0.91	0.81
S-2	0.51	0.71	0.51	0.71	0.61
1		0.71	0.71		0.71
2			0.91		0.91
3		0.91	0.51		0.71
4			0.51		0.51
5		0.51	0.71		0.61
6		0.91	0.91		0.91
7		0.51	0.71		0.61
8		0.51	0.91		0.71
9		0.51	0.71		0.61
10		0.71	0.91		0.81
11		0.91	0.91		0.91
12		0.91	0.91		0.91
S-3	0.91	0.91	0.91	0.71	0.86
13		0.91	0.91		0.91
14		0.91	0.91		0.91
S-4	0.91	0.91	0.71	0.71	0.81
S-5	0.91	0.91	0.91	0.71	0.86

iii. Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica en el agua está directamente relacionada con el contenido de cationes y aniones, que a la vez, se puede relacionar con la cantidad de sales disueltas en el agua.

El subíndice de conductividad eléctrica ($\boldsymbol{I_{CE}}$), según lo establecido en IDEAM (2011), se expresa según la Ecuación 3:

$$I_{CE} = 1 - 10^{(-3{,}26 + 1{,}34\ log_{10} CE)} \qquad \text{Ecuación 3}$$

En donde CE se encuentra en μS/cm y bajo la siguiente consideración: Si $I_{CE} < 0$, entonces $I_{CE} = 0$.

Luego, $\boldsymbol{I_{CE}}$ se puede apreciar en función de la conductividad eléctrica en la Figura 3.224.

Folio005722

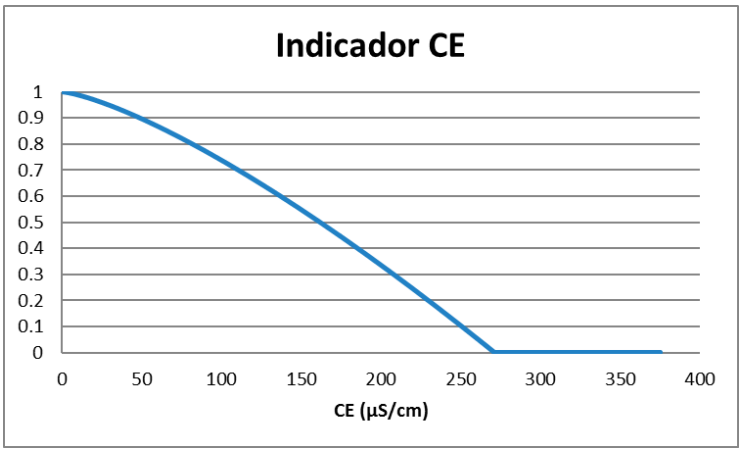


Figura 3.224. Gráfico del indicador de conductividad eléctrica en función de CE (μS/cm).

Al evaluar el índice en los puntos de monitoreo del río Loa se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.102.

Tabla 3.102 Cálculo de I_{CE} promedio según datos de campaña de muestreo.

Punto de muestreo	Invierno	Verano	Otoño	Primavera	PROMEDIO	Clasificación
S-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
S-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		0.00	0.00		0.00	
2			0.00		0.00	
3		0.00	0.00		0.00	
4			0.00		0.00	
5		0.00	0.00		0.00	
6		0.00	0.00		0.00	
7		0.00	0.00		0.00	
8		0.00	0.00		0.00	
9		0.00	0.00		0.00	
10		0.00	0.00		0.00	
11		0.00	0.00		0.00	
12		0.00	0.00		0.00	
S-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13		0.00	0.00		0.00	
14		0.00	0.00		0.00	
S-4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
S-5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Folio005723

iv. Indicador de pH

A continuación, se define por tramos el subíndice I_{pH}, desde la Ecuación 4 a la Ecuación 7:

Si (pH<4) o si (11> pH) entonces:

$$I_{pH} = 0{,}1 \qquad \text{Ecuación 4}$$

Si 4 ≤ pH ≤ 7, entonces

$$I_{pH} = 0{,}02628419\, e^{0{,}520025\, pH} \qquad \text{Ecuación 5}$$

Si 7 < pH ≤ 8:

$$I_{PH} = 1 \qquad \text{Ecuación 6}$$

Si 8 < pH ≤ 11:

$$I_{pH} = 1 \cdot e^{(pH-8)-0.5187742} \qquad \text{Ecuación 7}$$

Este subíndice da a conocer el grago de acidez del agua lo cual puede afectar directamente a la flora y fauna acuática. (IDEAM, 2011). Al graficar la relación funcional entre el pH y el subíndice I_{pH}, se obtiene la Figura 3.225.

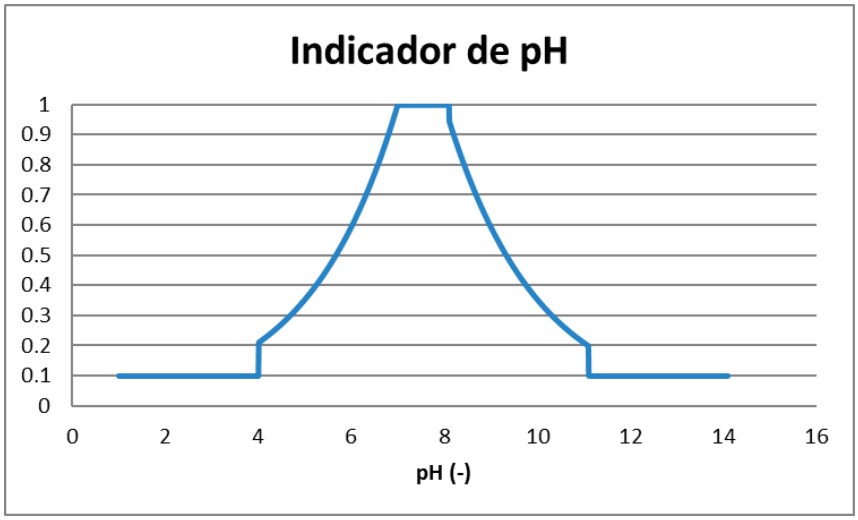


Figura 3.225. Gráfico del indicador de pH en función de pH (-).

Al evaluar el índice en los puntos de monitoreo del río Loa se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.103.

Folio005724

Tabla 3.103 Cálculo de I_{pH} promedio según datos de campaña de muestreo.

Punto de muestreo	Invierno	Verano	Otoño	Primavera	PROMEDIO
S-1	1.00	1.00	1.00	0.00	0.75
S-2	1.00	0.66	1.00	0.00	0.67
1		0.84	0.00		0.42
2			0.00		0.00
3		1.00	0.00		0.50
4			0.00		0.00
5		0.76	0.00		0.38
6		0.68	0.00		0.34
7		1.00	0.00		0.50
8		0.72	0.00		0.36
9		0.84	0.00		0.42
10		1.00	0.00		0.50
11		0.64	0.00		0.32
12		0.61	0.00		0.31
S-3	0.75	0.63	0.69	0.00	0.52
13		1.00	0.00		0.50
14		0.75	0.00		0.37
S-4	0.64	0.71	0.71	0.00	0.51
S-5	1.00	1.00	0.76	0.00	0.69

v. Nitrógeno total/fósforo total

Mide la degradación por intervención antrópica, es una forma de aplicar el concepto de saprobiedad empleado para cuerpos de agua lénticos (ciénagas, lagos, etc.) como la posibilidad de la fuente de asimilar carga orgánica; es una relación que indica el balance de nutrientes para la productividad acuícola de las zonas inundables en los ríos neotropicales (desde el norte de Argentina hasta el centro de Méjico). (IDEAM, 2011)

La ecuación para el cálculo del subíndice de calidad para NT/PT es la utilizada por IDEAM y publicada en la página web para el cálculo de indicadores ambientales. (http://institucional.ideam.gov.co/jsp/info/institucional/eambientales/indicadores/pdf/3.21_HM_Indice_calidad_agua_3_FI.pdf).

si 15 < NT / PT ≤ 20, entonces I NT/PT = 0,8

si 10 < NT / PT ≤ 15, entonces I NT/PT = 0,6

si 5 ≤ NT / PT ≤ 10, entonces I NT/PT = 0,35

si NT / PT < 5, ó NT / PT > 20, entonces I NT/PT = 0,15

Tabla 3.104 Cálculo de $I_{NT/NP}$ promedio según datos de campaña de muestreo.

Punto de muestreo	Invierno	Verano	Otoño	Primavera	PROMEDIO
S-1	0.15	0.35	0.35	0.15	0.25
S-2	0.80	0.80	0.60	0.15	0.59
1		0.35	0.15		0.25
2			0.15		0.15
3		0.15	0.35		0.25
4			0.35		0.35
5		0.35	0.35		0.35
6		0.15	0.60		0.38
7		0.15	0.60		0.38
8		0.15	0.15		0.15
9		0.15	0.15		0.15
10		0.15	0.80		0.48
11		0.15	0.15		0.15
12		0.15	0.35		0.25
S-3	0.35	0.80	0.15	0.15	0.36
13		0.15	0.15		0.15
14		0.15	0.35		0.25
S-4	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
S-5	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

Folio005726

vi. Cálculo ICA en la cuenca del Río Loa

Al evaluar el índice en los puntos de monitoreo del río Loa, considerando el cálculo realzado para cada uno de los 4 parámetros seleccionados, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.105.

Tabla 3.105 Cálculo de ICA promedio según datos de campaña de muestreo.

Punto de muestreo	Invierno	Verano	Otoño	Primavera	PROMEDIO
S-1	0.46	0.65	0.65	0.61	0.59
S-2	0.66	0.70	0.55	0.55	0.62
1		0.61	0.54		0.58
2			0.61		0.61
3		0.56	0.55		0.56
4			0.52		0.52
5		0.52	0.56		0.54
6		0.61	0.64		0.63
7		0.53	0.66		0.60
8		0.46	0.56		0.51
9		0.49	0.54		0.51
10		0.56	0.74		0.65
11		0.56	0.54		0.55
12		0.61	0.57		0.59
S-3	0.58	0.69	0.54	0.51	0.58
13		0.59	0.61		0.60
14		0.55	0.60		0.58
S-4	0.54	0.54	0.51	0.51	0.52
S-5	0.54	0.61	0.60	0.52	0.57

Folio005727

3.3.5.2.2 IBE: índice biótico extendido

El ***índice biótico extendido*** IBE (ChIBE) se aplica sobre la composición del grupo de macroinvertebrados bentónicos, ampliamente utilizados como bioindicadores.

En el caso del IBE se utiliza la Tabla 3.106 de doble entrada para la determinación del índice. La entrada horizontal, debe ser utilizada en correspondencia con la unidad sistemática más sensible presente en la comunidad de la estación en estudio. La entrada vertical, se utiliza en correspondencia con la columna que coincide con el número total de unidades sistemáticas que conforman la comunidad en estudio. De la intersección de las dos entradas se obtiene el puntaje del índice biótico.

Tabla 3.106 Tabla de doble entrada para la determinación del IBE modificada para ríos mediterráneos de Chile (ChIBE). Fuente: Ghetti 1986, 2000

Grupos faunísticos y número de unidades sistemáticas por grupo		Número total de unidades sistemáticas (US)								
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36>
Plecoptera	>1 US	-	-	8	9	10	11	12	13	14
(menos *Limnoperla jaffueli*)	1 US	-	-	7	8	9	10	11	12	13
Ephemeroptera más *L.jaffueli*	>1 US	-	-	7	8	9	10	11	12	-
(menos Baetidae y Caenidae)	1 US	-	-	6	7	8	9	10	11	-
Trichoptera	>1 US	-	5	6	7	8	9	10	11	-
(más Baetidae y Caenidae)	1 US	-	4	5	6	7	8	9	10	-
Parastacidae y/o Aeglidae	+	-	4	5	6	7	8	9	10	-
Janiiridae	+	-	3	4	5	6	7	8	9	-
Oligochaeta o Chironomidae	+	1	2	3	4	5	-	-	-	-
Otros	+	0	1	-	-	-	-	-	-	-

Limnoperla jaffueli debe ser considerada con Ephemeroptera ya que es el equivalente a Leuctridae (inexistente en Chile) en el IBE. También el IBE consideraba Gammaridae, Atyidae, Paleomonidae y Asellidae que no existen en Chile. +: sin los grupos previos (tabla modificada de Guetti 1996)

Para poder reconocer las unidades sistemáticas para los distintos grupos faunísticos presentados en la Tabla 3.106, se puede utilizar la información de la Tabla 3.108. Mientras que para su interpretación se utiliza la información de la Tabla 3.107.

Tabla 3.107 Transformación IBE en clases de calidad ambiental (Ghetti, 1997).

Clase	Color	Indice biótico extendido	Características ambientales
I	Azul	>10	No perturbado
II	Verde	8-9	Moderadamente perturbado
III	Amarillo	6-7	Perturbado
IV	Naranjo	4-5	Muy perturbado
V	Rojo	<4	Fuertemente alterado

Folio005728

Tabla 3.108 Nivel taxonómico que define las unidades sistemáticas.

Grupo Faunístico	Nivel taxonómico que define Unidad Sistemática
Plecoptera	Género
Tricoptera	Familia
Efemeroptera	Género
Coleoptera	Familia
Odonata	Género
Diptera	Familia
Hemiptera	Familia
Crustacea	Familia
Gasteropoda	Familia
Bibalvia	Familia
Tricladia	Género
Hyrudinea	Género
Oligoqueta	Familia
Otros:	Sialidae
	Corydalidae
	Osmylidae
	Prostoma (Nemertinidae)
	Gordididae (Nematomorfa)

Al evaluar el índice biótico con los resultados de zoobentos obtenidos en las campañas de muestreo, se obtienen los valores presentados en la Tabla 3.109. Se consideran las campañas de muestreo de invierno, verano y primavera conglomeradas.

Tabla 3.109 Determinación del IBE modificada para ríos mediterráneos de Chile (ChIBE) aplicado a los distintos puntos de muestreo en la cuenca del río Loa.

Grupo faunístico	Punto de muestreo																		
	S1	S2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	S3	13	14	S4	S5
Plecoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(menos Limnoperla jaffueli)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ephemeroptera más L.jaffueli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(menos Baetidae y Caenidae)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(más Baetidae y Caenidae)	4	4	-	4	-	-	4	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	-
Parastacidae y/o Aeglidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Janiiridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta o Chironomidae	2	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo de mayor sensibilidad	5	5	2	4	1	2	4	1	2	2	4	1	1	1	2	2	2	4	2

Considerando los resultados de la Tabla 3.107, según la interpretación de la Tabla 3.110, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3.110 Calidad ambiental en el Río Loa según índice ChIBE

Punto de muestreo	ChIBE	Característica
S1	5	Muy perturbado
S2	5	Muy perturbado
1	2	Fuertemente alterado
2	4	Muy perturbado
3	1	Fuertemente alterado
4	2	Fuertemente alterado
5	4	Muy perturbado
6	1	Fuertemente alterado
7	2	Fuertemente alterado
8	2	Fuertemente alterado
9	4	Muy perturbado
10	1	Fuertemente alterado
11	1	Fuertemente alterado
12	1	Fuertemente alterado
S3	2	Fuertemente alterado
13	2	Fuertemente alterado
14	2	Fuertemente alterado
S4		Muy perturbado
S5	2	Fuertemente alterado

Los resultados obtenidos a partir del índice biótico extendido muestran una condición bastante alterada del área de estudio. Debido a que el indicador se aplica normalmente a ríos de agua dulce, este índice no es del todo apropiado para los ecosistemas de ríos salinos del norte de Chile, donde la riqueza de especies de macroinvertebrados es menor que en ríos mediterráneos de Chile. Al analizar la distribución latitudinal natural de las familias Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera en Chile (Figura 3.226), es posible observar que a latitudes cercanas a los 22°S, a la cual se encuentra el río Loa, la presencia de estos grupos faunísticos es muy escasa, corroborando la baja exactitud que este índice tendría en el río Loa.

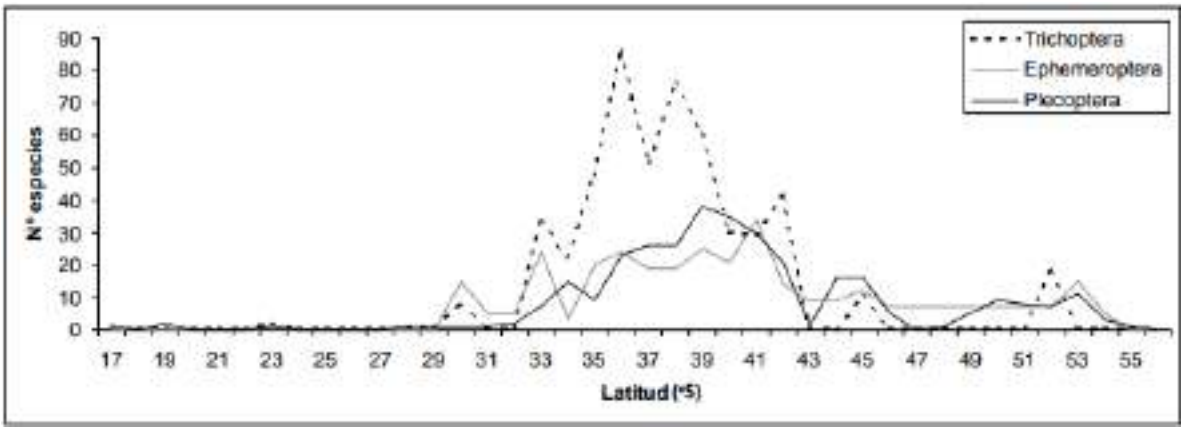


Figura 3.226. Distribución latitudinal de Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera en Chile (Palma, 2013)

3.3.5.2.3 IBF: índice biótico de familia

El índice biótico de familia permite realizar mediciones de calidad de agua basado en la composición de macroinvertebrados. En concreto, este índice considera valores de tolerancia específica para cada familia taxonómica de macroinvertebrados, además de la ponderación de la abundancia relativa de cada familia. Este índice a menudo se utiliza para analizar la calidad de agua en diferentes sectores de los ríos de alta montaña (Figueroa et al. 2003; Fierro et al. 2012; Cortes et al. 2013). En la tabla 3.110, se presentan los valores de tolerancia designados para cada familia de macroinvertebrados. Estos valores de tolerancia varían entre 0 (taxón sensible) y 10 (taxón tolerante) y corresponden a los descritos para ríos de alta montaña por Figueroa (2003).

Para el cálculo del IBF, se siguió la metodología propuesta por Hilsenhoff (1988)[2], donde la sumatoria del producto del número de individuos encontrados por cada familia por el valor de tolerancia respectivo de esa familia, es dividido entre el número total de individuos de la muestra. La ecuación que define esto se presenta a continuación:

$$IBF = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i * T_i)}{\sum_{i=1}^{n} n_i}$$

Donde, Xi es el número de individuos de cada familia; Ti es el valor de tolerancia de cada familia y ni es el número total de organismos.

[2] https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1004/1700

Los valores de IBF obtenidos para punto de muestreo fueron clasificados en 5 clases de calidad de agua, donde cada clase posee un rango de variación del IBF y que con el cual, se determina cada clase de calidad de agua.

Tabla 3.111. Clases de calidad de agua con sus respectivos rangos de variación.

Clase de calidad de agua	Rangos de variación del índice IBF	Calidad de agua
I	<3,75	Muy bueno
II	3,76-4,63	Bueno
III	4,64-6,12	regular
IV	6,13-7,25	Malo
V	7,26-10	Muy malo

Tabla 3.112. Valores de tolerancia para macroinvertebrados bentónicos dulceacuícolas para ríos mediterráneos de Chile (ChIBF; Figueroa 2003).

Plecoptera		**Trichoptera**		**Coleoptera**	
Gripopterygidae	1	Calamoceratidae	3	Elmidae	4
Notonemouridae	0	Glossosomatidae	0	Psephenidae	4
Perlidae	1	Helicopsychidae	3		
Diamphipnoidae	0	Hydropsychidae	4	**Diptera**	
Eustheniidae	0	Hydroptilidae	4	Athericidae	2
Autroperlidae	1	Leptoceridae	4	Blephariceridae	0
Limnephilidae	2			Ceratopogonidae	6
Ephemeroptera		Ecnomidae	3	Chironomidae	7
Baetidae	4	Helicophidae	6	Empididae	6
Caenidae	7	Polycentropodidae	3	Ephydridae	6
Leptophlebiidae	2	Philopotamidae	2	Psychodidae	10
Nesameletidae	7	Hydrobiosidae	0	Simuliidae	6
Oligoneuridae	2	Sericostomatidae	3	Syrphidae	10
Ameletopsidae	2			Tabanidae	6
Oniscigastridae	3	**Megaloptera**		Tipulidae	3
		Corydalidae	0		
Odonata		Sialidae	4	**Amphipoda**	
Aeshnidae	3			Hyalellidae	8
Calopterygidae	5	**Lepidoptera**			
Gomphidae	1	Pyralidae	5	**Isopoda**	
Lestidae	9			Janiridae	4
Libellulidae	9	**Molluscs**			
Coenagrionidae	9	Ancylidae	6	**Decapoda**	
Cordulidae	5	Lymnaeidae	6	Aeglidae	3
Petaluridae	5	Physidae	8	Parastacidae	6
		Sphaeridae	8		
Acari*	4	Chilinidae	6	**Platyhelminthes**	
				Turbellaria	4
Oligochaeta*	8	**Hirudinea***	10		

Folio005732

El índice Biótico de familias, calculado para cada punto de muestreo, registró valores que oscilaron entre 3.19 a 7.9 en el área de muestreo. Un punto de muestreo presentó calidad de agua buena (S2), tres puntos de muestreo presentaron mala calidad de agua y (10, 13, 14) y dos puntos de muestreo registraron valores de IBF que lo clasifican como aguas de muy mala calidad (4 y 6). Para todos los otros puntos de muestreo la clase de calidad de agua correspondió a regular.

Cabe destacar, que aún cuando el índice biótico de familias, actualmente se encuentra adaptado para ríos mediterráneos de Chile, con una valoración de sus clases de manera exigente en términos de su calidad de agua. Su uso en una cuenca de tipo desértica como es la cuenca del río Loa, permitió observar la categoría de "buena" en al menos uno de los puntos de muestreo y "regular" en la mayoría del curso del río. Estos resultados, denotan que éste índice, tendria una alta sensibilidad y exactitud a las condiciones de calidad de agua del río.

Tabla 3.113. Calidad ambiental en el Río Loa según índice IBF

Punto de muestreo	Invierno	Verano	Otoño	Primavera	PROMEDIO	Clasificación
S-1	5.55	4.94	5.47	4.83	5.20	Regular
S-2	4.00	3.19	4.48	4.09	3.94	Bueno
1		4.54	6.02		5.28	Regular
2			5.79		5.79	Regular
3		4.22	6.50		5.36	Regular
4			7.90		7.90	Muy Malo
5		4.10	6.13		5.12	Regular
6		7.68	7.06		7.37	Muy Malo
7		5.29	5.80		5.54	Regular
8		4.00	6.77		5.38	Regular
9		4.52	6.33		5.43	Regular
10		7.00	6.93		6.96	Malo
11		5.33			5.33	Regular
12		5.50	6.55		6.03	Regular
S-3	4.00	6.60	6.95	6.78	6.08	Regular
13		5.50	7.38		6.44	Malo
14		6.09	7.17		6.63	Malo
S-4	4.00	5.60	6.53	6.22	5.59	Regular
S-5	4.00	7.14	5.86	5.68	5.67	Regular

3.3.5.2.5 IHF: índice hábitat fluvial

Entre los protocolos utilizados a nivel internacional, según la bibliografía consultada (Agencia Catalana del Agua, 2006; Confederación Hidrográfica del Ebro, 2013), para la clasificación hidromorfológica de ríos mediterráneos, se encuentran los siguientes:

- Parámetros de Caracterización Morfológica
- Índice de Hábitat Fluvial (IHF)
- Cumplimiento de Caudales de Mantenimiento (QM)
- Índice de Conectividad Fluvial (ICF)
- Nivel de Encauzamiento del Cauce
- Naturalidad de los Usos del suelo en las Riberas
- Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR)
- Índice de Vegetación Fluvial (IVF)
- Índice Hidrogeomorfológico (IHG)
- Morphological Quality Index (MQI)
- Riparian Forest Evaluation (RFV)
- River Habitat Survey (RHS)

Siendo el QBR e IHF los más destacados y usados en los ríos mediterráneos. En Chile, se han utilizado algunos de estos protocolos, especialmente el QBR e IHF (Silva y Arancibia, 2015; Palma et al, 2009, EcoHyd, 2012), además de ser ambos recomendados en la "Propuesta de utilización de biocriterios para la implementación y monitoreo de la norma secundaria de calidad ambiental" (DGA, 2010). Sin embargo, el índice de calidad del bosque de ribera (QBR) considera en su análisis el grado de cubertura vegetal arbórea de la zona de ribera, estructura de la cubierta, calidad de la cubierta y grado de naturalidad del canal fluvial. Por lo tanto, este índice no es aplicable a las zonas medias y altas de la cuenca, donde no existe vegetación arbórea de forma natural. Por ello se dará énfasis en el índice IHF.

El índice de hábitat fluvial (IHF), valora la capacidad del hábitat físico para albergar la fauna determinada, con lo cual se puede valorar el grado de alteración del hábitat de ríos, comparándolo con una estación de referencia. Está compuesto de 7 métricas que miden frecuencia de rápidos, regímenes de velocidad y profundidad, grado de inclusión y sedimentación en pozas, diversidad de sustratos y elementos de heterogeneidad presente.

A continuación, en la Figura 3.227, se muestra la hoja de campo utilizada para valorar el índice.

ÍNDICE DEL HÁBITAT FLUVIAL (IHF)
Hoja de campo

Punto de muestreo	
Fecha	Hora
Operador/a	

Bloques			Puntuación
1. Inclusión en rápidos-sedimentación en pozas			
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10	
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5	
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0	
Solo pozas	Sedimentación 0 - 30%	10	
	Sedimentación 30 - 60%	5	
	Sedimentación > 60%	0	
		TOTAL (una categoría)	
2. Frecuencia de rápidos			
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10	
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8	
	Presencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6	
	Constancia de flujo laminar o rápidos escasos.Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4	
	Sólo pozas	2	
		TOTAL (una categoría)	
3. Composición del substrato			
% Bloques y piedras	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Cantos y gravas	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Arena	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Limo y arcilla	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
		TOTAL (suma de categorías)	
4. Regímenes de velocidad / profundidad			
somero:< 0.5 m lento:< 0.3 m/s	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10	
	Sólo 3 de las 4 categorías	8	
	Sólo 2 de las 4 categorías	6	
	Sólo 1 de las 4 categorías	4	
		TOTAL (una categoría)	
5. Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas	10	
	Totalmente en sombra	7	
	Grandes claros	5	
	Expuesto	3	
		TOTAL (una categoría)	
6. Elementos de heterogeneidad			
Hojarasca	> 10% o < 75%	4	
	1 - 10% o > 75%	2	
Presencia de troncos y ramas		2	
Raíces expuestas		2	
Diques naturales		2	
		TOTAL (suma de categorías)	
7. Cobertura de vegetación acuática			
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10	
	1 - 10% ó > 50%	5	
% Pecton	10 - 50%	10	
	1 - 10% ó > 50%	5	
% Fanerógamas + Charales	10 - 50%	10	
	1 - 10% ó > 50%	5	
		TOTAL (suma de categorías)	
		PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)	

La puntuación de cada uno de los apartados no puede exceder la expresada en la siguiente tabla:

Inclusión en rápidos - sedimentación en pozas	10
Frecuencia de rápidos	10
Composición del substrato	20
Regímenes de velocidad / profundidad	10
Porcentaje de sombra en el cauce	10
Elementos de heterogeneidad	10
Cobertura de vegetación acuática	30

Figura 3.227. Hoja de campo IHF (Fuente: Pardo et al, 2002).

Este índice está compuesto por 7 bloques, aportando cada uno puntaje al índice total, según las características físicas del cauce y su heterogeneidad. A una mayor heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat le corresponde una mayor diversidad de las comunidades biológicas que lo ocupan (Smith & Smith, 2000).

A continuación, se revisa cada uno de estos bloques y se plantea la forma en que serán abordados.

- Bloque 1: Inclusión en rápidos-sedimentación en pozas

El primero de los bloques tiene que ver con el grado de inclusión o sedimentación de las partículas en el lecho. La inclusión considera el grado en que las partículas están fijadas en el lecho, mientras que la sedimentación corresponde a la depositación de material fino en zonas lénticas del río.

Este bloque se evalúa analizando las fotografías de campañas de terreno del CEA en el sector, además de las fotografías de la campaña de realización de calicatas (IHA-UCSC, 2014).

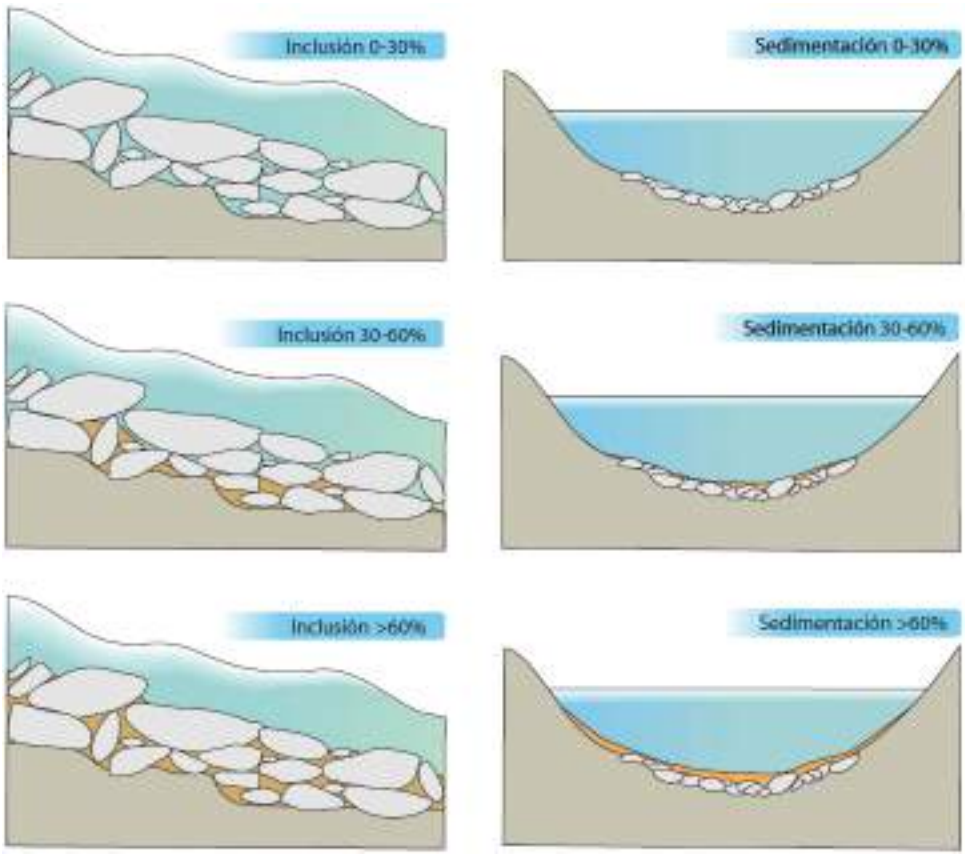


Figura 3.228. Esquema de grados de inclusión/sedimentación (Fuente: Prat, 2009)

- Bloque 2: Frecuencia de rápidos

Se estima el promedio de la distancia entre rápidos en relación con la presencia de zonas apozadas. Dicha estimación se realiza mediante la medición de las distancias a través de Google Earth.

- Bloque 3: Composición del sustrato

En este apartado se considera la proporción que poseen los distintos rangos de tamaño de partículas en el lecho. El diámetro de partículas considerado es el siguiente:

• Bloques y piedras: > 64 mm.
• Cantos y gravas: 2 – 64 mm.
• Arena: 0,6 – 2 mm.
• Limo y arcilla: < 0,6 mm

El porcentaje de cada tamaño se determina analizando las fotografías tomadas en terreno en cada punto de monitoreo. Para ello se utilizó un cuadrante con grilla de 5 cm dispuesto sobre el fondo del cauce.

- Bloque 4: Regímenes de velocidad-profundidad

En este bloque se identifica la presencia de 4 categorías de regímenes de velocidad-profundidad, que corresponden a rápido-profundo, lento-profundo, lento-somero, rápido-somero. En la Figura 3.229, se esquematizan estas 4 categorías, considerando somero un sistema de profundidad menor a 0,5 m, mientras que lento se considera un escurrimiento con velocidad menor a 0,3 m/s. Este análisis se realiza sobre los resultados de las modelaciones realizadas en Hec-Ras.

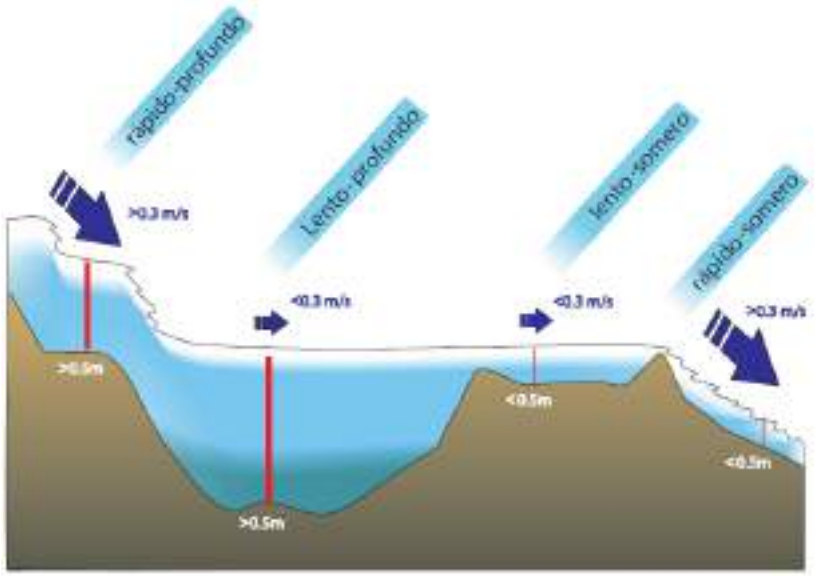


Figura 3.229. Esquema de regímenes de velocidad-profundidad (Fuente: Prat, 2009)

- Bloque 5: Porcentaje de sombra en el lecho

Estima, de forma visual, la sombra proyectada por la cubierta vegetal adyacente, que determina la cantidad de luz que llega al canal del río e influencia el desarrollo de los productores primarios. Se determina analizando las imágenes satelitales de Google Earth y complementado con fotografías capturadas en campañas de terreno del CEA en el sector.

- Bloque 6: Elementos de heterogeneidad

Mide la presencia de elementos tales como hojas, ramas, troncos o raíces dentro del lecho del río. Estos elementos proporcionan el hábitat físico que puede ser colonizado por los organismos acuáticos, a la vez que constituyen una fuente de alimento para los mismos. Se determina analizando las imágenes satelitales de Google Earth y complementado con fotografías capturadas en campañas de terreno del CEA.

- Bloque 7: Cobertura de vegetación acuática

Mide la cobertura de la vegetación acuática en el cauce fluvial. La mayor diversidad de morfologías en los productores primarios incrementa la disponibilidad de hábitats y de fuentes de alimento para muchos organismos. En la misma medida, la dominancia de un grupo sobre el total de la cobertura no debería superar el 50%.

- Plocon: incluye organismos fijados al sustrato por un extremo -rizoides- en muchos casos desprendidos y flotando, por ejemplo, Cladophora, Zygnematales, Oedogoniales y Briófitos.
- Pecton: incluye talos aplanados, laminares o esféricos, por ejemplo, Nostoc, Hildenbrandia, Chaetoforales, Rivulariacias, Fieltros de oscilatorias o Perifíton de diatomeas. Se reconocen debido a que forman finas costras o recubrimientos sobre el sustrato.
- Fanerógamas y charales: Las fanerógamas son los grupos de plantas que presentan flores visibles. Actualmente el término más utilizado para denominarlas es el de espermatofitos. En ambientes fluviales las más comunes pertenecen a los géneros Potamogeton, Ranunculus, Ceratophyllum, Apium, Lemma, Myriophyllum, Zannichellia o Rorippa. Las charales son un grupo de algas consideradas como el único grupo de algas verdes realmente macroscópicas que se dan en aguas continentales.
- Briófitos: incluyen musgos y hepáticas.

En función a la participación de cada grupo vegetacional en el cauce se asigna una determinada puntación (Tabla 3.114). En el caso de la ausencia total de cualquier tipo de vegetación acuática se establece una puntuación de cero puntos.

Folio005738

Tabla 3.114. Valoración cobertura de vegetación acuática

Categoría		Puntuación
%plocon+ briophyta	10- 50%	10
	<10% o >50%	5
%pecton	10- 50%	10
	<10% o >50%	5
% fanerógamas y charales	10- 50%	10
	<10% o >50%	5

A lo largo de las cuatro campañas de monitoreo, se registró en las parcelas acuáticas 12 géneros de plantas acuáticas, pertenecientes a la categoría Fanerógamas, en donde *Shoenoplectus* obtuvo la mayor participación en el cauce, seguido del género *Myriophyllum*.

La aplicación de esta metodología sobre los puntos de monitoreo en la cuenca del río Loa se resume en la Tabla 3.115

Tabla 3.115. Valoración IHF sobre la cuenca del río Loa

Bloque:	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0	0	5	0	0	0	5	5	5	5	0	0	5	5	5	0	0	5	0
2	2	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	4	6	2	2	2	2	2
3	14	17	17	17	11	14	14	17	17	14	14	17	17	14	17	11	14	17	14
4	6	8	8	10	4	6	6	6	8	6	4	6	4	8	8	6	6	4	4
5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	5	5	5	3	5
6	6	4	6	4	4	6	4	4	4	2	4	6	4	6	4	4	6	6	4
7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
TOTAL	33	40	41	38	26	33	36	39	41	32	27	38	37	42	41	28	33	37	29

La escala de colores considerada para la interpretación de los resultados se presenta en la Figura 3.230:

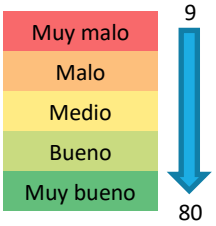


Figura 3.230. Escala de colores considerada para IHF.

Folio005739

3.3.5.3 Etapa 3: Análisis de Vulnerabilidad

Tal como se explicó en el acápite 3.3.5.1.2, la expresión para evaluar la vulnerabilidad es la siguiente:

$$V_{LOA} = (Se + Su + HA - R + 1) / 4 \qquad \text{(Adaptado para análisis Río Loa)}$$

donde,

V = Vulnerabilidad del ecosistema.
Se = Valor atribuido a la sensibilidad de la comunidad.
Su = Valor atribuido a la sensibilidad a la exposición.
R = Valor atribuido a la capacidad de recuperación.
HA = Valor atribuido a la alteración del hábitat.

Según los resultados de esta última formulación adoptada, se clasificará la vulnerabilidad (V_{LOA}) según las categorías expuestas en la Tabla 3.116.

Tabla 3.116 Puntajes atribuidos a las componentes de vulnerabilidad en la cuenca del Río Loa

Muy baja	Baja	Media baja	Media	Media alta	Alta	Muy alta
[0,00-0,14]	(0,14-0,29]	(0,29-0,43]	(0,43-0,57]	(0,57-0,71]	(0,71-0,86]	(0,86-1,00]

3.3.5.3.1 Componentes de la Vulnerabilidad

Como indicador de la sensibilidad (*Se*) de la comunidad, se utilizaró el índice Biótico de Familias (ChIBF), según la siguiente expresión:

$$Se = IBF/10$$

Para evaluar las condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de agua del Río Loa, se utiliza el índice de calidad de agua (ICA) (IDEAM, 2014). Para ello, se seleccionaron algunos parámetros representativos (ver sección 3.3.5.2.1): sólidos suspendidos totales (SST), conductividad eléctrica (CE), pH del agua y la degradación por intervención antrópica (NT/NP).

$$Su = ICA$$

La sensibilidad es una expresión de resistencia, pero no proporciona información sobre la respuesta en el tiempo posterior a la exposición. La evaluación de la capacidad de recuperación, es decir, la capacidad de un sistema para regresar al estado prístino de la organización estructural y funcional después de una alteración inducida por un factor estresante, es particularmente importante si la exposición no es continua o no es

constante. Si bien la recuperación funcional se debe a la característica de todo el sistema, la recuperación estructural depende de la capacidad de recuperación de cada población de la comunidad. La recuperación de la población depende de las propiedades genotípicas y fenotípicas de los individuos (edad, sexo y distribución de biomasa, fecundidad, etc.) y de las propiedades colectivas de las especies (estructura metapoblacional, movilidad, territorialidad, estacionalidad, iteroparidad, etc.). En cuanto a la susceptibilidad a la exposición, no se dispone de criterios precisos para una evaluación cuantitativa de la capacidad de recuperación. Sin embargo, para una evaluación preliminar cualitativa, algunos rasgos relevantes son la capacidad reproductiva, el potencial biótico, la duración del ciclo de vida, la capacidad de adaptación genética, fisiológica y conductual. (Ippolito et al, 2010).

Tal como se reconocío en el acápite 3.3.5.1.1, se reconocen principalmente dos estresores en la cuenca del río Loa, que corresponden al caudal y a la salinidad del sistema. A partir del análisis de estos dos estresores se evalúa la capacidad de recuperación del sistema.

Con respecto a la variación del caudal, ésta generalmente provoca alteraciones en la hidromorfología del río, con consecuencias evidentes en el hábitat de especies, como es por ejemplo la reducción de éste. La constricción del hábitat idóneo, tiene diferentes efectos sobre la biota asociada, relacionada principalmente a cambios de los componentes fisico-quimicos, como la profundidad, temperatura y oxígeno, considerados como variables clave en el desarrollo de los distintas etapas del ciclo de vida de macroinvertebrados. Esta interrupcion del ciclo de vida, podría significar la perdida de especies intolerantes a estos cambios (riqueza y abundancia) y la permanencia de especies mas tolerantes a las perturbaciones antrópicas. Cabe destacar que para desarrollo de éste analisis, los efectos que el caudal pudiese provocar sobre los diferentes taxa de macroinvertebrados fueron considerados de manera genérica.

En cuanto a la salinidad del área de estudio, precisamos que se encuentran dadas por las condiciones naturales del ambiente, como lo es la salinidad del suelo. Sin embargo, su concentración tiene una respuesta relacionada a las descargas de agua sobre el río que eventualmente podría causar la dilución de las sales con agua de otra salinidad.

Para valorar la capacidad de recuperación, se considera la recurrencia de los factores estresantes, es decir, si son eventuales o permanentes. Se considera una capacidad de recuperación igual a 1, si es que corresponde el estresor es eventual o discontinuo, mientras que se da un valor de 0 al ser permanente. Se condidera una valoración de 0,5 en casos combinados o intermedios.

$$R = \begin{cases} 1 & estresores\ eventuales \\ 0{,}5 & estresores\ combinados \\ 0 & estresores\ permanentes \end{cases}$$

Folio005741

Por ello se identificaron las distintas presiones sobre el río en los distintos puntos de monitoreo y se clasificaron según su recurrencia, además de reconocer si tiene un efecto sobre el caudal o la salinidad del agua.

Se indentificó las extracciones agrícolas y ganaderas, industriales y sociales, donde la susceptibilidad a la exposición es más alta porque están presentes durante todo el año y podrían afectar cada parte del ecosistema del río. La influencia en la recuperación es alta ya que estos factores estresantes son continuos, por lo que la recuperación no puede ocurrir.

Para evaluar la alteración del hábitat (HA), se utiliza la siguiente expresión, basada en la normalización del índice de hábitat fluvial:

$$HA=(IHF-9)/80$$

3.3.5.3.2 Evaluación de vulnerabilidad

Al combinar todos los componentes de la vulnerabilidad, se obtienen los resultados de la Tabla 3.117:

Tabla 3.117 Resultados del índice integrado de vulnerabilidad en la cuenca del río Loa (V_{LOA})

Punto de muestreo	*Se*	*Su*	*HA*	*R*	Vulnerabilidad V_{LOA}	Clasificación
S-1	0.52	0.60	0.34	1.00	0.36	Media Baja
S-2	0.39	0.54	0.44	0.50	0.47	Media
1	0.53	0.59	0.34	0.50	0.49	Media
2	0.58	0.62	0.38	0.50	0.52	Media
3	0.54	0.58	0.42	0.00	0.63	Media Alta
4	0.79	0.56	0.45	0.00	0.70	Media Alta
5	0.51	0.61	0.32	0.00	0.61	Media Alta
6	0.74	0.52	0.25	0.00	0.63	Media Alta
7	0.55	0.54	0.41	0.00	0.63	Media Alta
8	0.54	0.63	0.39	0.00	0.64	Media Alta
9	0.54	0.60	0.46	0.00	0.65	Media Alta
10	0.70	0.51	0.45	0.00	0.66	Media Alta
11	0.53	0.51	0.27	0.00	0.58	Media Alta
12	0.60	0.65	0.34	0.00	0.65	Media Alta
S-3	0.61	0.55	0.45	0.00	0.65	Media Alta
13	0.64	0.59	0.39	0.00	0.66	Media Alta
14	0.66	0.58	0.28	0.00	0.63	Media Alta
S-4	0.56	0.60	0.41	0.00	0.64	Media Alta
S-5	0.57	0.58	0.24	0.50	0.47	Media

Folio005742

El “Índice Integrado de Vulnerabilidad” resultante para cada una de las secciones del río Loa, fue representado en una cartografía (Figura 3.231). A partir de la cual se puede identificar cuáles son los tramos más críticos.

En términos generales, la vulnerabilidad en la cuenca resulta con una valoración media alta en la mayor parte de sus tramos. Una vulnerabilidad media se observa en la Quebrada amarga y la zona alta entre Lequena y el embalse Conchi. Inmediatamente aguas abajo del embalse se alcanza la vulnerabilidad máxima, alcanzando el índice integrado de vulnerabilidad un valor de 0,7, que indica una vulnerabilidad media alta, pero alcanzando casi el rango de vulnerabilidad alta. Este valor alto está fuertemente influenciado por la componente asociada al índice biótico de familia (IBF) que probablemente esté influenciado por la presencia del embalse Conchi que presenta una barrera para la continuidad de los macroinvertebrados presentes en el río-

Folio005743

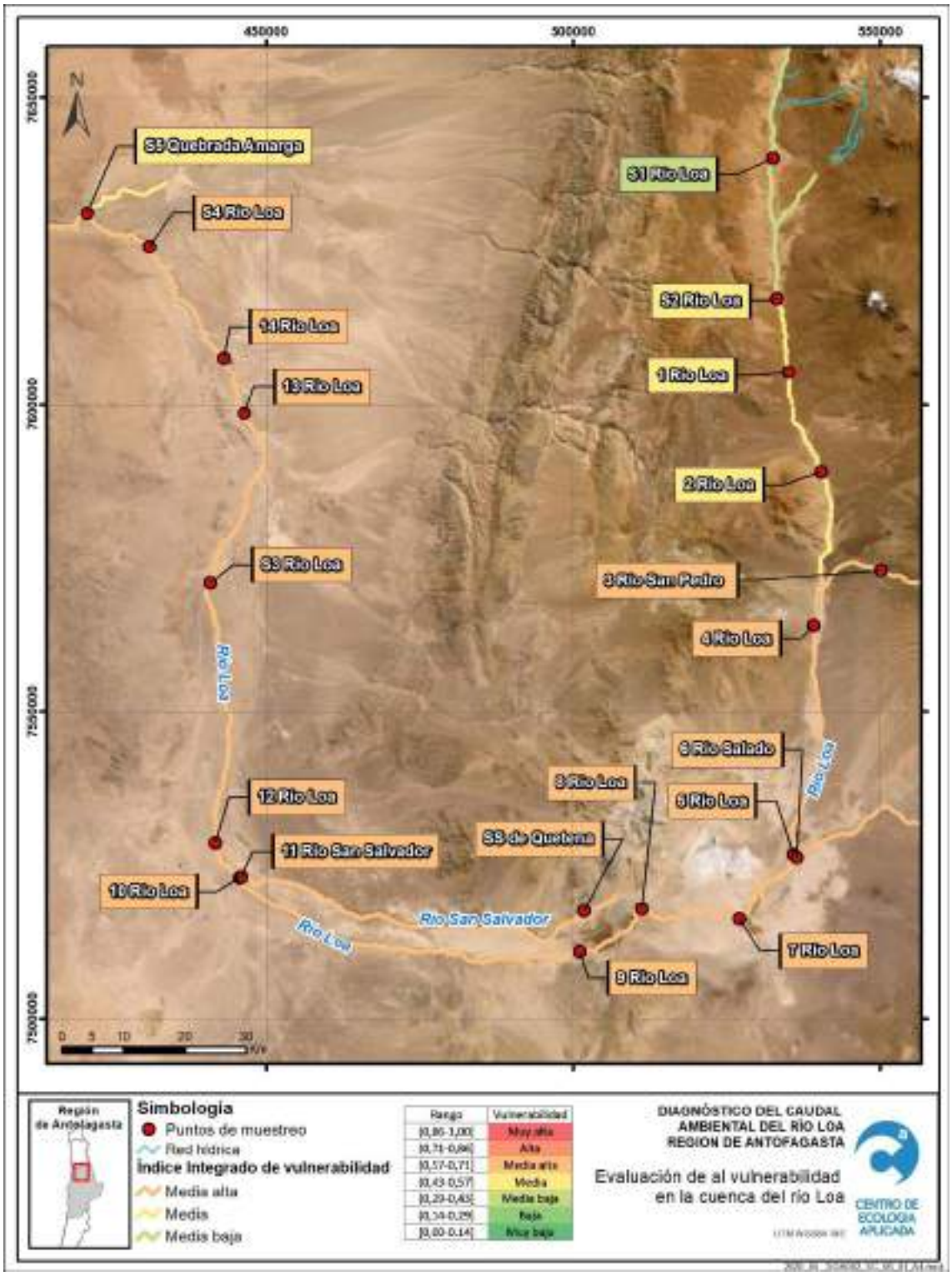


Figura 3.231. Análisis de la vulnerabilidad en la cuenca del río Loa.

Folio005744

4 DESARROLLO OE-2

4.1 Análisis de modelos hidrológicos

Un modelo hidrológico es un conjunto de algoritmos matemáticos que tienen como objetivo aproximar las interacciones entre distintos elementos del ciclo hidrológico. Cada uno de los modelos disponibles en el mercado asume distintas aproximaciones para cada uno de los procesos involucrados, así como también distintas conceptualizaciones de una cuenca. Es por eso que la elección técnica de un modelo en particular debe tener siempre presente primero cuál es el nivel de detalle o precisión que se desea, el nivel de detalle que se puede alcanzar teniendo en cuenta la información que existe y el tiempo disponible para obtener los resultados. Estas líneas no siempre se comunican, por cuanto la información disponible resulta ser importante en la elección del modelo y en la cuantificación de su incerteza.

Existen varios modelos generales de cuenca o de simulación hidrológica que se utilizan en diferentes lugares del mundo, donde las componentes individuales de estos modelos varían significativamente debido a la diversidad de propósitos que sirven (Singh & Frevert, 2005). A continuación, se revisan las características de cuatro modelos, cuya estructura es adecuada para realizar un análisis hidrológico integral de la cuenca del río Loa.

4.1.1 Modelo de Tanque (“TANK MODEL”)

Conceptualmente, el modelo de tanque está compuesto por cuatro tanques dispuestos verticalmente, como se muestra en la Figura 4.1. A la izquierda se presenta el significado físico de cada tanque, mientras que a la derecha (letras a, b, c, d, e y f) se muestran diferentes resultados, dependiendo de las forzantes del modelo. Por ejemplo, si no hay precipitaciones durante mucho tiempo, los tanques superior y segundo se vaciarán, provocando que el modelo del tanque se vea como en la Figura 4.1a o Figura 4.1b. Si se produce una precipitación intensa durante un período más largo, entonces el modelo del tanque asumirá el estado que se muestra en la Figura 4.1e. Cuando la lluvia se detiene, el agua en el tanque superior se escapará rápidamente y el modelo del tanque se moverá al estado que se muestra en la Figura 4.1f (Sugawara, 1995).

Folio005745

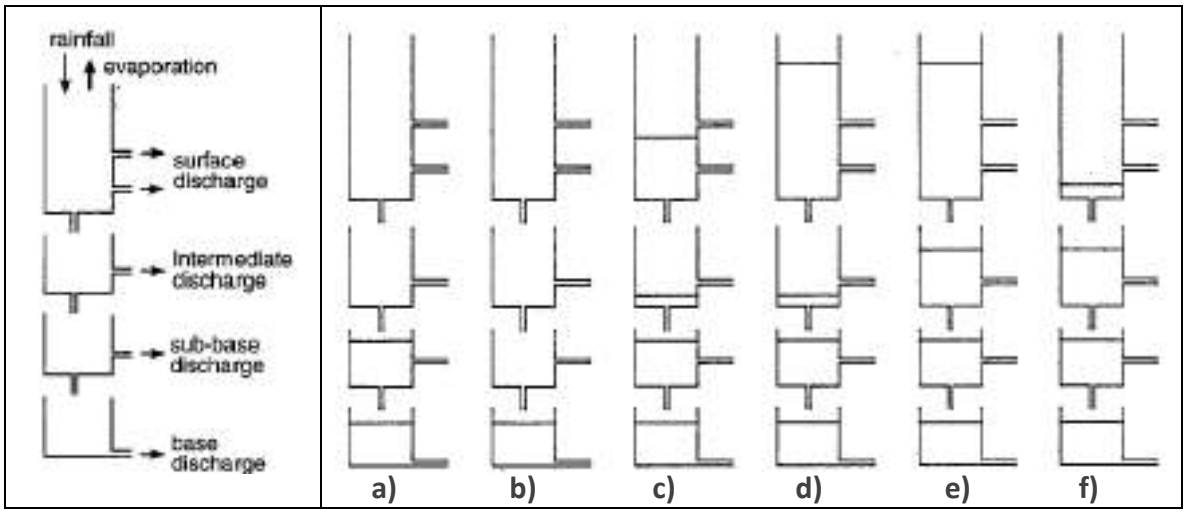


Figura 4.1. Esquema conceptual del modelo de tanque. Fuente: Sugawara, 1995.

En términos generales, la precipitación ingresa en el tanque superior y la evaporación se extrae del mismo tanque superior, lo cual es aplicado para analizar los caudales diarios producto de la precipitación y evaporación diaria. Si no hay agua en el tanque superior (ausencia de lluvias), la evaporación se resta del segundo tanque; si no hay agua tanto en el tanque superior como en el segundo, la evaporación se resta del tercer tanque; y así sucesivamente. De esta forma, el modelo de tanque puede representar tantos tipos de hidrogramas como se desee, debido a su estructura no lineal. Esta estructura además se puede modificar ajustando la posición de las salidas laterales de cada tanque, algo por encima de la parte inferior de cada tanque (a excepción del tanque más bajo) (Sugawara, 1995).

Existen diferentes variedades del modelo de tanque, sin embargo, se ha demostrado que existen al menos dos tipos de almacenamiento subterráneo que pueden ser simulados por este enfoque. Para esto, es necesario dividir el tipo de almacenamiento superior en dos partes, una para la escorrentía superficial y otra para la escorrentía intermedia. Análisis posteriores también condujeron a dividir el tanque inferior en dos tanques, uno para la escorrentía de la sub-base (con una constante de tiempo bastante corta) y uno para la escorrentía de base estable con una constante de tiempo largo (Sugawara, 1995).

La constante de tiempo es el concepto clave del modelo de tanque, lo cual puede ser explicado mediante un tanque lineal simple, como el que se presenta en la Figura 4.2a.

Folio005746

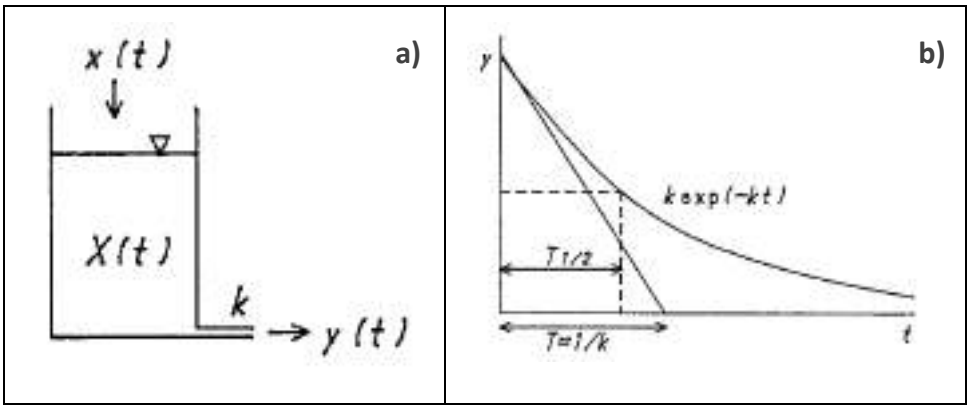


Figura 4.2. Esquema, variables y comportamiento de un tanque lineal simple. Fuente: Sugawara, 1995.

Si X(t) representa el almacenamiento del tanque, x(t) las entradas e y(t) las salidas del sistema, entonces se pueden plantear las siguientes ecuaciones:

$$\frac{d}{dt}X(t) = x(t) - y(t); \quad y(t) = kX(t)$$

Combinando ambas, es posible llegar a la siguiente expresión, donde D=d/dt:

$$y(t) = \frac{k}{D+k}x(t)$$

Donde k/(D+k) representa el retardo de primer orden del sistema. Luego, si consideramos un tanque lineal vacío y asumimos que en t=0 existe una entrada al sistema de la forma de una función Delta de Dirac, i.e., x = δ(t), entonces se obtiene que la salida será la función exponencial y(t) = k·exp(-kt), la cual se muestra en la Figura 4.2b. Si se dibuja una tangente a esta curva exponencial en t = 0, entonces cortará el eje horizontal (tiempo) en T = 1/k, que es la constante de tiempo del operador k/(D+k), para un tanque lineal simple (Sugawara, 1995).

Si bien esto se vislumbra complejo en su comprensión, lo único que se está resolviendo es la ecuación de continuidad o de balance de masas, donde se describe que la variación del almacenamiento en el tiempo (X(t)) es igual a las variaciones de los flujos de entrada y salida sobre dicho volumen de control.

La aproximación y(t) = kX(t), es sumamente conocida como una tasa de decaimiento “lineal” del volumen y representa conceptualmente que la salida del volumen de control considerado es proporcional al volumen que este tiene. Si el volumen está completo, la salida será “más rápida”, mientras que, si el volumen es menor, la salida del flujo disminuirá proporcionalmente con “k”.

Folio005747

En términos generales, la constante de tiempo para cada tanque del modelo de cuatro tanques dependerá de la posición de la salida lateral. Tomando como ejemplo la Figura 4.3, se tiene que, cuando el nivel del agua es más bajo que la última salida, la descarga es controlada por el operador lineal con una constante de tiempo T = 1/k0. Cuando el nivel del agua está entre las salidas laterales superior y media, la descarga es controlada por el operador lineal con constante de tiempo 1/(k0+k1), y cuando el nivel del agua está por encima de la salida superior, la constante de tiempo es 1/(k0+k1+k2). Tal estructura de tanque tiene la propiedad de que la constante de tiempo se vuelve más corta a medida que el almacenamiento se hace más grande (Sugawara, 1995).

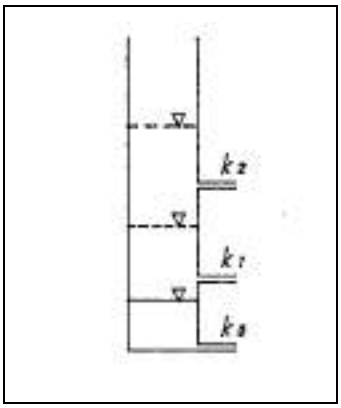


Figura 4.3. Ejemplo de un tanque no lineal. Fuente: Sugawara, 1995.

A nivel de cuenca, lo anterior significa que las constantes de tiempo de los tanques superior, segundo y tercero deben tener una relación aproximada de 1: 5: 5^2 o más. Por ejemplo, si el tanque superior tiene una constante de 1 día, el segundo debería tener al menos 5 días y el tercer estanque al menos un mes (un cuarto estanque podría tener una constante de años). La constante de tiempo también se alargará a medida que el área de captación se hace más grande y será proporcional a la raíz cuadrada del área de captación, es decir, a un diámetro equivalente de la cuenca (Sugawara, 1995).

4.1.1.1 *Humedad del Suelo*

Para considerar el efecto de la humedad del suelo se debe agregar una estructura al fondo del tanque superior como se muestra en la Figura 4.4a. Sin embargo, el efecto de la humedad del suelo debe ser válido para cualquier contexto y hasta ahora los ejemplos son aplicables en zonas donde el suelo está permanentemente saturado. Si llueve en un suelo seco, la humedad filtrará primero el espacio que es fácil de ocupar, es decir, espacio libre en el suelo (humedad primaria del suelo). Solo entonces el agua se transferirá gradualmente al material del suelo (humedad secundaria del suelo), como se muestra en la Figura 4.4b. Este proceso es conceptualizado situando la humedad secundaria del suelo al costado del tanque principal, lo cual se presenta en la Figura 4.4c (Sugawara, 1995).

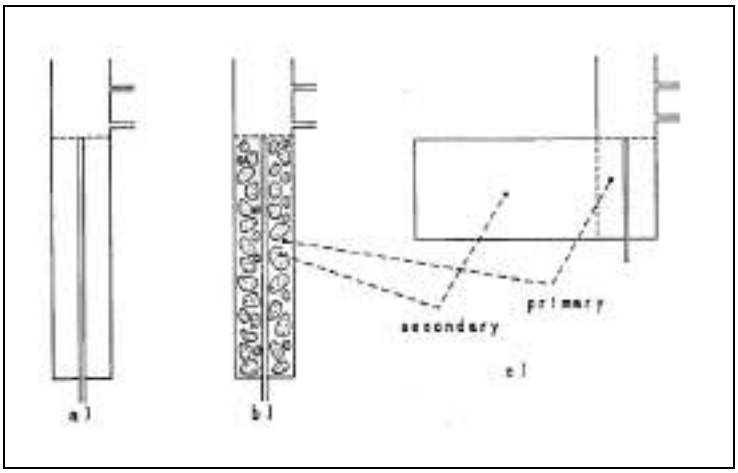


Figura 4.4. Esquema conceptual básico de la humedad del suelo. Fuente: Sugawara, 1995.

El modelo resultante se presenta en la Figura 4.5 y es analizado en los puntos a continuación, de acuerdo a lo señalado por Sugawara (1995).

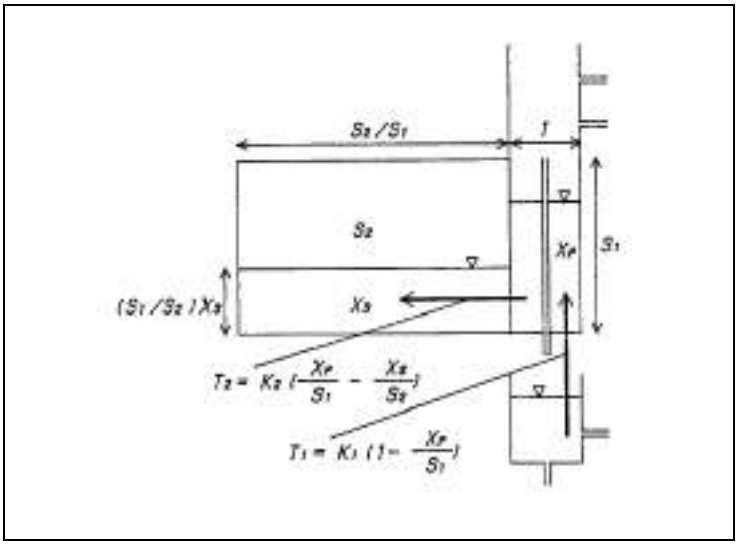


Figura 4.5. Esquema conceptual final de la humedad del suelo. Fuente: Sugawara, 1995.

Folio005749

i. El almacenamiento de la humedad del suelo tiene dos componentes, el almacenamiento primario (X_P) y el almacenamiento secundario (X_S), donde sus máximas capacidades de almacenamiento son S_1 y S_2, respectivamente.

ii. El almacenamiento primario de humedad del suelo y el agua libre en el tanque superior conforman un almacenamiento XA en el tanque superior. La lluvia se agrega a XA y la evaporación se resta de XA. Cuando XA no es mayor que S1, XA es exclusivamente almacenamiento primario de humedad del suelo y no hay agua libre (XF) en el tanque superior. Cuando XA es mayor que S1, la humedad primaria del suelo está saturada y el exceso pasa a ser agua libre en el tanque superior.

iii. Cuando la humedad primaria del suelo no está saturada y hay agua libre en el tanque inferior, se produce un suministro de agua T1 hacia el almacenamiento primario de humedad del suelo, donde:

$$T_1 = K_1(1 - \frac{X_P}{S_1})$$

iv. Existe intercambio de agua entre los almacenamientos primario y secundario de humedad del suelo, lo cual es regulado por T2. Cuando esta variable es positiva, significa que el agua se transfiere desde el almacenamiento primario hacia el secundario, y viceversa. Esta variable se expresa como:

$$T_2 = K_2(\frac{X_P}{S_1} - \frac{X_S}{S_2})$$

v. En presencia de evaporación (E), la ecuación de balance puede ser escrita de la siguiente forma:

$$\frac{dX_P}{dt} = -E + T_1 - T_2 = -E + K_1 - \frac{K_1 + K_2}{S_1} X_P + \frac{K_2}{S_2} X_S$$

vi. El siguiente paso consiste en homogeneizar la ecuación anterior, el cual es un proceso de inspiración física que consiste en substituir un material fuertemente heterogéneo por uno homogéneo equivalente, como es el caso de un medio poroso, lo cual apunta a simplificar el problema numérico de resolución (Lobo et al., 1991). Para esto se define que

$$X_P = x_p + c_p; \quad X_S = x_s + c_s$$

vii. Las variables cp y cs representan nuevos orígenes para el almacenamiento primario y secundario, donde:

$$c_p = S_1 - \frac{E}{K_1} S_1; \quad c_s = S_2 - \frac{E}{K_1} S_2$$

Folio005750

viii. Cuando E es pequeño (E<K1), cp y cs se extienden relativamente alto (ver Figura 4.6a). Cuando E es mayor (E>K1), los nuevos orígenes son bajos (ver Figura 4.6b). Cabe señalar que el cambio estacional en el nivel de estos orígenes juega un rol importante en el comportamiento del almacenamiento de humedad del suelo.

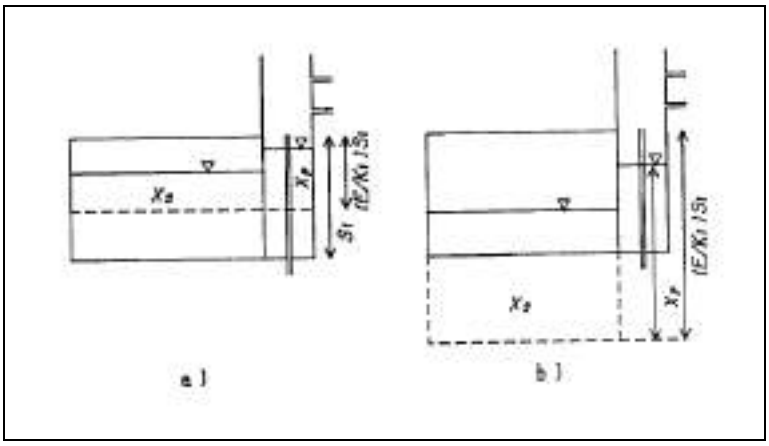


Figura 4.6. Comportamiento del origen, dependiendo de la magnitud relativa de la Evaporación (E). Fuente: Sugawara, 1995.

En regiones áridas, donde la evaporación potencial anual es mayor que la precipitación anual, las regiones montañosas se vuelven más secas en la temporada de estiaje debido al descenso gravitacional del agua subterránea. Por otra parte, las zonas bajas en torno al río permanecen húmedas debido al suministro de agua subterránea de zonas más elevadas. Cuando vuelve la temporada de lluvias, la escorrentía superficial ocurre en primer lugar en las áreas a lo largo del río, porque aún están mojadas. Sin embargo, en las zonas montañosas secas, el agua de lluvia se absorbe como humedad del suelo y no hay escorrentía superficial (Sugawara, 1995).

En otras palabras, durante la estación húmeda el porcentaje de área húmeda aumenta con el tiempo, a la vez que aumenta la escorrentía superficial. Por el contrario, durante la estación seca el porcentaje de área seca aumenta con el tiempo y la escorrentía disminuye. Como la evaporación no ocurre en áreas secas, la evaporación real de toda la cuenca es menor que la evaporación potencial. Por lo tanto, incluso si la evaporación potencial anual es mayor que la precipitación anual, aún existe la posibilidad de escorrentía (Sugawara, 1995).

Tomando en consideración este planteamiento, se presenta en la Figura 4.7 un ejemplo de conceptualización de una cuenca, la cual se divide en 4 zonas (AR1, AR2, AR3 y AR4). El factor importante en este tipo de modelo de tanque es la relación de las áreas de la zona, AR1:AR2:AR3:AR4. Si no hay suficientes datos para determinar esta relación, se debe determinar por el método de prueba y error (Sugawara, 1995).

Esta conceptualización básica permite introducir otras variables, aumentando la complejidad del modelo final a medida que se introducen más variables de entrada y salida,

Folio005751

como el derretimiento nival, gradientes de precipitación y temperatura, demandas evapotranspirativas, entre otras. En general, la incorporación de variables debe venir acompañada de datos, con el fin de mantener la parsimonia del modelo final.

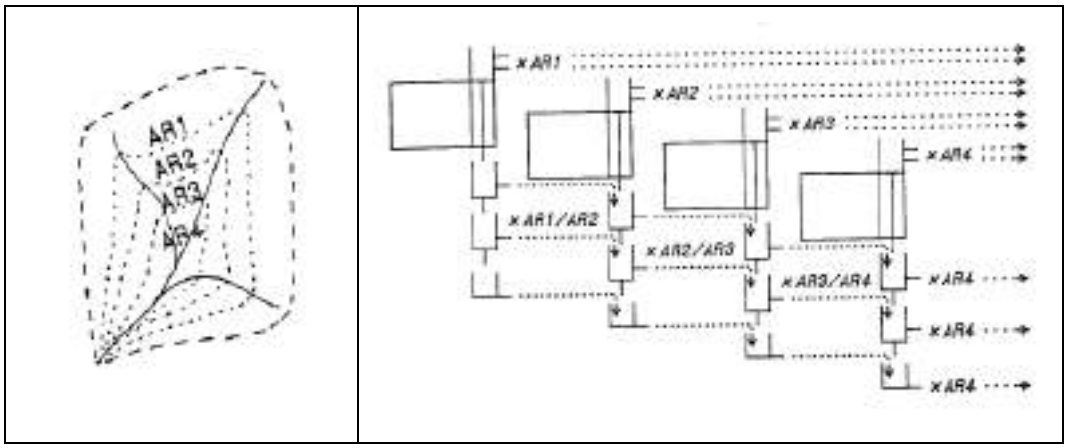


Figura 4.7. Uso del modelo de tanque para simular el comportamiento de una cuenca. Fuente: Sugawara, 1995.

Por último, es importante señalar que el modelo puede ser calibrado a pesar de contar con información de precipitaciones insuficientes (entre otras variables). Para esto, se recomienda emplear las curvas de duración de los caudales observados y simulados para ajustar los parámetros del modelo, lo cual entrega mejores resultados que la comparación de los hidrogramas. Esto fue verificado en cuencas ubicadas en Región Alta del Nilo, donde se observaron condiciones heterogéneas de distribución de lluvias, similares al norte del Chile donde existe la influencia del invierno altiplánico. Estas condiciones de heterogeneidad son tales que, en algunos casos, las estaciones pueden registrar fuertes lluvias, pero la descarga de la cuenca es pequeña. Y, por otro lado, los pluviómetros pueden registrar muy poca lluvia, pero la descarga es grande.

Como último comentario, la aproximación conceptual de la cuenca presentada en la Figura 4.7 puede ser entendida como la aplicación de bandas de elevación sobre una cuenca. Este aspecto es muy sensible, por cuanto permite entender que este tipo de modelos puede caracterizar el gradiente orográfico, muy visto en Chile, en la medida que exista una correcta representación espacial de la cuenca, en concordancia con su régimen hidrológico. Así, por ejemplo, AR1 podría representar una banda “nival”, de incorporarse por supuesto los parámetros adecuados al control de este proceso, mientras que AR4 podría representar un régimen más pluvial, asociado a menores elevaciones.

Folio005752

4.1.2 Modelo de Cuenca UBC

Este modelo fue diseñado originalmente para pronosticar la escorrentía de las cuencas de montaña y por esta razón el modelo permite dividir una cuenca cualquiera en una serie de bandas de elevación, siendo la elevación una de las variables más importantes en la descripción de la escorrentía de montaña. Por otra parte, los datos meteorológicos y de caudales tienden a ser escasos en las zonas de montaña y, por lo tanto, el modelo fue diseñado para operar con una escasa entrada de datos, pero se puede utilizar una base de datos más extensa si está disponible. El modelo estima la acumulación y el agotamiento de la acumulación de nieve, operando completamente a partir de las entradas meteorológicas de las temperaturas máximas y mínimas diarias y la precipitación. La humedad del suelo y las características del agua subterránea se utilizan para controlar la subdivisión en componentes rápidos, medios y lentos de la escorrentía. Estos diversos componentes de la escorrentía se dirigen al sistema de flujo mediante el uso de hidrogramas unitarios y técnicas de enrutamiento de almacenamiento. Aplicaciones adicionales están disponibles en el modelo para describir el almacenamiento del lago y el rastreo[1] (*routing*) del lago. (Quick, 1995; Quick & Pipes, 1977). En la Figura 4.8 se presenta un diagrama esquemático del modelo UBC, que resume lo señalado previamente.

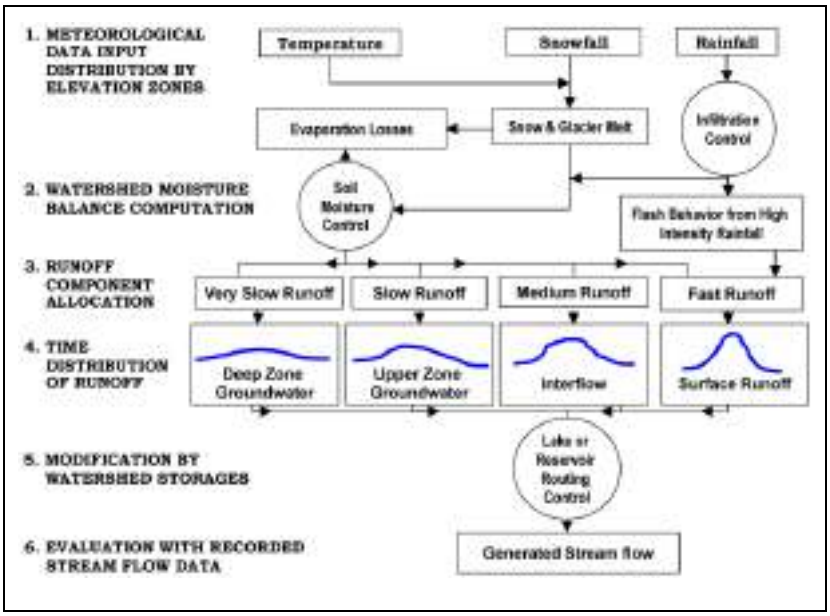


Figura 4.8. Diagrama esquemático del Modelo de Cuenca UBC. Fuente: Hasson, 2016.

[1] En hidrología, el rastreo o routing es una técnica utilizada para predecir cambios en la forma del hidrograma, a medida que el agua se mueve a través de un cauce de río y/o de un reservorio. Es ampliamente utilizado en el análisis de crecidas.

Folio005753

El modelo cuenta con siete componentes principales que permiten una subdivisión lógica de la modelación hidrometeorológica y del proceso de evaluación. A continuación se presentan los principales componentes y sus características.

4.1.2.1 *Sub-modelo meteorológico*

Este componente permite distribuir los datos de entrada a todas las bandas de elevación en que se divide la cuenca, siendo esta distribución altitudinal la parte más importante del proceso de modelación. Esto se debe a que el proceso controla el volumen total de humedad entrante al modelo y, además, especifica la variación de la temperatura con la altura (Quick, 1995).

Las tasas de variación de temperatura del modelo consideran dos condiciones extremas. La primera corresponde a condiciones de tormenta continua, donde la tasa de variación se aproxima al gradiente adiabático saturado. La segunda corresponde a condiciones de cielo despejado y clima seco, donde la tasa de variación se aproxima al gradiente adiabático seco. Con estos límites superior e inferior, la tasa de variación de temperatura se calcula diariamente mediante el uso del rango de temperatura diaria, que es un indicador de las condiciones climáticas. Existe la posibilidad de determinar la tasa directamente de los datos registrados de temperatura, pero esto solo es posible si los datos están disponibles en dos niveles de elevación muy diferentes (Quick, 1995).

También se utilizan parámetros para distribuir la nieve y la lluvia a las distintas elevaciones, de modo que la precipitación aumenta logarítmicamente con la elevación. Los algoritmos empleados son sub-divididos en dos elementos que permiten estimar el efecto orográfico final. El primer algoritmo describe el proceso básico de aumento de la precipitación con la elevación y el segundo modifica esta distribución básica al considerar las variaciones de temperatura (Quick, 1995).

Finalmente, este componente estima la evaporación mediante tres sub-procesos. Primero, se estima la evapotranspiración diaria potencial para la estación meteorológica de referencia. Luego, esta evaporación estimada se distribuye a cada banda (elevación media de cada una). Finalmente, los valores de cada banda son empleados en conjunto con los valores de déficit de humedad del suelo (ver Capítulo 4.1.2.2) para generar los valores de evapotranspiración real de cada banda (Quick, 1995).

4.1.2.2 *Sub-modelo de humedad del suelo*

Este componente controla las perdidas por evaporación, así como la subdivisión de la precipitación y el derretimiento nival en cuatro componentes de escorrentía (rápida, media, lenta y muy lenta), como se indica en la cuarta línea del diagrama presentado en la Figura 4.8 (*time distribution of runoff*). Estos cuatro componentes de la escorrentía total pueden ser interpretados físicamente como escorrentía superficial, escorrentía en la zona no

Folio005754

saturada del suelo o interflujo (*interflow*), y la escorrentía superior e inferior de aguas subterráneas (Quick, 1995).

El modelo calcula el déficit de humedad del suelo, el cual controla a su vez la subdivisión no lineal de la lluvia y el derretimiento en los diferentes componentes de la escorrentía. Se puede notar que el modelo, en vez de intentar estimar la capacidad total de humedad del suelo, opera desde la falta de humedad. De esta forma, cuando el déficit llega a cero, la cuenca alcanza su máximo potencial de escorrentía. En el caso de los eventos de precipitación intensa, cuando esta lluvia supera la tasa de infiltración del suelo se produce una escorrentía instantánea (*flash runoff*) producto del agua que no alcanza a infiltrarse (Quick, 1995). En la Figura 4.9 se presenta un esquema conceptual de este sub-modelo, donde se aprecian las variables de entrada y salida, las contribuciones a las componentes de la escorrentía y la posibilidad de establecer zonas impermeables de suelo.

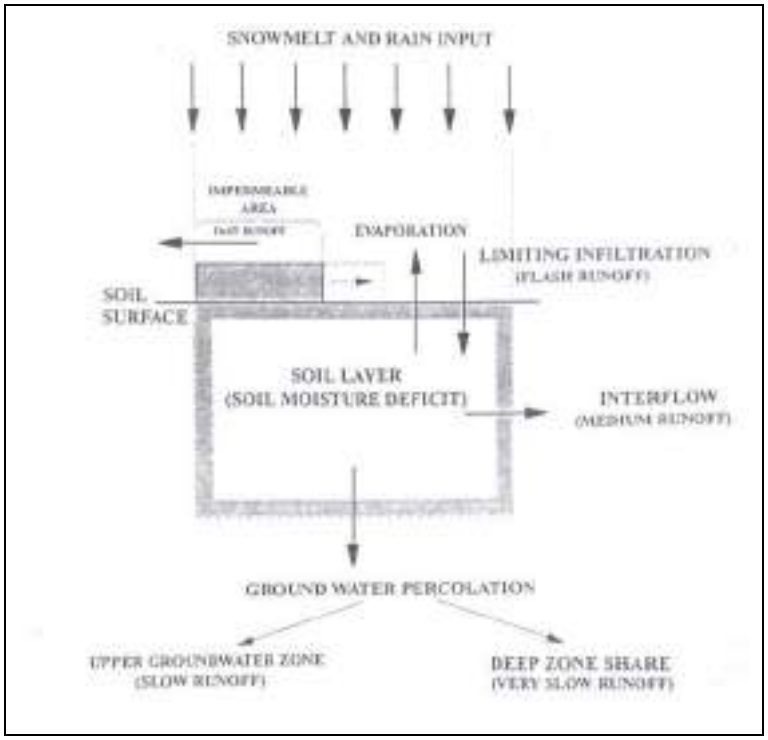


Figura 4.9. Esquema conceptual del sub-modelo de humedad del suelo. Fuente: Quick, 1995.

La tasa de percolación subterránea es controlada por un parámetro constante, de define la magnitud del flujo de agua que sufre una percolación profunda. Cualquier exceso de humedad del suelo por arriba de la tasa de percolación del agua subterránea se dirige hacia el interflujo de la escorrentía. Los parámetros restantes especifican las velocidades a las que estos diversos componentes de la escorrentía llegan al canal. El escurrimiento rápido es controlado por un hidrograma unitario, cuya forma está a su vez controlada por dos parámetros: el número de reservorios lineales y la constante de almacenamiento del reservorio. El agua subterránea y los componentes de interflujo de la escorrentía se manejan usando constantes de almacenamiento de recesión, aunque el componente de

Folio005755

interflujo también usa un hidrograma unitario, muy parecido al escurrimiento rápido, para distribuir la liberación diaria del flujo al sistema (Quick & Pipes, 1977).

4.1.2.3 *Sub-modelo de rastreo de cuencas*

Este componente permite determinar la distribución temporal de la escorrentía (en sus 4 componentes), debido al efecto de almacenamiento del agua en la cuenca, a medida que la escorrentía avanza por los cauces y reservorios. Para esto se pueden utilizar reservorios lineales, pues el comportamiento no lineal de las cuencas es manejado por el sub-modelo de humedad del suelo. De esta forma, el flujo rápido y medio es controlado por una cascada de reservorios lineales que, en esencia, es idéntico a realizar la convolución de hidrogramas unitarios (ver Figura 4.10). Los componentes inferiores de la escorrentía simplemente utilizan un único reservorio lineal que acumula cada día un flujo de entrada y libera un porcentaje ajustado del almacenamiento total de cada día, lo cual evita la necesidad de convolucionar la descarga final (Quick, 1995).

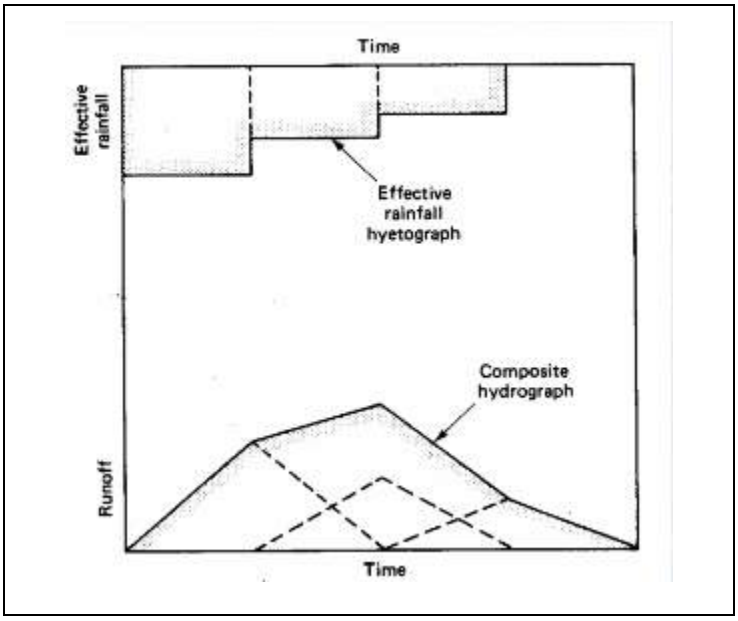


Figura 4.10. Convolución de hidrogramas. Fuente: http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/hidrologia-de-superficies-y-conservacion-de-suelos/ocw-marta-pdf/Tema12.pdf.

En general, las constantes de tiempo empleadas para la distribución temporal de la escorrentía son del orden de un día o menos para el componente superficial (*fast runoff*), de 5 a 10 días para el componente de la zona no saturada (*medium runoff*), de 30 a 50 días para el flujo en la zona superior del agua subterránea (*slow runoff*) y de 100 a 200 días para la zona inferior (*very slow runoff*) (Quick, 1995).

4.1.2.4 *Derretimiento nival*

Las tasas de fusión de nieve dependen de tres fuentes principales de energía térmica que se suman para obtener la energía total de entrada: la transferencia de calor por convección

Folio005756

de una masa de aire caliente, la transferencia de calor radiante neta y los cambios de calor latente asociados con la evaporación o condensación del vapor de agua. Posteriormente, la energía total puede ser dividida en energía para el derretimiento y para la evaporación, proceso que es controlado por la comparación entre la presión de vapor de la masa de aire y la presión de vapor de la nieve superficial. Adicionalmente, la temperatura mínima y el punto de rocío de referencia se pueden usar para discriminar la porción de calor radiante y latente que contribuye al proceso de derretimiento. Los términos adicionales en esta formulación del derretimiento, que representan calor radiante y calor latente, tienen poca influencia cuando las temperaturas diarias son bajas, pero pueden llegar a ser muy importantes bajo condiciones extremas de fusión de la nieve y pueden duplicar aproximadamente las velocidades de derretimiento (Quick & Pipes, 1977).

Respecto a la disponibilidad de información, en general existen datos de temperatura para estimar la transferencia de calor por convección. Por otra parte, las mediciones de radiación y presión de vapor son más escasas, especialmente en áreas montañosas remotas. En esta línea, es posible describir la contribución del aporte de energía radiante en términos del rango de temperatura diaria. A su vez, los cambios de calor latente asociados con la humedad de la masa de aire están razonablemente bien caracterizados por las temperaturas mínimas diarias, que se aproximan al punto de rocío (Quick & Pipes, 1977).

Considerando los elementos expuestos, el modelo contiene dos opciones de cálculo del derretimiento de nieve que se indican a continuación (Quick, 1995):

1. El método del balance de energía, el cual es simplificado cuando solo existe información de temperatura. En caso de contar con datos de radiación, albedo y viento, el modelo puede incorpora estas variables en esta opción de cálculo.
2. El método de grado-día, el cual es dividido en dos tipos de área para calcular el derretimiento (áreas despejadas y con bosque).

Folio005757

4.1.3 Sistema de Modelación de precipitación-Escorrentía (PRMS)

El sistema de modelación de precipitación-escorrentía (PRMS) es del tipo determinista y basado en procesos físicos (teóricos y basados en relaciones empíricas). Fue desarrollado para evaluar la respuesta del caudal a varias combinaciones de clima y uso del suelo, así como para simular la hidrología general de una cuenca (Markstrom *et al*., 2015; Leavesley & Stannard, 1995).

Los objetivos principales del PRMS son (Markstrom *et al*., 2015):

1. Simular procesos hidrológicos incluyendo evaporación, transpiración, escorrentía, infiltración e interflujo, según lo determinen los balances de energía y de agua en el dosel, la capa de nieve y la zona de suelo, sobre la base de información climática distribuida (temperatura, precipitación y radiación solar).
2. Simular balances hidrológicos a la escala de cuencas, para escalas temporales que varían de días a siglos.
3. Integrar el PRMS con otros modelos utilizados para el manejo de recursos naturales o con modelos de otras disciplinas científicas.
4. Proporcionar un diseño modular que permite la selección de algoritmos de procesos hidrológicos alternativos, desde la biblioteca de módulos PRMS estándar.

Desde su lanzamiento ha habido muchas aplicaciones de PRMS. Por ejemplo, se han desarrollado muchas aplicaciones para la gestión del agua y de los recursos naturales, donde se evalúa la respuesta hidrológica a los cambios en las condiciones de la cuenca. En años más recientes, el PRMS se ha utilizado para evaluar la respuesta hidrológica al cambio climático, la interacción entre agua superficial y subterránea, la interacción del clima y la atmósfera con la superficie del agua, entre otras aplicaciones. Este modelo considera cinco tipos de unidades espaciales: el dominio del modelo, segmentos de cauce, HRU's (unidades de respuesta hidrológica), lagos y subcuencas. El dominio del modelo corresponde al área geográfica total que será simulada, mientras que las otras unidades espaciales representan elementos pertenecientes al dominio (Markstrom *et al*., 2015). La Figura 4.11 muestra un ejemplo de la configuración de 10 HRU's con 4 segmentos de río.

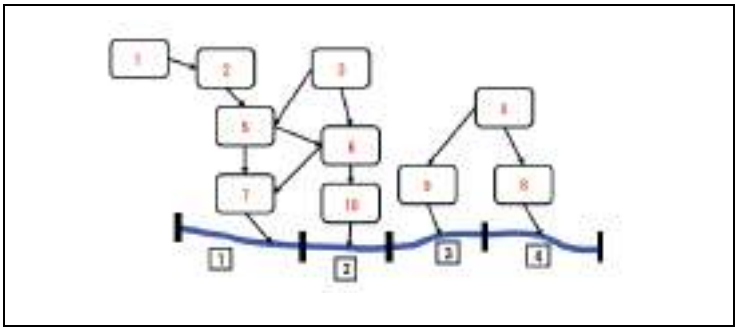


Figura 4.11. Ejemplo de la conexión de HRU's (numerados del 1 al 10) con segmentos de río (numerados del 1 al 4). Fuente: Markstrom *et al*., 2015.

Folio005758

Las Unidades de Respuesta Hidrológica (HRU, por sus siglas en inglés) permiten distribuir espacialmente parámetros tales como la elevación, pendiente y aspecto, tipo de vegetación y tipo de suelo. Adicionalmente, las HRU permiten distribuir las variables climáticas, forzantes del modelo, por ejemplo, la precipitación y la temperatura. Cada HRU se asume como un sistema homogéneo, con respecto a estas características hidrológicas y físicas, y a su respuesta hidrológica (Markstrom *et al*., 2015).

Los segmentos de cauce representan la característica geográfica más pequeña que ocurre en una cuenca hidrográfica y permiten la simulación del flujo canalizado. Este flujo puede ser efímero, intermitente o continuo. En estos segmentos se calculan flujos laterales, así como la entrada y salida de flujo en cada segmento. Además, los usuarios pueden especificar el flujo en cualquier segmento del cauce (Markstrom *et al*., 2015).

Un lago es un tipo especial de HRU, el cual que se simula con diferentes algoritmos que son aplicables a las propiedades hidrológicas de los lagos. Las HRU del lago generalmente se delinean en función de su extensión geográfica (área), considerando el nivel máximo de las aguas. En general, es posible simular las masas de agua como HRU de tipo lago, o bien como almacenamiento de depresión superficial dentro de HRU de tipo terrestre. La forma en que un cuerpo de agua debe ser simulado dependerá de su tamaño y, más importante aún, del efecto que tiene el cuerpo de agua en la respuesta hidrológica de la cuenca (Markstrom *et al*., 2015).

Una subcuenca puede ser identificada como un área del dominio del modelo que contribuye al escurrimiento en un punto específico (por ejemplo, en una estación fluviométrica). Las sub cuencas se definen como conjuntos de HRU y, por lo general, se utilizan para la contabilidad del flujo en una parte de una cuenca o dominio del modelo (Markstrom *et al*., 2015).

En la Figura 4.12 y Figura 4.13 se presentan el esquema conceptual general y específico (de la zona del suelo), respectivamente, de los procesos hidrológicos simulados por el PRMS.

Folio005759

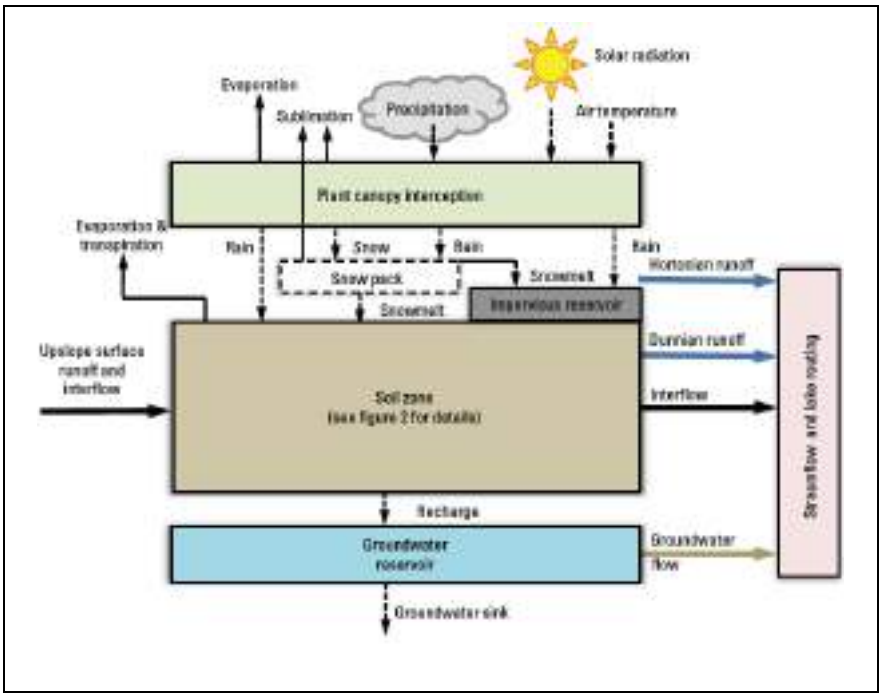


Figura 4.12. Esquema conceptual de los procesos hidrológicos que simula el PRMS. Fuente: Markstrom *et al.*, 2015.

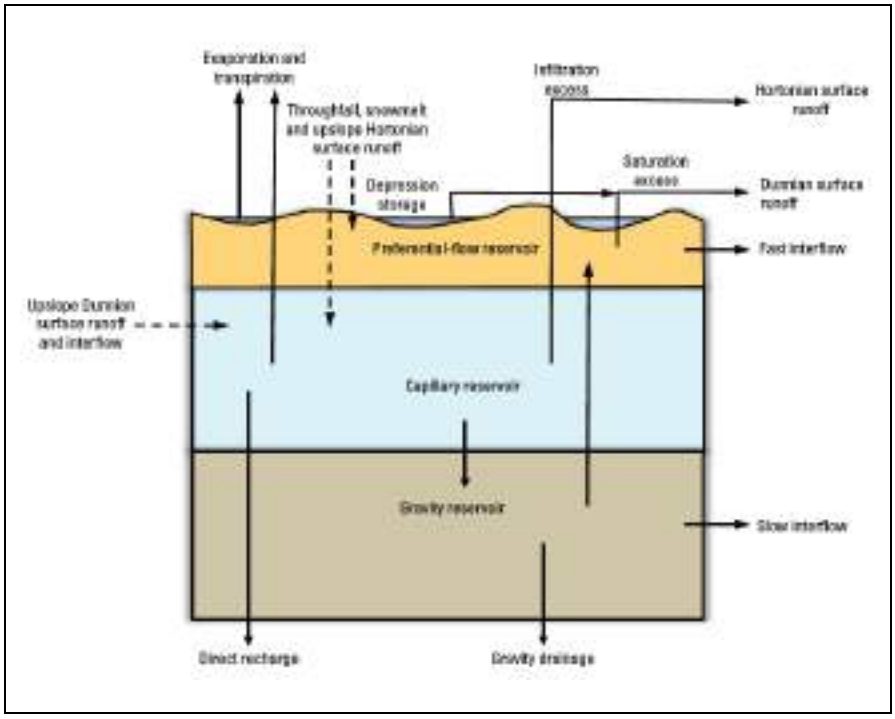


Figura 4.13. Esquema conceptual de los procesos hidrológicos que simula el PRMS en la zona del suelo (*soil zone*). Fuente: Markstrom *et al.*, 2015.

El PRMS representa el contenido de agua de la zona del suelo como un sistema conceptual de tres reservorios (ver Figura 4.13). El uso del término "reservorio" se refiere al mecanismo conceptual de almacenamiento de agua y no a un estanque o lago físico utilizado para el

Folio005760

almacenamiento y la regulación del agua. Estos reservorios conceptuales de la zona del suelo son los reservorios de flujo preferencial, capilar y de gravedad, y son coincidentes en el espacio físico. Gran parte de la capacidad y limitación del PRMS para simular el flujo de agua se asocia a la forma en que el agua se mueve en la zona del suelo y como está almacenada (Markstrom *et al*., 2015).

El reservorio de flujo preferencial representa el contenido de agua que supera el umbral de la capacidad de campo del suelo. El reservorio capilar representa el contenido de agua del suelo entre los umbrales de marchitez y capacidad de campo. El contenido de agua del suelo sobre el umbral de capacidad de campo también se puede distribuir al depósito de gravedad. Este reservorio tiene en cuenta el flujo lento, lateral y el drenaje hacia el reservorio de agua subterránea, desde el perfil del suelo. La capacidad de almacenamiento de un reservorio de gravedad se determina por la diferencia entre la saturación total del suelo y la capacidad de campo, menos la capacidad del depósito de flujo preferencial (Markstrom *et al*., 2015).

La simulación del ciclo hidrológico de una cuenca hidrográfica se divide en 17 procesos (divididos en 39 módulos), que representan los principales procesos hidrológicos (por ejemplo, escorrentía superficial, interflujo o flujo de aguas subterráneas) o tareas administrativas (por ejemplo, lectura de datos de entrada o generación de informes de salida).

En la Figura 4.14 se presenta un diagrama esquemático del modelo PRMS, donde se describen las principales variables que contribuyen al balance hídrico y sus interacciones en los distintos componentes del modelo.

Folio005761

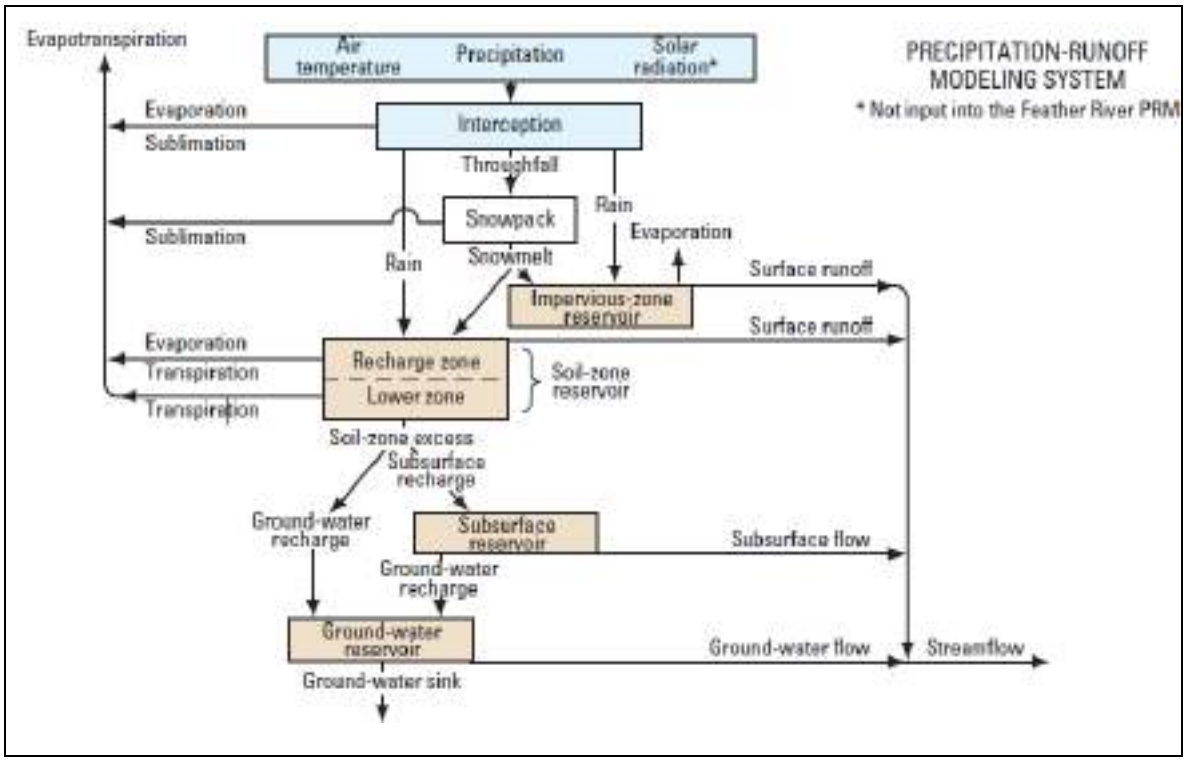


Figura 4.14. Diagrama esquemático del modelo PRMS. Fuente: Markstrom *et al*., 2015.

Folio005762

4.1.4 Sistema de Evaluación y Planificación del Agua (WEAP)

La plataforma WEAP (por sus siglas en inglés: *Water Evaluation and Planning System*), desarrollada por el Stockholm Environment Institute[2] sede en Boston y el Tellus Institute[3], ha sido ampliamente utilizada en Chile, para diferentes aplicaciones y zonas geográficas del país. Una de las razones principales de la elección de esta plataforma de modelación se asocia a su módulo de simulación hidrológica, el cual es adecuado para regímenes pluviales, pluvio-nivales y nivales. Adicionalmente, la última versión de WEAP incluye un módulo para el estudio de masas glaciares.

WEAP es un modelo semi-distribuido en el cual el área de la cuenca puede ser distribuida en tantas subcuencas como sea necesario de acuerdo a los objetivos del análisis, tal que todas las propiedades representadas son espacialmente homogéneas dentro de cada subcuenca. Esta ventaja permite elegir entre una distribución basada en subcuencas, HRU's y/o bandas de elevación, lo que se traduce en flexibilidad para establecer la conceptualización idónea (y diferente) para cada zona de estudio. Cualquiera sea la distribución espacial seleccionada, en cada unidad se deben considerar aspectos como: topografía, uso y cobertura del suelo, distritos agroclimáticos, línea de nieves y el número de orden de los ríos. Adicionalmente, es posible distribuir las variables meteorológicas por diversos métodos y dependiendo de la información disponible, por ejemplo, estimando gradientes de variación de la temperatura y la precipitación, cuando no se cuenta con estaciones en diferentes elevaciones de una cuenca.

Los procesos de generación de escorrentía (base conceptual o conceptualización) de WEAP son representados mediante un esquema de dos estanques (ver Figura 4.15), con evapotranspiración potencial calculada con el método de Penman-Monteith. La acumulación y derretimiento de nieves se expresan por medio de un esquema del tipo grado-día, modificado para incluir un término representativo del flujo neto de energía hacia el manto de nieve. El flujo de energía es función de la radiación neta en la superficie, la que a su vez depende del albedo de la nieve y por ende de la edad de ésta.

[2] http://www.sei-us.org/
[3] http:/www.tellus.org/

Folio005763

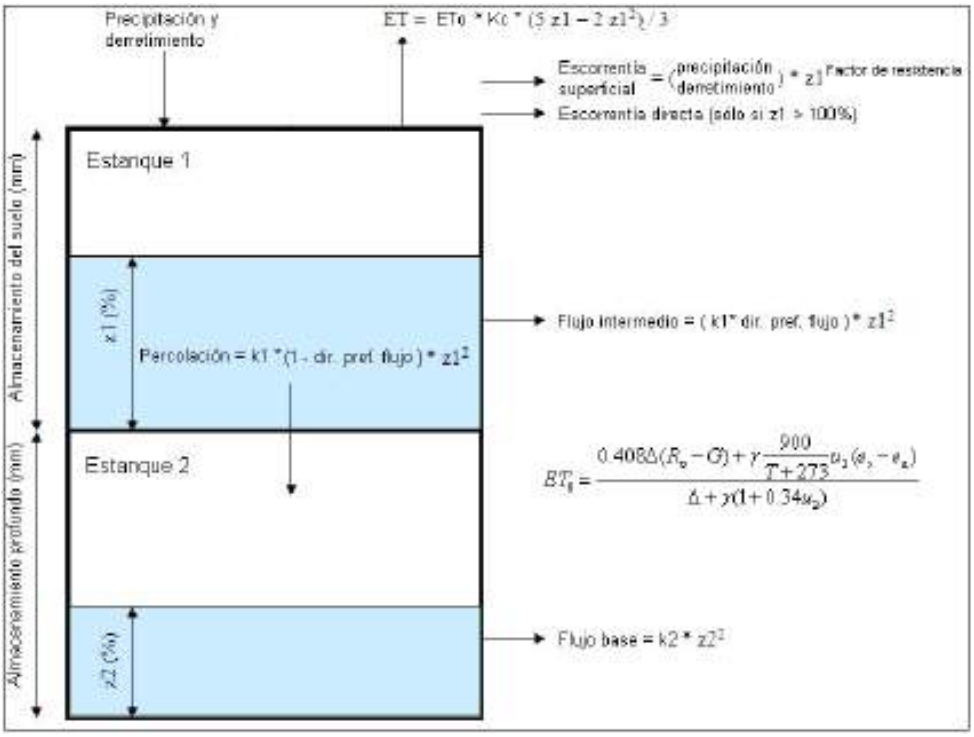


Figura 4.15. Base conceptual modelo hidrológico WEAP. Fuente: Ayala, 2011.

La Tabla 4.1 presenta los parámetros y requisitos de información en WEAP. Como se puede apreciar WEAP posee al menos 13 parámetros a calibrar o que pueden ser definidos en base a mediciones en terreno, bibliografía y/o experiencia del modelador.

Los parámetros de almacenamiento iniciales de los estanque superior e inferior (Z1 y Z2 respectivamente) son parámetros de inicialización. El modelo debe independizarse de la condición inicial, por lo que es siempre conveniente que el primer año de información sea sólo utilizado para propósitos de inicialización del sistema. Del mismo modo, para la nieve inicial conviene elegir un mes donde se valide que ésta es nula, por ejemplo, a finales del verano.

Folio005764

Tabla 4.1: Parámetros y variables de entrada para el modelo WEAP por tipo. Fuente: Adaptado de Ayala, 2011.

Tipo de Parámetro	Descripción	Nombre Parámetro
Uso de suelo	Variables de entrada	- Área de la cuenca (catchment) - Coeficiente de cosecha (kc)
	Parámetros internos del modelo (a calibrar)	- Almacenamiento del suelo, estanque superior (z1 max) - Almacenamiento profundo, estanque inferior (z2 max) - Conductividad de la zona radicular o estanque 1 (K1) - Conductividad de la zona profunda o estanque 2 (K2) - Factor de resistencia al escurrimiento (FR) - Dirección preferencial del flujo - Almacenamiento inicial en el estanque 1 (z1 inicial) - Almacenamiento inicial en el estanque 2 (z1 inicial)
Clima	Variables de entrada	- Series de precipitación - Series de temperatura - Latitud - Humedad relativa - Viento - Fracción nublada o nubosidad - Radiación - Albedo de la nieve
	Parámetros internos del modelo (a calibrar)	- Nivel de nieve inicial - Temperatura de fusión de la nieve - Temperatura de derretimiento de la nieve - Albedo de nieve vieja - Albedo de nieve nueva
Cauces naturales	Variables de entrada	- Series históricas de caudal
Reservorios	Variables de entrada	- Curva de Volumen vs Elevación del reservorio - Serie de evaporación observada - Serie de volúmenes observados en la laguna

Folio005765

4.1.5 Elección del modelo hidrológico a utilizar

Respecto a los modelos hidrológicos, la revisión bibliográfica efectuada converge en que, en general, los procesos de una cuenca pueden ser representados a través de tanques de acumulación o reservorios. El número de tanques a considerar está asociado a la cantidad y calidad de los procesos hidrológicos que se requieren presentar, debiendo escogerse un límite entre la cantidad de procesos y la información disponible, de tal manera de respetar la parsimonia del proceso.

Dada la realidad de Chile, la agregación espacial del modelo debe considerar bandas de elevación y/o la variación altitudinal de las forzantes meteorológicas, especialmente en cuencas cordilleranas. Adicionalmente, es necesario contar con información de cobertura y usos del suelo, índices topográficos e información hidrometeorológica actualizada, de tal manera de establecer parámetros de control asociados a la presencia de estaciones. Es por ello que, con el levantamiento de información disponible complementado con la información levantada en terreno, se puede comenzar a elaborar el modelo hidrológico en la cuenca del Río Loa.

Dado el buen complemento entre la versatilidad de una plataforma y la existencia de un modelo hidrológico previamente implementado, se recomienda la elección del método de la humedad del suelo (representación a 2 estanques) incorporada en WEAP. Este modelo permite la calibración con diversas fuentes de monitoreo, tales como datos asociados a caudales líquidos, equivalente líquido en agua (nieve) y/o niveles de uno o varios reservorios (superficiales y subterráneos). Dispone además de una serie de nodos previamente implementados, que permiten representar embalses, centrales, plantas de tratamiento, HRU´s, demandas agrícolas, entre otros tipos de usos y demandas.

El modelo MAGIC, si bien es una herramienta DGA utilizada en los últimos años, ahora se encuentra sin soporte, y desactualizado. Además, no posee una plataforma versátil e intuitiva que ayude a generar la topología del modelo. Corre bajo un ambiente DOS en conjunto con una base de datos MS Access, lo que también lo hace poco intuitivo. Adicionalmente sólo incorporal el modelo hidrológico MPL, el cual se sabe sólo tiene como inputs precipitación y evaporación, siendo el segundo, un dato que no se mide uniformemente en todo Chile.

Otros modelos como VIC, Mike-She y TOPMODEL son altamente demandantes en términos de procesamiento computacional. En el caso de Mike-She, es un modelo distribuido cuya licencia tiene un costo elevado, pero adicionalmente, requiere de un set de parámetros distribuidos homogéneamente en la cuenca, con información que lamentablemente no está garantizada para la zona norte.

Lo mismo ocurre con TOPMODEL y VIC. Si bien éste último ha sido utilizado en la actualización del balance hídrico y que ambos no tienen costo, se ha discutido en los talleres de expertos del Balance Hídrico, que VIC no reproduce ningún gradiente hidráulico de

Folio005766

movimiento horizontal sobre la representación acuífera y que además corre bajo ambiente Linux, teniendo que programarse. Esto impone un esfuerzo adicional muy importante, más que sobre el equipo consultor, sobre los destinatarios de esta modelación, quiénes están interesados en evaluar distintos escenarios, modificarlos de manera intuitiva y no depender de extensos tiempos de procesamiento.

Adicionalmente, WEAP ha sido una plataforma utilizada en la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) que por un lado permite el acople con modelos de calidad de aguas, de ser necesario y que además, al igual que MAGIC, permite una representación prismática del acuífero. Existen licencias de WEAP disponibles en DOH y al menos el Departamento de Proyectos de Riego ha contado con capacitaciones de la plataforma. Actualmente, la DGA también está utilizando la plataforma para modelos hidrológicos operacionales en la cuenca del Copiapó y existen experiencias exitosas del Centro de Cambio Global sobre la cuenca del Limarí, lo que hace concluir que también es factible su aplicación a una cuenca semiárida como la del río Loa.

La comparación conceptual entre los modelos existentes y levantados en esta revisión bibliográfica puede observarse en la Tabla 4.2.

WEAP, técnicamente, es una plataforma que agrupa varios modelos hidrológicos y de planificación, entre ellos el método de la humedad del suelo de 2 estanques, MABIA y el de la FAO. Se ejecuta bajo plataforma Windows como sistema operativo, y no tiene requerimientos computacionales considerables. Corresponde a un software de uso pagado, y el costo de la licencia es de 3000 USD por 2 años de uso. Ésta licencia será proporcionada por el consultor al mandante, para que pueda utilizar el software.

Tabla 4.2. Resumen de algunas características de algunos modelos hidrológicos seleccionados

Modelo	Gratis	Flujos superficiales	Flujos subsuperficiales	Incorporación meteorología	Compatibilidad GIS	Incorpora manejo de agua	Uso de suelos	Calidad del agua	Transporte de sedimentos	Cobertura vegetal/ tipo suelos	Sistema operativo compatible
SWAT	Sí	Sí	Sí	Sí	Grass, ArcGIS	Sí	Sí	Nutrientes, bacterias, metales	Concentraciones en columna de agua	Sí	Windows
MIKE SHE	No	Sí	Sí	Sí	ArcGIS u otros	Sí	No	Sí	Transporte por difusión y advección	No	Windows
HBV	Sí	Sí	Coeficiente infiltración	Sí (T°, ETo, PP, Q)		No	No	N, P, Sólidos suspendidos	Sólidos suspendidos	No	Windows
TOPMODEL		Sí	Sí	Sí (ETo, PP, Q)		No	No	No	No	No	Windows
VIC	Sí	Sí	Sí	Sí		No	No	No	No	Sí	Linux, Unix , Windows (con emulador Unix)
WMS	No	Sí	No	PP	Sí (DEM/TIN)	No	No	CE-QUAL-2D	HEC-RAS	No	Windows
Arc Hydro Tools	No	Sí	No	No	(Herramienta de ArcGIS)	No	No	No	No	No	Windows
TANK Modelo	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	Windows
UBC	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	Windows
PRMS	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	Producción de sedimentos (erosión)	Sí	Windows
WEAP	No	Sí	Sí	Sí	Grass, ArcGIS	Sí	Sí	Si (QUAL2K y modelo simplificado)	Interacción Agua-Sedimento	Sí	Windows
MAGIC	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	DOS-MS Access

Folio005768

4.2 Modelación de escenarios de cambio climático

4.2.1 Antecedentes generales de modelos globales de cambio climático

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) es una organización establecida por primera vez en 1988, su misión es la de entregar evaluaciones científicas comprensivas sobre los resultados de investigación de la comunidad científica, respecto del cambio climático, y resumiendo en informes técnicos de evaluación las potenciales consecuencias medioambientales y socioeconómicas de estos cambios. Junto con ello, evalúan las posibles opciones para adaptarse a esas consecuencias o mitigar los efectos asociados al cambio climático.

En este sentido, el IPCC en su informe del 2007 define el cambio climático como: "todo cambio producido en el clima a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de la actividad humana". Este uso difiere del adoptado en la Convención Marco sobre Cambio Climático, donde por cambio climático se entiende "un cambio atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". Así, los análisis de cambio climático no se refieren sólo a los posibles efectos producto del aumento de emisiones a la atmósfera, sino que consideran también la variabilidad normal, sin intervención antrópica. En este contexto, los nuevos escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC, y desarrollados principalmente por el Coupled Modeling Inter Comparison Project 5 (CMIP5), no sólo miran hacia el futuro, sino que realizan un análisis de la historia pasada.

Los escenarios de cambio climático se resumen en tres grandes grupos:

• Simulaciones de décadas pasadas ("Decadal Hindcasts"): Estas simulaciones del pasado permiten testear la capacidad de los modelos globales de predecir o pronosticar los cambios en el clima, dado que sus resultados son comparables con las mediciones realizadas en las últimas décadas.

• Simulaciones de escenarios futuros utilizando escenarios de emisiones: Estas simulaciones de largo plazo consideran las Trayectorias de Concentración Representativas (RCPs, por sus siglas en inglés), lo que corresponde a considerar forzamientos debidos a distintos escenarios de emisión de gases a la atmósfera.

• Simulaciones de escenarios futuros considerando no sólo las emisiones (RCPs): En ellas, además de utilizar los escenarios de emisiones, se consideran también los cambios en la temperatura superficial del mar.

Estos modelos globales, denominados GCM, entregan resultados a escala global de modo que es preciso escalar ('downscaling') los resultados a una escala regional o local a través de un modelo atmosférico. A estos modelos se les denomina RCM por sus siglas en inglés.

Folio005769

Este escalamiento es posible de ser realizado por dos diferentes vías, correspondiente a los métodos dinámicos (p.ej. mediante el uso del modelo WRF) y a los métodos estadísticos. El primero de ellos corresponde a una metodología altamente costosa en términos computacionales, requiriéndose del desarrollo de una calibración del método para la regionalización de la información para cada modelo GCM. Por el contrario, el segundo se centra en el desarrollo de ajustes en base a la estadística local, permitiendo generar un ajuste adecuado de contarse con información histórica y espacial suficiente. Es por ello, que de manera similar al desarrollo realizado en el estudio "Aplicación de la metodología de actualización del balance hídrico nacional en las cuencas de las macrozonas norte y centro – S.I.T. N° 435" desarrollado por la Dirección General de Aguas (DGA, 2018), se utiliza un método estadístico. Este tipo de método permite escalar las temperaturas diurnas máximas y mínimas de los GCM seleccionados, así como también escalar la precipitación, tomando como referencia la base de datos utilizada en el proceso de calibración (DGA, 2018).

4.2.2 Análisis de escenarios de modelación atmosférica

Los escenarios se han utilizado normalmente para analizar situaciones en las que los resultados son inciertos. Cuando se desarrollan investigaciones que incorporan el clima y su incertidumbre, los escenarios de emisiones son utilizados para estimar la contribución del ser humano en el cambio climático, debido a las incertidumbres en factores como el crecimiento de la población, el desarrollo económico y el desarrollo de nuevas tecnologías. Las proyecciones y escenarios de las condiciones sociales y ambientales futuras también se utilizan como un estimador del nivel de impacto futuro. El propósito de usar escenarios no es predecir el futuro, sino explorar las implicaciones científicas y del mundo real de diferentes futuros plausibles.

Los escenarios RCPs corresponden a una última generación de escenarios que entregan información de entrada a los modelos climáticos. Estos escenarios se caracterizan por su Forzamiento Radiativo (FR) total para el año 2100 que oscila entre los 2.6 y los 8.5 W/m^2.

Para entender el concepto de FR, éste corresponde a la energía adicional absorbida por el sistema de la Tierra debido al efecto invernadero mejorado, expresado como vatios por metro cuadrado. Más precisamente, se puede definir como el balance de energía de la atmósfera, o la diferencia entre la energía que entra a la atmósfera y la cantidad que se devuelve al espacio. A medida que el forzamiento radiativo aumenta, la temperatura global aumenta.

Los nuevos escenarios de cambio climático han sido propuestos por el "Integrated Assessment Modelling Community" (IAMC), y descritos en detalle en Moss et al. (2010) y en Van Vuuren et al., (2011). Ellos corresponden a 4 escenarios RCPs, cuyo nombre se asocia al forzante radiativo que producen al año 2100: RCP 2.6 W/m^2, RCP 4.5 W/m^2, RCP 6.0 W/m^2 y RCP 8.5 W/m2 (ver Figura 4.16).

Folio005770

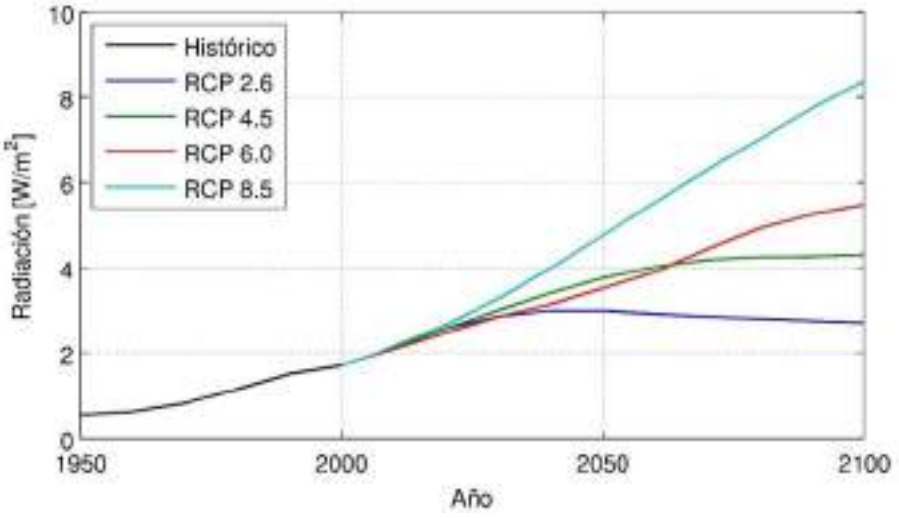


Figura 4.16. Forzante radiativa de los escenarios RCP para un periodo de 100 años.

En el caso de la configuración futura del sistema, ella debe ser determinada para comprender y evaluar los cambios a generarse en el sistema a raíz de las tendencias del cambio natural del sistema (cambio climático), junto con poder también evaluar las proyecciones de explotación y uso los recursos del sistema. Para la definición de la condición climática futura, podrá desarrollarse la hidrología futura asociada a los escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC (2014), con lo que se podrá contar con escenarios de disponibilidad futura en el sistema. En términos de la explotación y uso futuro del recurso, se podrán evaluar múltiples configuraciones basadas en la actual explotación y las proyecciones de nuevos desarrollos productivos de la región.

En el caso del estudio desarrollado para el río Loa, la condición hidrológica futura fue desarrollada en base al desarrollo de la simulación y "downscaling" de los escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC (2014). Los escenarios de cambio climático propuestos por IPCC corresponden a los escenarios RCP ("Representative Concentration Pathways"), los cuales describen escenarios futuros a desarrollarse bajo diferentes condiciones de emisión de gases invernadero por actividad antrópica. Esta emisión y exceso de gases en la atmósfera puede ser traducido como un aumento en el forzamiento radiativo total en la atmósfera terrestre para el período entre los años 2000 y 2100. Así, se desarrollan escenarios en el rango de "bajas emisiones", donde se considera una reducción considerable en las emisiones actuales, hasta escenarios en donde incluso se tiene un aumento de las emisiones (altas emisiones). Así, los escenarios quedan definidos por los siguientes escenarios:

- **RCP 2.6 W/m² :** escenario con el mínimo aumento en el forzamiento radiativo, que considera una limitación de las tasas de emisión de gases invernadero y con el peak de emisiones en año 2020, para luego decaer hasta casi cero en 2080 aproximadamente. El aumento en la absorción de

Folio005771

radiación en la atmósfera asociado sería de 2.6 W/m^2 (Watts ó Vatios por metro cuadrado), lo que corresponde aproximadamente a 490 ppm de CO_2 equivalente. Este escenario cuenta con una peak de 3 W/m^2 previo al 2100, tras el cual se inicia el descenso hasta alcanzar el valor representativo del escenario en ese año (van Vuuren et al., 2011; van Vuuren et al., 2007; van Vuuren et al.2006).

- **RCP 4.5 W/m^2 :** escenario intermedio con ruta hacia la estabilización en las emisiones y en la forzante radiativa en un valor de 4.5 W/m^2 (Watts ó Vatios por metro cuadrado), lo que corresponde aproximadamente a 650 ppm de CO_2 equivalente, en el año 2100 (van Vuuren et al., 2011; Clarke et al., 2007; Smith and Wigley, 2006; Wise et al., 2009).
- **RCP 6.0 W/m^2 :** escenario intermedio con ruta hacia la estabilización en las emisiones y en la forzante radiativa en un valor de 6.0 W/m^2 (Watts ó Vatios por metro cuadrado), lo que corresponde aproximadamente a 850 ppm de CO_2 equivalente, en el año 2100 (van Vuuren et al., 2011; Fujino et al., 2006; Hijioka et al., 2008).
- **RCP 8.5 W/m^2 :** escenario con el máximo aumento en el forzamiento radiativo, que no considera la reducción en las tasas de emisión de gases invernadero. El aumento en la absorción de radiación en la atmósfera asociado sería de 8.5 W/m^2 (Watts ó Vatios por metro cuadrado), correspondiente a aproximadamente 1370 ppm de CO_2 equivalente. Este escenario alcanzaría un valor representativo de 8.5 W/m^2 al año 2100 (van Vuuren et al., 2011; Riahi et al., 2007).

En términos gráficos, cada escenario puede ser representado como una serie de tiempo de diferentes variables (condiciones) como se muestra en la Figura 4.17, en donde es posible observar las tendencias de cada uno de los 4 escenarios RCP propuestos.

Folio005772

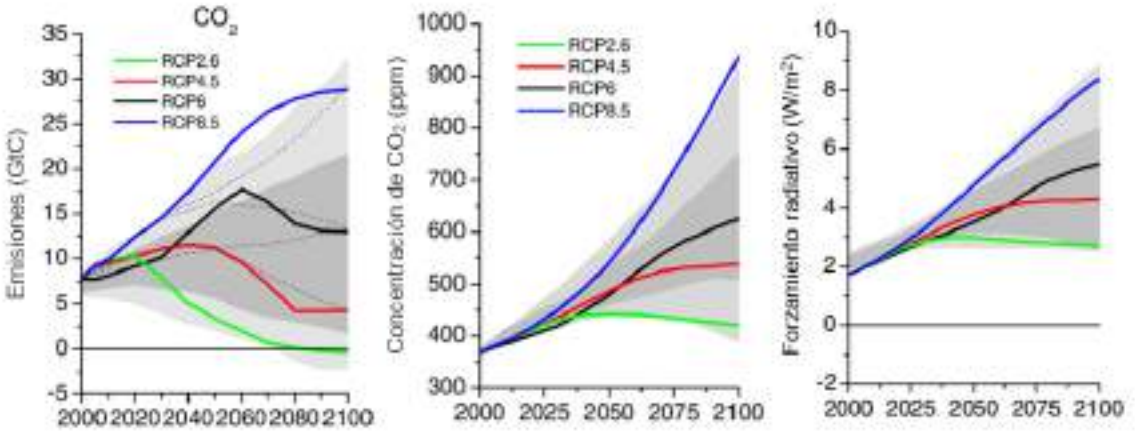


Figura 4.17 (Izquierda) Emisión global de dióxido de carbono (expresado en Giga toneladas de carbón por año) bajo 4 escenarios RCP. (Centro) Concentración de CO2 equivalente bajo 4 escenarios RCP. (Derecha) Forzamiento radiativo asociado a la concentración de CO2 para los 4 escenarios RCP (van Vuuren et al., 2011).

En cuanto a la información de cada escenario propuesto por el IPCC, diferentes entidades internacionales de investigación desarrollaron simulaciones climatológicas de escala global, las cuales utilizaron las tendencias de cada escenario en su definición. Cada una de las entidades logró así desarrollar su propio modelo climático o "Modelo general de circulación - GCM", los cuales contienen información de las diferentes variables que definen los procesos físicos existentes en la superficie terrestre y atmósfera en el tiempo, pero con una resolución gruesa y que no dará cuenta de las características locales, como lo es la orografía de territorio. Por lo anterior, y para poder generar información de carácter local de mayor resolución y la cual de cuenta de las condiciones particulares de cada sitio, es que es altamente relevante en el desarrollo de la meteorología local la implementación del proceso de "downscaling" de la información. En este proceso se genera información de mayor resolución horizontal, y cuyo resultado del proceso corresponderá a series de tiempos con las condiciones meteorológicas en los nodos de la grilla, información que dará cuenta de la meteorología local y que puede ser utilizada como base de otros análisis y procesos de estimación o simulación.

En el contexto del desarrollo y evaluación para el río Loa, considerando que la modelación de cambio climático corresponde solamente a una parte de los inputs requeridos en el desarrollo de las evaluaciones futuras del sistema, se define como estrategia el utilizar fuentes de información de modelos globales para el "downscaling" que cuenten con utilización previa en estudios a nivel nacional y con una validación[4] de su aplicabilidad a la

[4] Se entiende por validación en su aplicabilidad el hecho de presentar resultados razonables, consistentes con la literatura, y que permitieron el desarrollo completo de los estudios que los utilizan.

Folio005773

zona norte del país. Es por ello que se utilizan como base del análisis del cambio climático los modelos "CSIRO-MK3-6-0[5]" y "MIROC-ESM[6]", los cuales han demostrado dar respuesta regional a modos globales de variabilidad climática (ENSO y SAM); sensibilidad climática y cambios regionales (DGA, 2017b; DGA, 2018). Esta metodología difiere de lo propuesto inicialmente de considerar el modelo de escalamiento (WRF utilizando únicamente el modelo MIROC) con los escenarios RCP 2.6 y 8.5 como escenarios de bajas y altas emisiones respectivamente, ya que las proyecciones del escenario 8.5 de altas emisiones en sus primeros años, al contrastarse con lo ocurrido realmente, es bastante similar e incluso subestima en algunos casos las emisiones registradas. Se descarta de este modo el escenario RCP 2.6 y se consideran dos modelos globales, CSIRO y MIROC, para tener un abanico de proyecciones más amplio.

Ambos modelos son evaluados en el escenario RCP 8.5, esto debido a que este escenario cuenta con una trayectoria de emisiones de gases de efecto invernadero con tasas similares a las actuales, y con lo que además se logra establecer un límite superior para los efectos de cambio climático (DGA, 2018). Con ello, los escenarios de menor emisión podrán ser considerados como una respuesta en la misma tendencia que los RCP8.5, pero con una magnitud menor del cambio. Los datos de los modelos GCM utilizados como base del análisis, corresponden a la información escalada en el desarrollo del la Actualización del Balance Hídrido desarrollado por la DGA (2018), los que utilizan el método estadístico QDM- "Quantile Delta Mapping" (Cannon et al, 2016). Los resultados de la utilización de ambos modelos en la región permiten realizar una proyección de la disponibilidad hídrica futura, la cual es traducida a series de caudales futuras mediante su incorporación al Modelo Operacional desarrollado en WEAP para el sistema en estudio (sección 4.3.5).

4.3 Modelo de simulación operacional WEAP desarrollado

Un modelo hidrológico es un conjunto de algoritmos matemáticos que tienen como objetivo aproximar las interacciones entre distintos elementos del ciclo hidrológico. Cada uno de los modelos disponibles en el mercado asume distintas aproximaciones para cada uno de los procesos involucrados, así como también distintas conceptualizaciones de una cuenca.

Es por eso que la elección técnica de un modelo en particular debe tener siempre presente primero cuál es el nivel de detalle o precisión que se desea, el nivel de detalle que se puede alcanzar teniendo en cuenta la información que existe y el tiempo disponible para obtener

[5] Desarrollado por "Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization-CSIRO" en colaboración con el Queensland Climate Change Centre of Excellence, Australia.
[6] Desarrollado por "Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute (University of Tokyo), y el National Institute for Environmental Studies, Japan.

Folio005774

los resultados. Estas líneas no siempre se comunican, por cuanto la información disponible resulta ser importante en la elección del modelo y en la cuantificación de su incerteza.

Existen varios modelos generales de cuenca o de simulación hidrológica que se utilizan en diferentes lugares del mundo, donde las componentes individuales de estos modelos varían significativamente debido a la diversidad de propósitos que sirven (Singh & Frevert, 2005).

Dada la experiencia del consultor en la zona, la herramienta WEAP ha probado ser de gran ayuda por cuanto es capaz de integrar en una misma plataforma la simulación hidrológica con la operación compleja de un sistema.

Dado el nivel de información de la zona y los alcances del estudio, se ha optado por realizar una modelación a escala mensual, basada en otras experiencias de modelación integrada en la zona. A continuación, se describen los aspectos principales sobre los cuales se ha trabajado en el modelo conceptual de la cuenca y los antecedentes más relevantes para la construcción de esta.

4.3.1 Generalidades de la Modelación Hidrológica con WEAP

El objetivo de este capítulo es presentar la construcción del modelo operacional en la plataforma WEAP, en dos fases:

- la representación del sistema natural (modelo hidrológico), y
- la representación del sistema natural intervenido (modelo operacional).

Esto conlleva a tener dos esquemas conceptuales. El esquema conceptual para representar el sistema natural de flujos superficiales involucra a las cuencas de cabecera, y a las subcuencas de aporte lateral.

El esquema conceptual para la representación del sistema natural intervenido incluye a: el acuífero, los canales de riego, demandas industriales (minería), residenciales y por cierto subterráneas.

Ambos modelos han sido desarrollados en plataforma WEAP, de manera que ambos queden bajo una plataforma común.

El período de modelamiento se ha comprendido entre los años 1981 y 2017, vale decir, desde Abril de 1981 hasta marzo de 2017 (idealmente). La escala de tiempo de modelamiento es mensual, con lo que se tienen 36 años y/o 432 períodos mensuales s de modelamiento (Considerados desde 1981).

Se consideró un año de “spin-up” o calentamiento para inicializar el modelo.

A continuación, se presenta el capítulo 4.3.2 y 4.3.3**,** los cuáles describen los insumos y consideraciones de cada uno de los modelos.

Folio005775

4.3.2 Modelo Hidrológico (WEAP)

4.3.2.1 *Descripción de la plataforma WEAP*

WEAP[7] es una herramienta computacional para la planificación integrada de recursos hídricos desarrollada por el Stockholm Environment Institute[8] sede en Boston y el Tellus Institute[9]. Proporciona un marco flexible y de fácil uso para la planificación del recurso hídrico y análisis de escenarios.

WEAP permite apoyar la planificación de recursos hídricos mediante el balance de la oferta hídrica (generada a través de módulos físicos de tipo hidrológico, a escala de subcuenca) con la demanda de agua (caracterizada por un sistema de distribución de variabilidad espacial y temporal, con diferencias en las prioridades de demanda y oferta). Para llevar a cabo este balance hídrico, se utiliza una gama de diferentes objetos disponibles en WEAP y procedimientos accesibles a través de una interfaz gráfica. Esto permite su uso para analizar un amplio rango de temas e incertidumbres a las que se ven enfrentados los planificadores (*stakeholders*) de recursos hídricos, incluyendo aquellos relacionados con el clima, condiciones físicas de la cuenca, proyecciones de demanda, condiciones regulatorias, objetivos de operación e infraestructura disponible.

WEAP es habitualmente forzado por variables climáticas, a diferencia de modelos de operación y gestión de recursos hídricos que se basan en modelación hidrológica externa, es decir, que separan el modelo hidrológico del operacional. Por otra parte, WEAP incluye rutinas diseñadas para distribuir el agua a diferentes tipos de usuarios, desde una perspectiva humana y ecosistémica. Estas características convierten a WEAP en un modelo apropiado para realizar estudios de cambio climático, donde es importante estimar cambios en la oferta de agua (e.j. cambios en la precipitación proyectados) y demanda de agua (e.j. cambios en la demanda a partir de variación del área de los cultivos), y como estos cambios convergen en un balance de agua diferente al correspondiente al escenario base o actual.

Si bien WEAP fue creado como una herramienta para la modelación operacional de sistemas de recursos hídricos, incluyendo elementos tales como centrales hidroeléctricas, demandas de riego, canales, embalses, etc., actualmente se ha ampliado su capacidad incluyendo módulos de hidrología (distintos métodos de cálculo de precipitación-escorrentía), calidad de agua y aguas subterráneas mediante el uso de enlaces con otro software de uso común (e.g. MODFLOW).

[7] http://www.weap21.org/
[8] http://www.sei-us.org/
[9] http:/www.tellus.org/

Folio005776

El módulo hidrológico integrado en el modelo WEAP que se utiliza en este estudio se basa en un esquema de dos estanques, capaces de reproducir distintas componentes de los flujos subterráneos y superficiales. En la Figura 4.18 se muestra un esquema gráfico del modelo.

WEAP simula el proceso de precipitación-escorrentía a partir de una función de transferencia (depende del módulo hidrológico seleccionado) en la que se determina una variable de salida (el caudal) a partir de una o varias variables de entrada, generalmente de carácter meteorológico (precipitación, temperatura, etc.). Internamente el modelo utiliza numerosos parámetros para representar el fenómeno físico. En la se muestra una clasificación general de las variables involucradas.

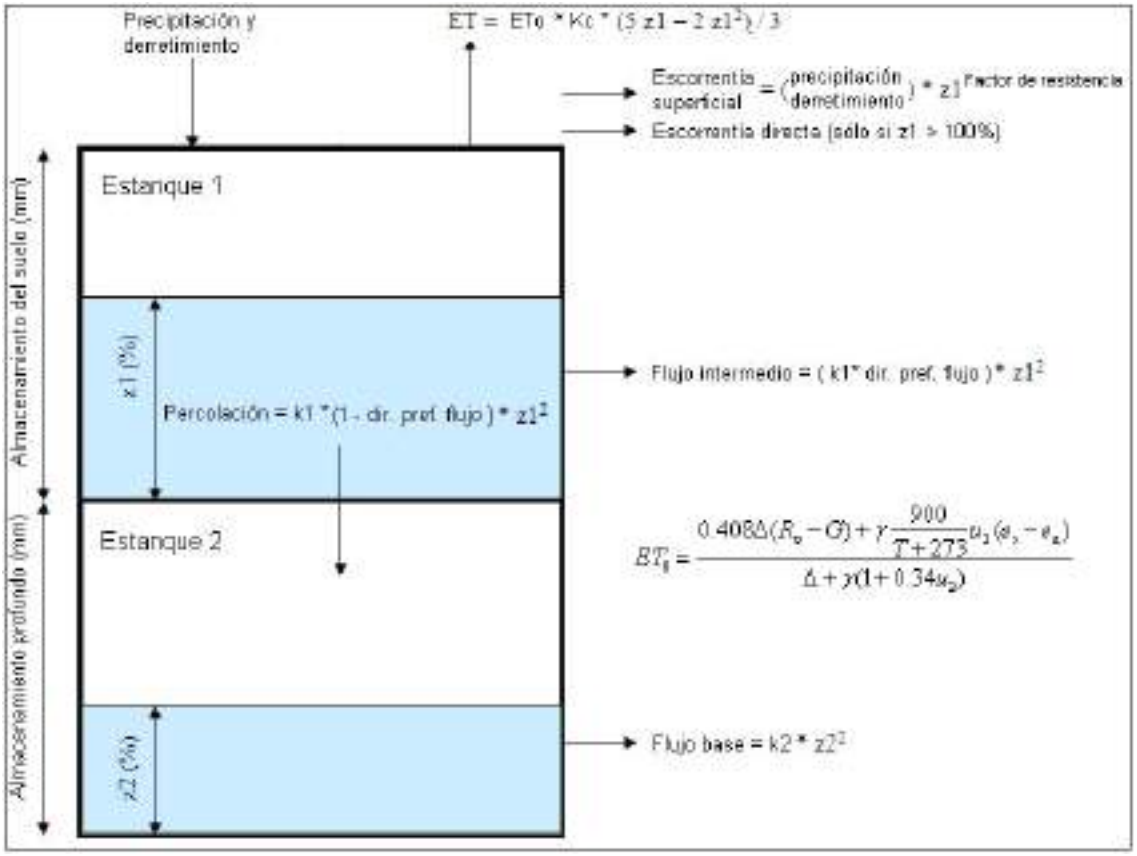


Figura 4.18: Esquema gráfico modelo WEAP. Fuente: Ayala, 2011.

Donde:
Pp: Precipitación líquida.
ET: Evapotranspiración real.
ET_0: Evapotranspiración potencial.
z_1: Porcentaje de la capacidad del estanque superior utilizada.
z_2: Porcentaje de la capacidad del estanque inferior utilizada.
K_1: Conductividad del estanque superior.

Folio005777

K_2: Conductividad del estanque inferior.
Dir pref flujo: Dirección preferencial de flujo. Determina la fracción de flujo vertical y horizontal.

4.3.2.1.1 Balance hidrológico en WEAP

WEAP resuelve numéricamente dos balances de masas planteados en cada estanque. Estos balances pueden ser representados mediante las siguientes ecuaciones:

$$z_{1max}\frac{dz_1}{dt} = \left[P_e(t) - ET_o k_c \frac{5z_1 - 2z_1^2}{3}\right] - P_e(t) z_1^{FR} - fK_1 Z_1^2 - K_2(1-f)Z_1^2$$

$$z_{2max}\frac{dz_2}{dt} = K_2(1-f)Z_1^2 - K_2 z_2^2$$

Donde:

P_e: Precipitación más derretimiento.

f: Dirección preferencial del flujo.

El cálculo de la evapotranspiración (ET_0) se realiza mediante el método de Penman-Monteith, detallado en la siguiente ecuación:

$$ET_0 = \frac{0{,}408\Delta(R_n - G) + \gamma\frac{900}{T+273}u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0{,}34u_2)}$$

Donde:

ET_0: Evapotranspiración de referencia.

R_n: Radiación neta.

G: flujo de calor hacia o desde el suelo.

T: Temperatura media diaria.

u_2: Velocidad del viento a dos metros sobre el suelo.

e_s: Presión de saturación de vapor de agua.

e_a: Presión parcial de vapor.

Δ: Pendiente de la curva de presión parcial de vapor.

γ: Constante psicométrica.

Folio005778

La evapotranspiración se genera desde el estanque superior. Por esto, el volumen de agua almacenado allí influye directamente en la satisfacción de la demanda evapotranspirativa y debe ser observado con cuidado en el proceso de calibración ya que distintas soluciones, correctas en la simulación de caudal, pueden entregar valores irreales de evaporación.

Otro proceso de importancia en la simulación del proceso físico corresponde a la acumulación y derretimiento de nieve. Esto se hace mediante la utilización de dos parámetros a calibrar denominados temperatura de congelamiento (Tc) y derretimiento (Td). Teóricamente ambos corresponden a 0°C; sin embargo, debido a fenómenos que son simplificados en la modelación, Tc y Td son generalmente calibrados alrededor de -5 y 5 °C respectivamente. Sin embargo, producto de la incertidumbre sobre las temperaturas en bandas altas, estos valores pueden resultar fuera de este rango durante el proceso de calibración. En general, el valor de 0 grados se aplica a valores “instantáneos”, pero a medida que se utilizan escalas de tiempo mayores (días, semanas, meses) los valores de Tc y Td ya no representan necesariamente los valores físicos.

Los coeficientes de derretimiento y congelamiento determinan la proporción de agua líquida y sólida en la precipitación y la fracción de cobertura nival que se derrite en cada paso de tiempo. La siguiente ecuación resume este último fenómeno.

$$P_e(t) = \left(A_c(t) + P_p(t)m_c\right)$$

Donde:

$$m_c = \begin{cases} 0 & T_i < T_c \\ 1 & T_i > T_d \\ \dfrac{T_i - T_c}{T_d - T_c} & T_c < T_i < T_d \end{cases}$$

P_e: Aportes a la escorrentía de precipitación líquida y derretimiento de nieve.

A_c: Cobertura nival en unidades de longitud.

P_p: Precipitación total.

T_i: Temperatura media mensual del mes i.

WEAP es aplicable a sistemas municipales y agrícolas, subcuencas únicas o sistemas fluviales complejos, con las capacidades para abordar una amplia gama de cuestiones, por ejemplo, análisis de demanda sectorial, conservación de agua, derechos de agua y prioridades de asignación, simulación de flujo de agua subterránea y flujo, operaciones de yacimientos, generación de energía hidroeléctrica y demandas de energía, seguimiento de contaminación, requisitos del ecosistema y análisis de beneficios y costos de un proyecto. En todos estos casos, es posible incluir además múltiples escenarios de cambio climático, los cuales pueden ser contrastados con la línea base y entre sí.

Folio005779

4.3.2.1.2 Elemento Acuífero en WEAP

La interacción entre el río y el acuífero puede ser modelada de diferentes formas en WEAP. Producto de la complejidad del sistema y la necesidad de conectar los acuíferos de los sistemas existentes, es posible modelar el acuífero con un módulo especial, el cual permite incorporar la mayoría de la información recopilada en antecedentes relativos a espesores, anchos, volúmenes y conductividades de los acuíferos.

Este módulo representa al acuífero como un prisma, de geometría regular, que reemplaza al estanque inferior del modelo conceptual de la Figura 4.19. Este esquema tiene como función principal resolver el balance hídrico del acuífero, y su interacción con el río, pero no simula niveles. La Figura 4.19 presenta el modelo conceptual del acuífero en WEAP, el que además es simétrico respecto del eje del río.

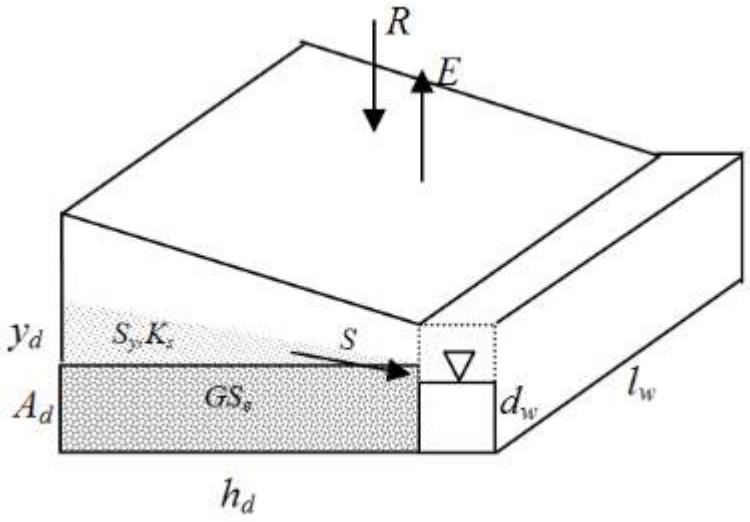


Figura 4.19: Modelo Conceptual del acuífero en WEAP. Fuente: Manual WEAP.

La Tabla 4.3 presenta el detalle de los parámetros del modelo conceptual del acuífero en WEAP.

Folio005780

Tabla 4.3: Parámetros de acuífero en WEAP. Fuente: Elaboración propia.

Nombre de Parámetro	Abreviación	Descripción
Almacenamiento del Acuífero	GS_e	Volumen almacenado en el acuífero, ya sea inicial o en un paso de tiempo fijo. [Mm^3]
Ancho medio del acuífero	hd	Distancia representativa entre el eje del río hacia la extensión más alejada del acuífero, es decir, su ancho máximo. [m]
Perímetro mojado	lw	Perímetro de contacto entre el acuífero y el río [m]
Profundidad de Equilibrio	Ad	Profundidad que alcanza el acuífero en su condición de equilibrio.
Altura de escurrimiento	dw	Altura de escurrimiento del río [m]. Valor usado como referencia de comparación para las simulaciones de elevación del acuífero.
Conductividad Hidráulica	K_S	Conductividad Hidráulica del acuífero. [L/T]
Porosidad Específica	Sy	Porosidad Específica (Specific Yield).

El volumen del acuífero es estimado inicialmente a partir del supuesto que el nivel de agua en el acuífero se encuentra en equilibrio con el río; entonces el almacenamiento de equilibrio hacia un lado del río, denominado GS_e, se calcula como:

$$GS_e = h_d l_w A_d S_Y \qquad \textbf{Ec. 1}$$

La variable "yd" es una estimación de la altura sobre la cual el acuífero se encuentra por sobre o bajo el equilibrio, por lo que el almacenamiento inicial GS(0) en el acuífero, es decir el almacenamiento en t=0, está dado por la expresión:

$$GS(0) = GS_e + y_d h_d l_w S_Y \qquad \textbf{Ec. 2}$$

De esta forma, la altura del acuífero que está por sobre o bajo el equilibrio se puede determinar como:

$$y_d = \frac{GS - GS_e}{h_d l_w S_Y} \qquad \textbf{Ec. 3}$$

Mientras más aumente el nivel de agua relativo al lecho del río, mayor será entonces el aporte o filtración desde el acuífero hacia este. Por el contrario, al disminuir el nivel de agua respecto de la ubicación de la altura de equilibrio del río, mayor será la infiltración desde el río hacia el acuífero. La infiltración total (S) desde ambos lados del río puede ser descrita como:

Folio005781

$$S = 2\left(K_S \frac{y_d}{h_d}\right) l_w d_w \qquad \textbf{Ec. 4}$$

Donde K_S representa la conductividad hidráulica saturada del acuífero y d_w es una estimación de altura de escurrimiento del río, invariante en el tiempo. Tanto la altura de escurrimiento (d_w) como el perímetro de contacto (l_w) representan el área por donde ocurre la filtración. La conductividad hidráulica es la encargada de controlar la tasa a la cual el agua se mueve hacia o desde el área de filtración. Una vez que esta filtración es estimada, el almacenamiento del acuífero al final del paso de tiempo adoptado se estima como:

$$GS_i = GS_{i-1} + 0.5\,(R - E - S) \qquad \textbf{Ec. 5}$$

Donde E representa cualquier extracción antropogénica desde el acuífero destinada a la satisfacción de un nodo de demanda y R representa la recarga provista por la precipitación.

Para efectos del acople entre ambos modelos, y de modo de aprovechar la modelación hidrogeológica se optará por la modelación que requiere de proporcionar los flujos subterráneos al modelo. Cada SHAC será representado y asociado a una subcuenca como se verá más adelante.

4.3.2.2 *Indicadores de ajuste*

El desempeño del modelo se evaluará mediante dos criterios de eficiencia. El primero corresponde al criterio Kling-Gupta (KGE) (Gupta et al., 2009; Kling et al., 2012), donde KGE=1 representa un ajuste perfecto (Ec. 11).

También se utiliza el criterio de eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE) (Nash y Sutcliffe, 1970), el cual es una medida del error en las estimaciones del modelo, normalizado por la varianza de los valores observados en torno a su promedio.

Puede tomar valores desde -∞ a 1 siendo este último valor un indicador de una perfecta modelación del sistema. Usualmente, un valor mayor a 0.65 corresponde a una buena modelación (Moriasi et al., 2007). Una de las principales falencias de este criterio es la gran influencia de los valores altos, por lo que para suplir esto también se analiza el logaritmo (base 10) de las variables (NSELOG)

$$\mathrm{KGE} = 1 - \sqrt{(r-1)^2 + (\beta-1)^2 + (\gamma-1)^2}$$

$$\beta = \frac{\mu_s}{\mu_o} \qquad \gamma = \frac{Cv_s}{Cv_o} = \frac{\sigma_s/\mu_s}{\sigma_o/\mu_o} \qquad \textbf{Ec. 11}$$

$$\mathrm{NSE} = 1 - \sum_{i=1}^{n} \frac{(Z_i^{Obs} - Z_i^{Sim})^2}{(Z_i^{Obs} - \bar{Z}^{Obs})^2} \qquad \textbf{Ec. 12}$$

Folio005782

Donde
KGE = Criterio de eficiencia Kling-Gupta.
r = Coeficiente de correlación entre la simulación y la observación.
β = BIAS.
γ = coeficiente de variación
μ = promedio. S significa simulación y o observación.
σ = desviación estándar. S significa simulación y o observación.
NSE = Criterio de eficiencia Nash-Sutcliffe.
En donde ZiObs y ZiSim corresponden a las variables observada y simulada en el tiempo i, respectivamente. La variable $\bar{Z}^{Obs}$ representa el promedio de los n valores observados.

Otro indicador que se utiliza en este estudio corresponde al coeficiente de bondad de ajuste o correlación (R^2), obtenido del scatterplot o nube de puntos entre los datos observados y simulados de una variable.

Dada la naturaleza de los procesos hidrológicos en la cuenca, los caudales tienden a ser valores pequeños, mientras existe también un uso intensivo del acuífero en la zona, de ahí a que es muy relevante tener presente la función objetivo de calibración NSE-Log, de manera de mejorar la representación de los flujos bajos.

4.3.2.3 *Esquema Conceptual del Sistema Natural*

La cuenca del río Loa ha sido ampliamente estudiada. Actualmente existen modelos implementados en plataforma MAGIC y MODFLOW (KP, 2014a) que han abarcado la cuenca desde su naciente en cordillera hasta la desembocadura, incorporando las demandas agrícolas mineras y productivas que posee la cuenca.

El modelo conceptual descrito en el estudio: “Análisis Integrado río Loa, Región de Antofagasta”, el cual es posteriormente utilizado en el estudio “Sectorización de los acuíferos del río Loa”, ambos realizados por Knight-Piésold (KP, 2014a, 2014b), permiten acceder a las consideraciones espaciales de la modelación, condiciones de borde, consideraciones operacionales y comportamiento meteorológico que sin duda son un aporte fundamental en la construcción de cualquier modelo en la zona.

Es por este motivo que se ha adoptado conservar el modelo conceptual de este estudio, considerando las respectivas subdivisiones por subcuencas y las mismas zonas hidrogeológicas de aprovechamiento común (SHAC´s) que reportan ambos estudios.

Los aportes superficiales del sistema natural fueron definidos en este caso mediante 11 subcuencas, las mismas que consideró el modelo de KP (2014a).

Folio005783

Tabla 4.4: Subcuencas consideradas en la modelación. Fuente: KP (2014a).

Subcuenca	Cod. SSC.	Subsubcuecas	Área SSC [km2]	Total Área SC
Loa Alto (bajo junta Río salado)	02100	Río Loa bajo junta Estero Chela	1.481	8131
	02101	Río Loa Entre Estero Chela y bajo junta Quebrada de Hachas	864	
	02102	Río Loa entre Quebrada de Hachas y Río San Pedro	1.518	
	02103	Río San Pedro	1.056	
	02104	Río Loa entre Río San Pedro y Río Salado	924	
	02105	Río Salado	2.288	
Loa Medio (entre R. Salado y Q. de Barrera)	02110	Río Loa entre Río Salado y Río San Salvador	3.061	24408
	02111	Río San Salvador	1.804	
	02112	Río Loa entre Río San Salvador y Quebrada Amarga	12.859	
	02113	Salar de Llamara	6.684	
Loa Bajo (entre Quebrada Amarga y Desembocadura)	02120	Río Loa entre Quebrada Amarga y Desembocadura	542	542

El área total considerada asciende a 33.081 km^2. La sectorización puede apreciarse en la siguiente figura.

Folio005784

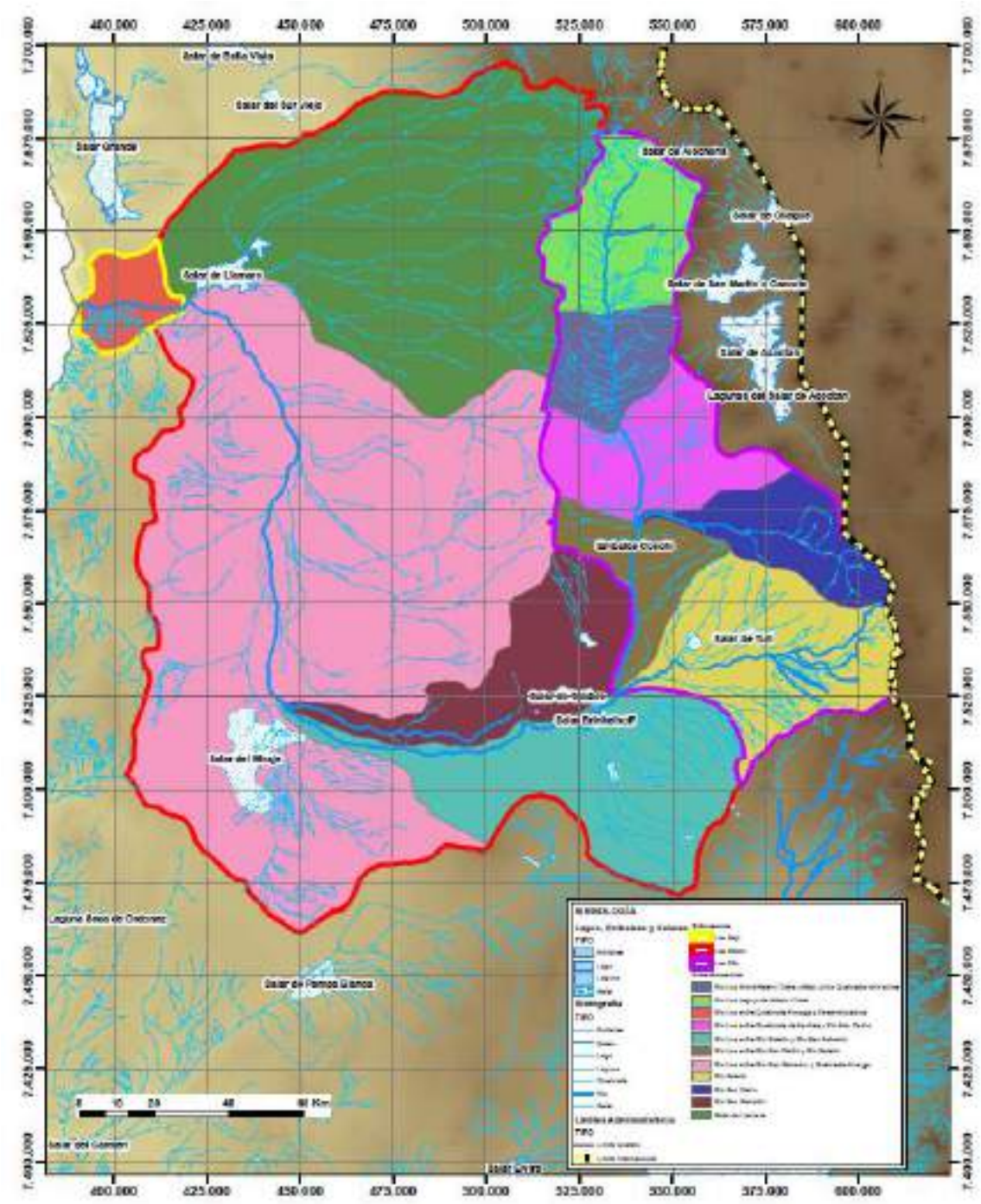


Figura 4.20. Sectorización del sistema en subcuencas. Fuente: KP (2014a).

A partir de la sectorización presentada, se muestra en la Figura 4.21 la red de drenaje asociada al estudio. Sólo se consideran los ríos principales.

Folio005785

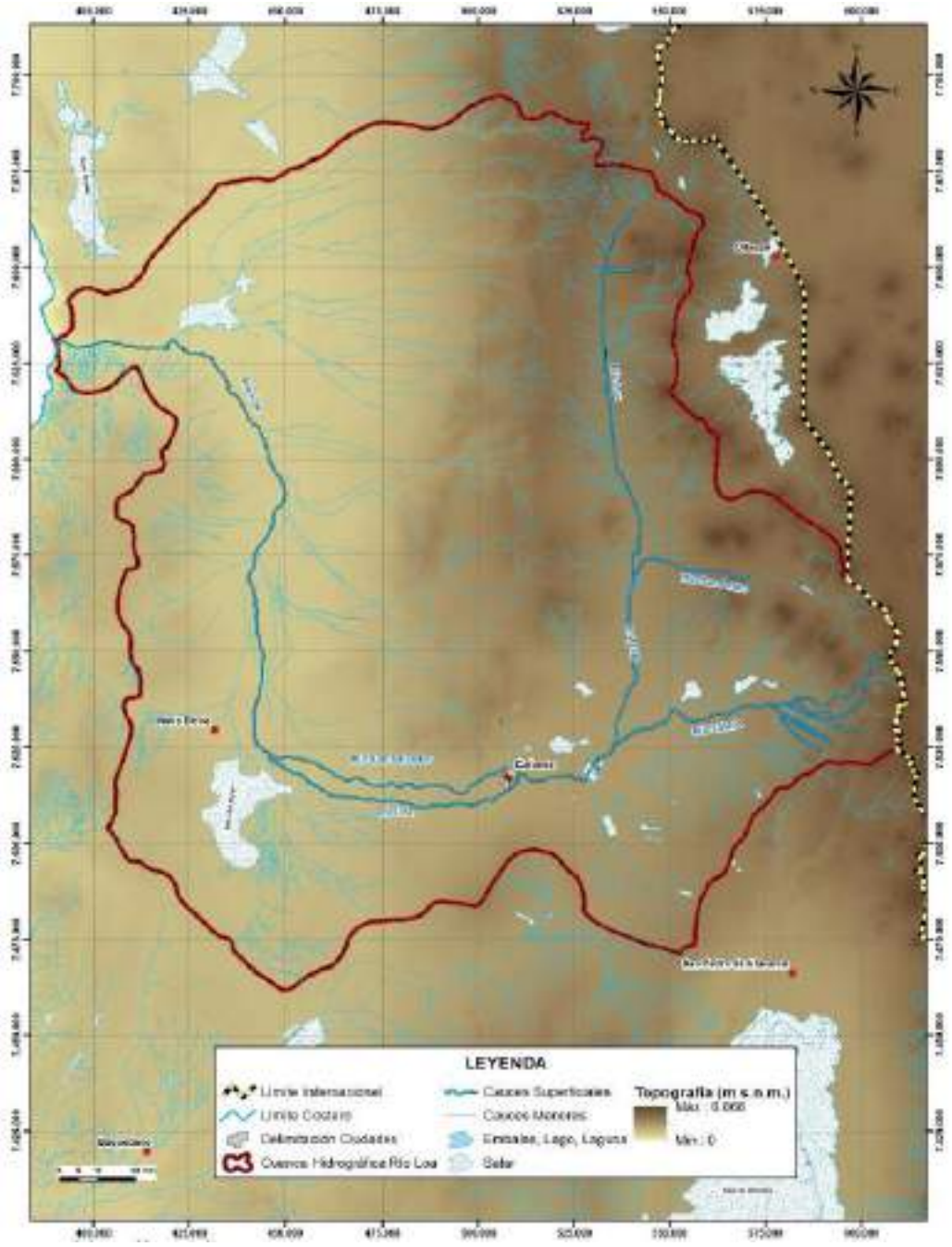


Figura 4.21. Esquema conceptual de los flujos superficiales y red de drenaje. Fuente: KP (2014b).

Adicionalmente, se consideró el acuífero delimitado con todos los SHAC´s descritos en KP (2014b), el cual se presenta en la siguiente figura.

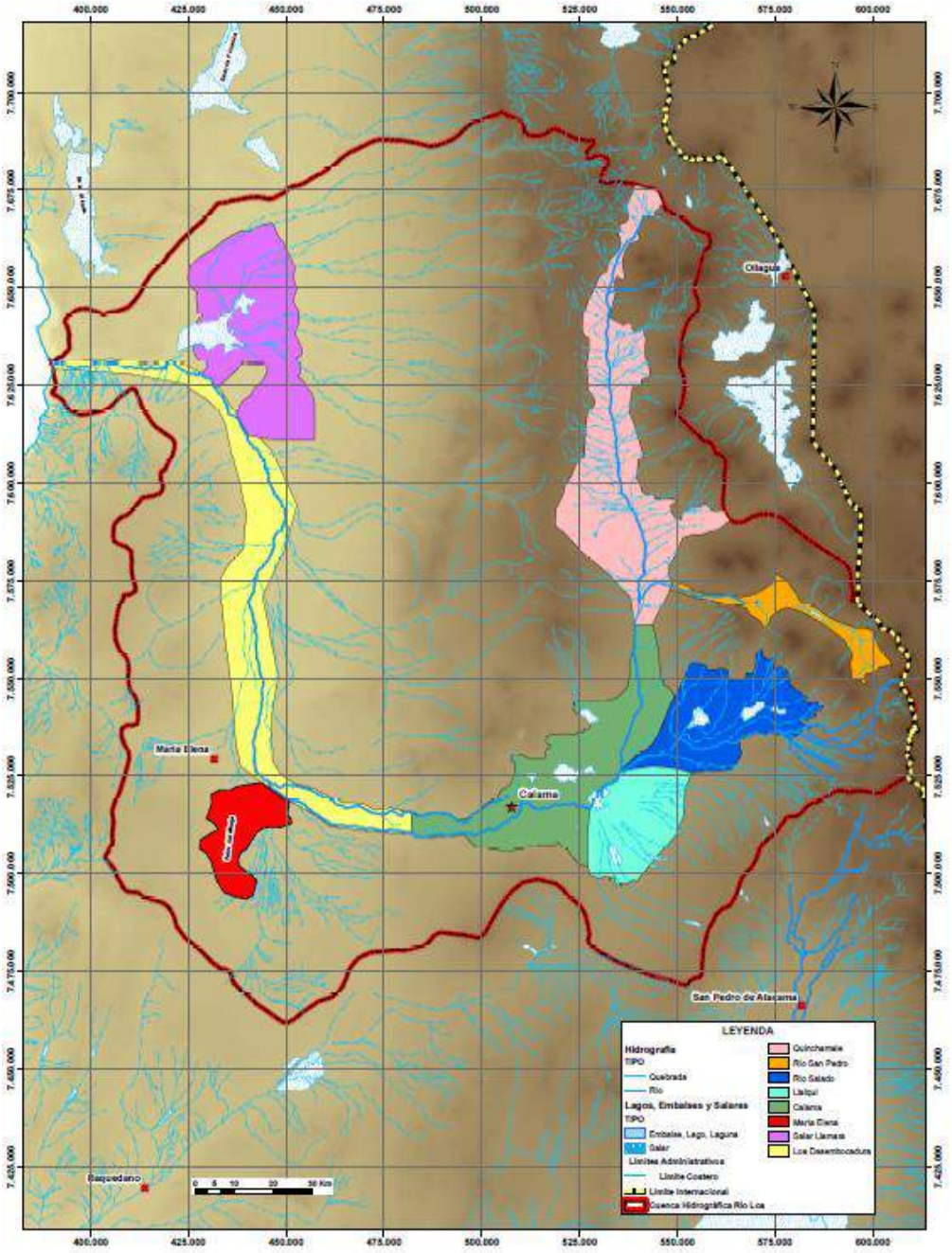


Figura 4.22. Subdivisión de la subcuenca con los límites acuíferos de los respectivos SHAC´s a considerar en el modelo numérico. Fuente: KP (2014b).

Respecto de la interacción con el sistema subterráneo, KP (2014b) realizó un reconocimiento en terreno identificando los afloramientos más relevantes a incorporar en la modelación.

Como señala KP (2014b): “Durante la visita se reconocieron 5 zonas principales de afloramientos, que hacen que las aguas de los cauces superficiales aumenten en caudal.

Folio005787

Estas zonas corresponden a: Sector Ojos de San Pedro, Sector Vegas de Turi, Sector Quillagua, Sector Loa D.J. Salado y Sector Río San Salvador". Las zonas de afloramiento pueden visualizarse en la siguiente figura.

Figura 4.23: Zonas de Afloramiento identificadas en KP (2014b). Fuente: KP (2014b).

De acuerdo al mismo reporte, se señala que:

- El sector de Ojos de San Pedro posee características de salar y se encuentra ubicado en la zona media de la cuenca del río San Pedro. Actualmente no se observan afloramientos en el sector debido a la explotación del acuífero, sin embargo, el lugar es reconocido por haber sido un humedal en el cual las aguas subterráneas afloraban.

Folio005788

- El Sector Vegas de Turi se ubica en la cuenca del río Salado, en el cual se observan afloramientos de agua. A su vez, hacia el sur las vegas se observa el nacimiento de vertientes que contribuyen al caudal del río Salado, los cuales son originados por el afloramiento de las aguas subterráneas del sector.
- El Sector de Quillagua se ubica en la zona baja de la cuenca del río Loa. Esta zona de afloramientos se reconoce debido a que la totalidad de las aguas del cauce es captada aguas arriba del pueblo de Quillagua con fines de riego, no obstante, aguas abajo del pueblo se observa flujo en el río que sólo puede ser explicado por la presencia de una importante contribución subterránea.
- El Sector Loa D.J. Salado corresponde a la zona aguas debajo de la junta con el río Salado y aguas arriba de Loa en Angostura, donde se encuentran ubicados los salares de Rudolph y Brinkelhoff. En esta zona se producen recuperaciones de agua subterránea, las que explican la existencia de los salares y que se ven reflejadas en un aumento de caudal observable en el sector de Angostura.
- El Río San Salvador corresponde a un sector reconocido por ser formado por los afloramientos generados por el acuífero de Calama al sector poniente de la ciudad. Los valores de conductividad eléctrica y temperatura medidos en este cauce muestran que su origen es totalmente distinto al del río Loa, presentando una conductividad y temperatura bastante menores y características de las aguas subterráneas.

La incorporación de dichos afloramientos se hizo a través de nodos específicos en el modelo, y no a lo largo de un tramo de río, lo que además sugiere que dichos afloramientos se producen por singularidades geológicas en el basamento.

A partir de la definición de subcuencas y las relaciones establecidas en las figuras anteriores se crea el modelo de aguas superficiales en la plataforma WEAP, el cual se presenta en la Figura 4.24.

Folio005789

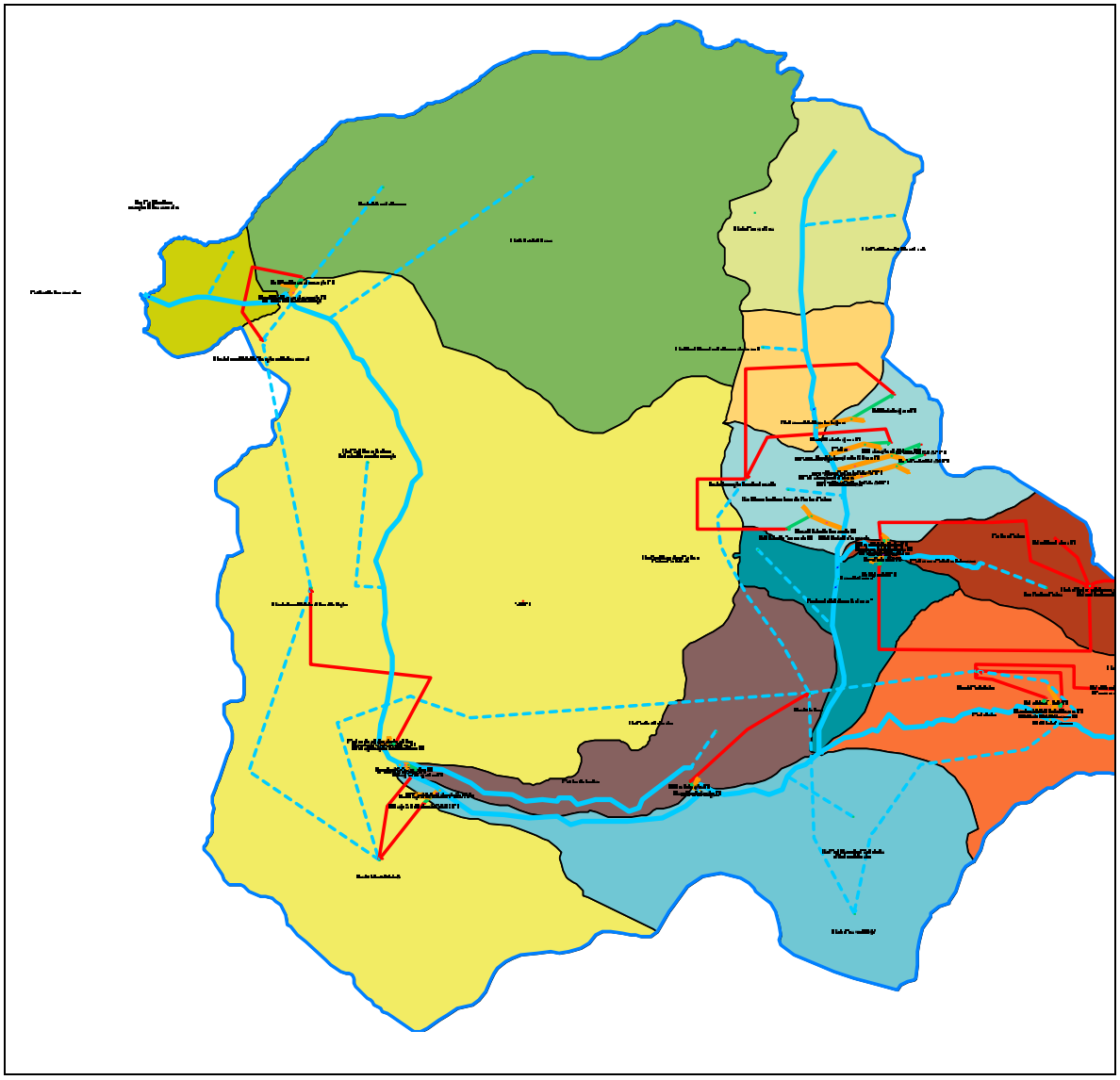


Figura 4.24: Modelo conceptual de los flujos superficiales en la plataforma WEAP, en base a la sectorización planteada. Fuente: Elaboración propia.

Para una mejor visualización del modelo hidrológico planteado se entrega un archivo “kml” para su visualización en Google Earth. En dicho archivo es factible ver la calidad de la representación de los elementos del modelo y su correlación espacial.

Folio005790

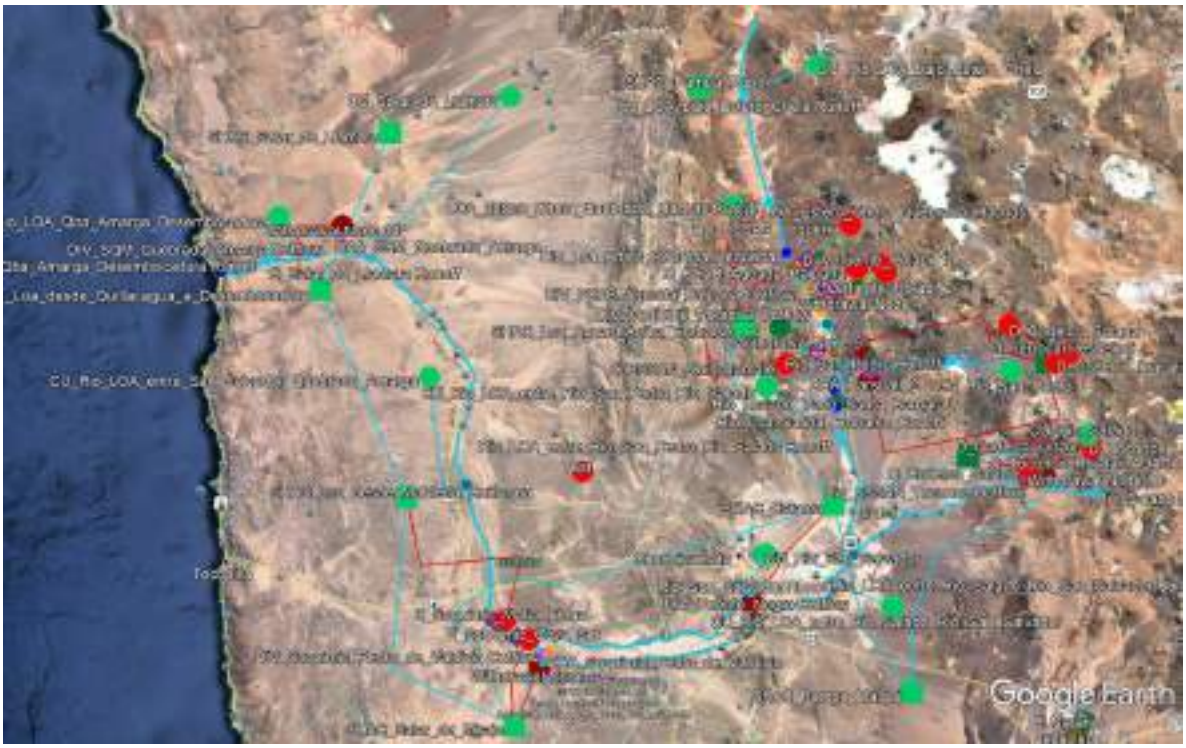


Figura 4.25: Representación del modelo conceptual de la cuenca visualizado en Google Earth. Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2.4 *Forzantes y características naturales para la representación del sistema natural*

En este capítulo se presenta un resumen de las forzantes naturales consideradas para la representación natural como también la hipsometría adoptada para la caracterización de cada subcuenca considerada.

Las forzantes básicas requeridas para la construcción del modelamiento hidrológico son tres:

- fluviometría,
- hipsometría,
- meteorología.

La fluviometría define las subcuencas que debe considerar el modelo, por cuanto se tiene registro o control de caudal en esos sectores.

La hipsometría define las propiedades de cada una de las bandas de elevación a adoptar, para cada una de las subcuencas a modelar. Por lo tanto, es el segundo ítem relevante, pues define el número de “catchments” o nodos de generación de escorrentía que tendrá el modelo. Cada uno de estos “catchments” posee un modelo conceptual de 2 estanques, descrito en el acápite 4.3.2.1. La fluviometría define entonces las subcuencas que debe

Folio005791

considerar el modelo, por cuanto se tiene registro del caudal pasante, principalmente para el proceso de calibración y esto se “intersecta” con la hipsometría a adoptar.

Al procesar la información meteorológica (precipitación, temperatura, viento y humedad relativa), cada variable deberá estar representada en cada uno de estos “catchments”, asociados a cada banda de elevación. Previo a lo anterior, se detallará la metodología de extensión de la estadística, con el fin de independizar al periodo de interés de sus condiciones iniciales.

La hidrogeología proporciona parámetros de partida para conductividades y tamaños aproximados de los acuíferos. Estos antecedentes permiten completar los parámetros necesarios para definir el modelo conceptual del acuífero en WEAP. La siguiente figura resume la metodología adoptada.

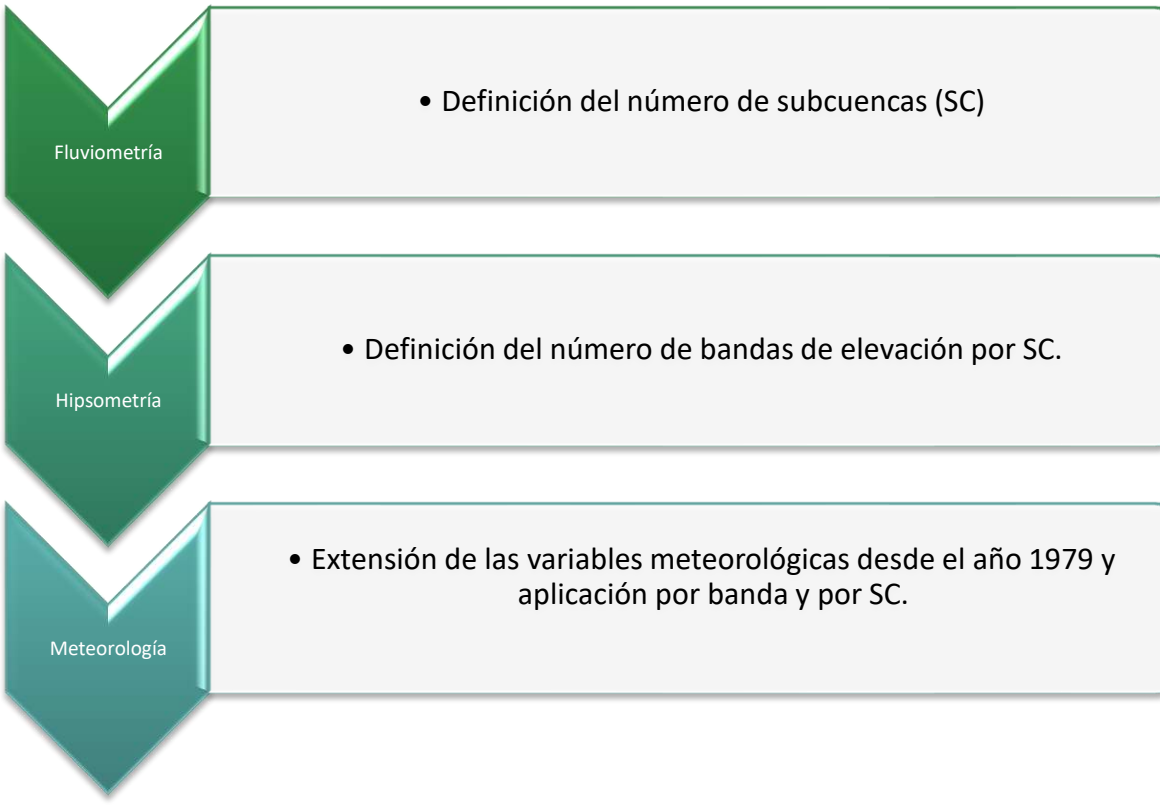


Figura 4.26: Esquema metodológico para la construcción de las variables del modelo conceptual en WEAP.
Fuente: Elaboración Propia.

Folio005792

4.3.2.4.1 Fluviometría

La información fluviométrica empleada corresponde a la información indicada por DGA (2014), según el detalle indicado en la Tabla 3-4.1.

Las estaciones empleadas y su ubicación espacial se presentan en la Tabla 4.5 y en la Figura 4.28, respectivamente. Se distingue que el análisis involucra a 22 estaciones fluviométricas, las que se encuentran a diferentes elevaciones, siendo la más elevada, la estación Río San Pedro en Parshall Nº2 (BT CHILEX) a 3318 m.s.n.m., mientras que la de menor elevación corresponde a la estación Río Loa en Desembocadura a 0 m.s.n.m.

Folio005793

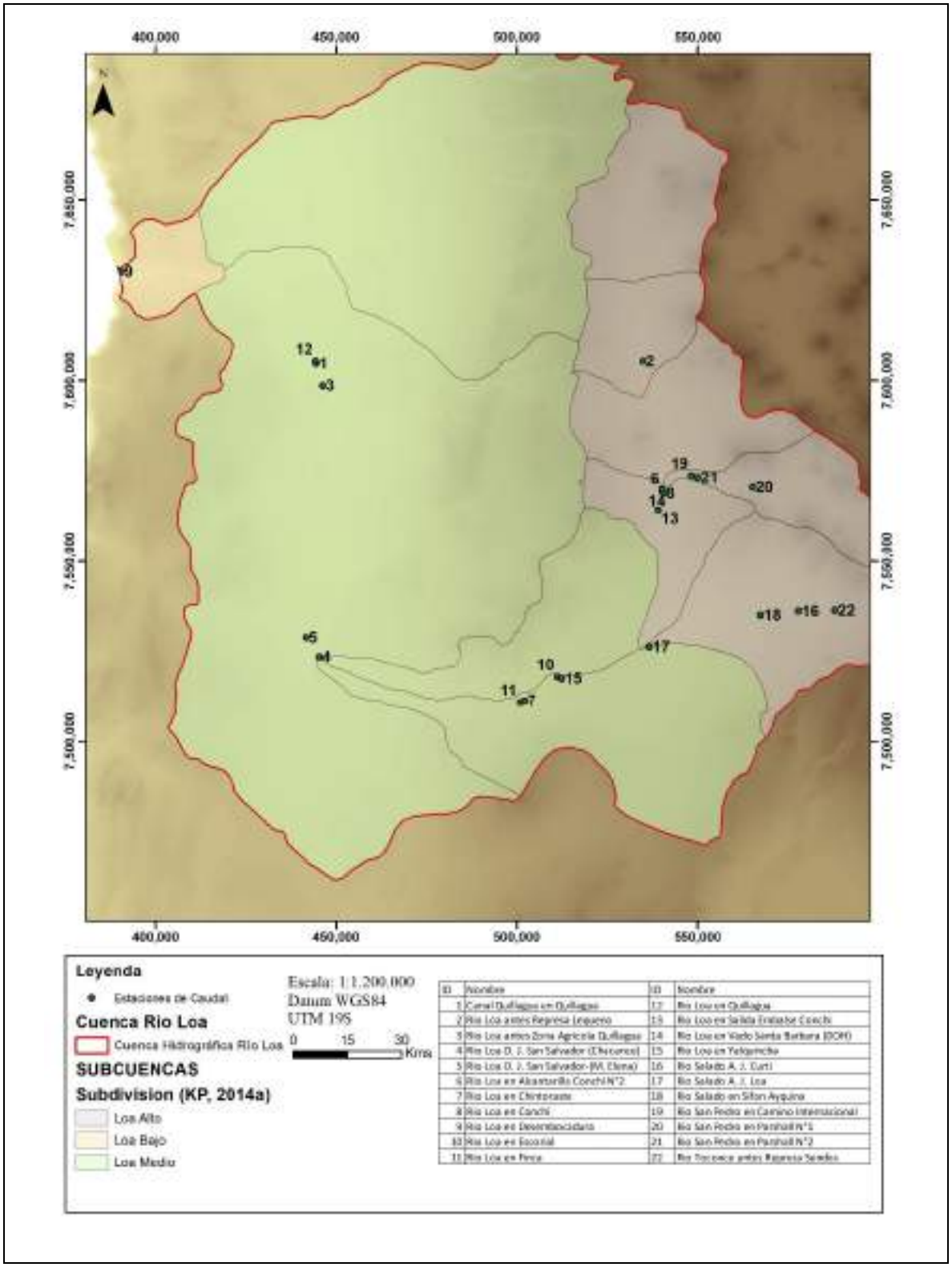


Figura 4.27. Estaciones fluviométricas analizadas. Fuente: Elaboración Propia.

Folio005794

Tabla 4.5: Estaciones fluviométricas empleadas. Coordenadas UTM (Datum WGS84, Huso 19 Sur) y altitud. Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2019.

ID	Estación	Código DGA	Este [m]	Norte [m]	Elevación [m.s.n.m.]
1	Canal Quillagua en Quillagua	2112002-2	444473	7604611	910
2	Río Loa antes Represa Lequena	2101001-4	534949	7605229	3315
3	Río Loa antes Zona Agrícola Quillagua	2112005-7	446354	7598565	950
4	Río Loa D J San Salvador (Chacance)	2112006-5	445344	7523365	1238
5	Río Loa D J San Salvador-(M Elena)	2112007-3	441738	7528698	124
6	Río Loa en Alcantarilla Conchi Nº2	2104003-7	540331	7569426	2932
7	Río Loa en Chintoraste	2110003-k	502227	7511174	22
8	Río Loa en Conchi	2104001-0	540485	7568732	301
9	Río Loa en Desembocadura	2120001-8	390619	7630039	0
10	Río Loa en Escorial	2110001-3	511256	7517865	245
11	Río Loa en Finca	2110004-8	500936	7510768	21
12	Río Loa en Quillagua	2112001-4	44443	7605359	802
13	Río Loa en Salida Embalse Conchi	2104002-9	539131	7564050	295
14	Río Loa en Vado Santa Bárbara (DOH)	2104013-4	540243	7569856	295
15	Río Loa en Yalquincha	2110002-1	512399	7517311	23
16	Río Salado A J Curti	2105001-6	578009	7536077	308
17	Río Salado A J Loa	2105005-9	53667	7526151	25
18	Río Salado en Sifón Ayquina	2105002-4	567487	7534983	298
19	Río San Pedro en Camino Internacional	2103003-1	548285	7573604	332
20	Río San Pedro en Parshall Nº1	2103001-5	565242	7570373	37
21	Río San Pedro en Parshall Nº2 (BT CHILEX)	2103002-3	550047	7573027	3318
22	Río Toconce antes Represa Sendos	2105007-5	588046	7536321	3245

El periodo de registro total involucra desde el año 1916 hasta el año 2017. Los caudales medios mensuales se resumen en la Tabla 4.6, en la que se distinguen valores máximos durante el mes de febrero producto de la influencia del invierno altiplánico, mientras que un conjunto de estaciones también posee un máximo durante el período junio-agosto producto de la presencia del Anticiclón del Pacífico. En las figuras siguientes se muestra la variación de estos caudales, en particular la estacionalidad del año promedio.

Folio005795

Tabla 4.6: Caudales medios mensuales, y caudales según período hidrológico, en [m3/s]. Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2019.

ID	Estación	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR-SEP	OCT-MAR	ANUAL
1	Canal Quillagua en Quillagua	0.19	0.23	0.24	0.22	0.23	0.24	0.24	0.21	0.18	0.17	0.16	0.17	0.23	0.19	0.21
2	Río Loa antes Represa Lequena	0.52	0.54	0.56	0.56	0.57	0.59	0.58	0.50	0.47	0.61	0.83	0.58	0.56	0.59	0.58
3	Río Loa antes Zona Agrícola Quillagua	0.17	0.27	0.54	0.73	0.67	0.55	0.37	0.38	0.29	0.29	0.74	0.24	0.49	0.39	0.44
4	Río Loa D J San Salvador (Chacance)	2.83	2.76	3.21	3.41	3.02	2.34	1.93	1.64	1.73	2.07	4.37	3.12	2.93	2.48	2.70
5	Río Loa D J San Salvador-(M Elena)	0.42	0.55	0.72	0.84	0.82	0.65	0.44	0.35	0.28	0.30	0.57	0.50	0.67	0.41	0.54
6	Río Loa en Alcantarilla Conchi Nº2	0.79	0.77	0.76	0.78	0.75	0.73	0.68	0.66	0.69	0.88	0.93	0.81	0.76	0.78	0.77
7	Río Loa en Chintoraste	0.82	1.39	2.25	2.10	1.63	0.95	0.66	0.56	0.50	0.67	0.77	0.92	1.52	0.68	1.10
8	Río Loa en Conchi	1.99	1.99	2.05	2.09	2.01	2.05	1.99	1.97	2.03	2.29	2.25	2.11	2.03	2.11	2.07
9	Río Loa en Desembocadura	0.15	0.18	0.29	0.41	0.48	0.44	0.31	0.17	0.12	0.12	0.47	0.19	0.33	0.23	0.28
10	Río Loa en Escorial	1.48	1.67	1.71	1.89	1.88	1.86	1.68	1.62	1.47	1.79	4.10	2.03	1.75	2.11	1.93
11	Río Loa en Finca	0.48	0.60	0.84	0.90	0.82	0.51	0.37	0.30	0.29	0.55	1.06	1.22	0.69	0.63	0.66
12	Río Loa en Quillagua	0.94	1.33	1.75	2.00	1.84	1.45	1.09	0.87	0.86	1.00	1.74	1.43	1.55	1.17	1.36
13	Río Loa en Salida Embalse Conchi	0.58	0.40	0.35	0.41	0.40	0.42	0.69	0.91	1.06	1.24	1.46	0.88	0.43	1.04	0.73
14	Río Loa en Vado Santa Bárbara (DOH)	0.62	0.57	0.58	0.65	0.62	0.52	0.50	0.50	0.47	0.49	1.73	1.05	0.59	0.79	0.69
15	Río Loa en Yalquincha	2.09	2.05	2.16	2.39	2.23	2.04	1.97	1.93	1.92	2.20	2.63	2.30	2.16	2.16	2.16
16	Río Salado A J Curti	0.26	0.61	0.67	0.63	0.61	0.56	0.16	0.10	0.11	0.45	1.08	0.57	0.56	0.41	0.48
17	Río Salado A J Loa	2.37	2.47	2.56	2.46	2.57	2.26	2.35	2.13	2.35	2.79	3.33	2.76	2.45	2.62	2.53
18	Río Salado en Sifón Ayquina	0.46	0.49	0.48	0.47	0.45	0.42	0.38	0.35	0.35	0.71	1.10	0.69	0.46	0.59	0.53
19	Río San Pedro en Camino Internacional	0.06	0.08	0.06	0.08	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.05	0.04	0.05	0.07	0.05	0.06
20	Río San Pedro en Parshall Nº1	1.07	1.07	1.05	1.02	1.01	1.03	1.06	1.09	1.05	1.05	1.05	1.06	1.04	1.06	1.05
21	Río San Pedro en Parshall Nº2 (BTCHILEX)	0.99	0.96	0.95	0.93	0.95	0.96	0.97	0.99	0.98	0.97	0.97	0.99	0.96	0.98	0.97
22	Río Toconce antes Represa Sendos	0.42	0.41	0.42	0.44	0.42	0.40	0.47	0.55	0.40	0.49	0.50	0.43	0.42	0.47	0.45

Folio005796

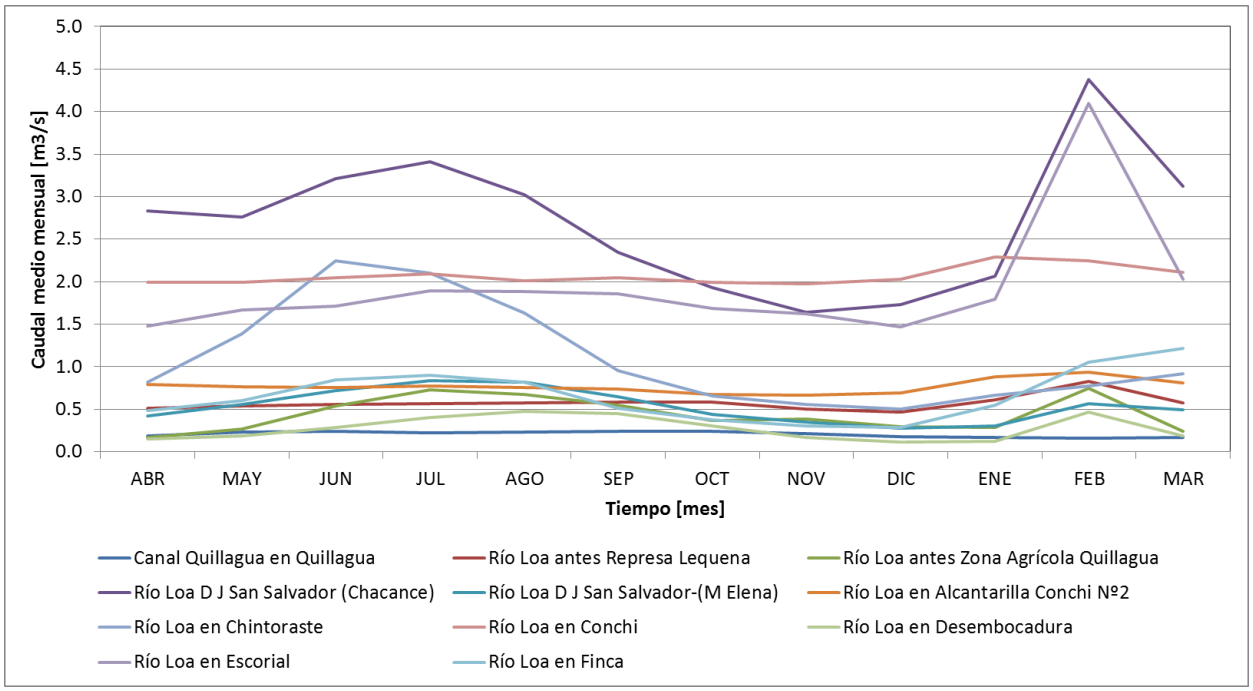


Figura 4.28. Caudales medios mensuales (estacionalidad del año promedio) de las estaciones empleadas para el modelamiento. Estaciones de ID1 a ID12. Estaciones de ID 13 a ID22). Fuente: Elaboración propia.

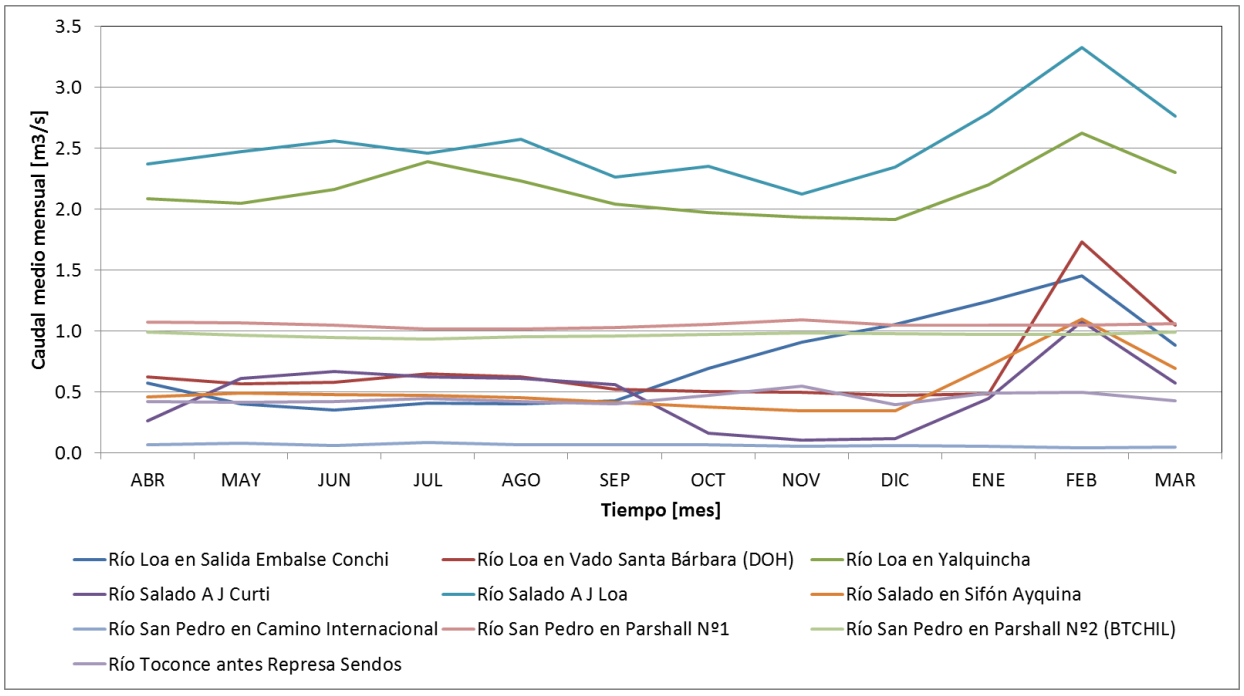


Figura 4.29. Caudales medios mensuales (estacionalidad del año promedio) de las estaciones empleadas para el modelamiento. Estaciones de ID13 a ID22. Fuente: Elaboración propia.

Folio005797

En resumen, en la cuenca coexisten distintos tipos de régimen hidrológico, algunos tienen su "peak" en el período de verano (enero, febrero y marzo), los cuales son influenciados directamente por el invierno altiplánico, mientras que dos estaciones representan un régimen tradicional "pluvial" con sus peaks entre los meses de mayo, junio y julio. Las demás estaciones tienden a presentar un "régimen estacionario" lo que puede deberse al alto grado de intervención y también a la influencia de la interacción subterránea.

4.3.2.4.2 Hipsometría

La hipsometría corresponde a una característica morfológica básica de la cuenca pues permite relacionar las elevaciones del terreno en función de las superficies correspondientes a dichas elevaciones. Esta relación entre la altura (o altura relativa) y la superficie asociada a dicha elevación se le conoce como la curva hipsométrica o curva de área-elevación del sistema en cuestión, la cual se ejemplifica en laFigura 4.30. La construcción de una curva hipsométrica permite, entre otras cosas:

- Caracterizar el relieve y estudiar su influencia sobre la respuesta hidrológica de una cuenca.
- Evaluar el nivel de erosión y el grado de equilibrio dinámico de la cuenca (Strahler, 1964; citado por Mardones *et al*., 2007[10])

[10] Fuente: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022007000200005

Folio005798

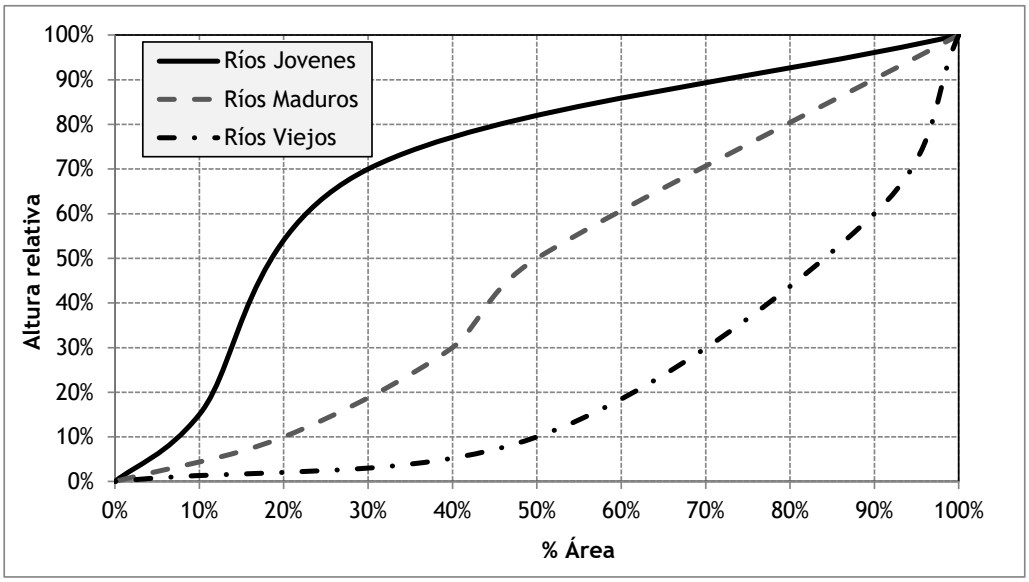


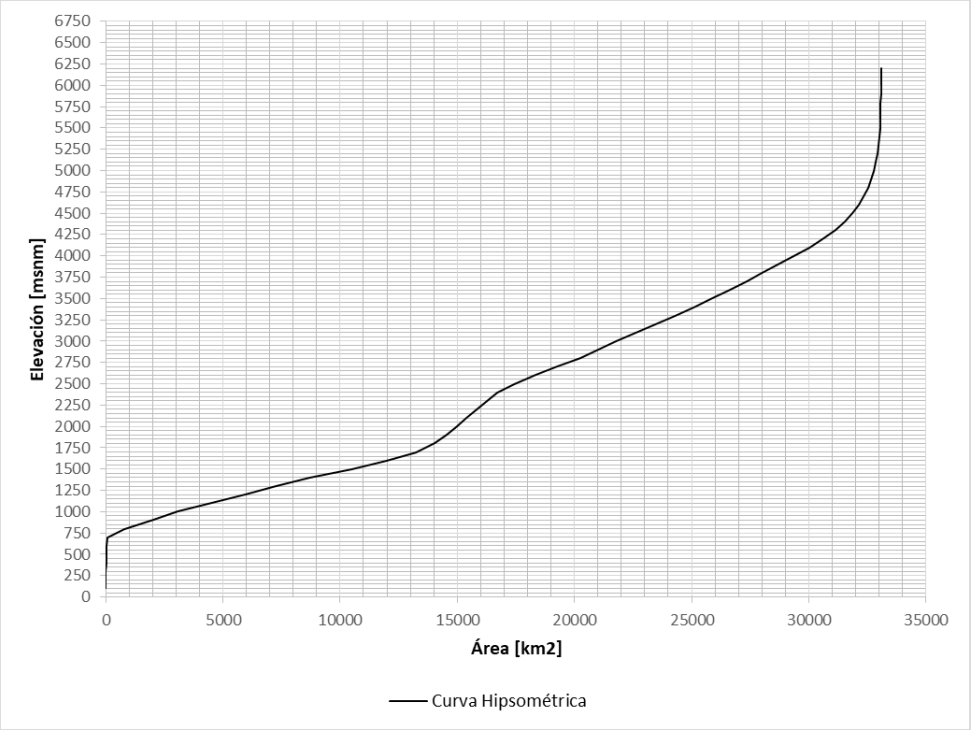
Figura 4.30: Curva hipsométrica según edad del río. Fuente: Llamas, 1993.

Como ya había sido indicado, el número de subcuencas considerado en la zona de estudio obedece al modelo conceptual ya elaborado por KP (2014b).

La siguiente figura presenta la curva hipsométrica de la cuenca del río Loa en desembocadura, en los formatos de elevación y elevación relativa.

En ambas curvas se aprecia que existe una primera zona de ascenso abrupto de elevación, relacionado a la presencia del farellón costero, mientras que después se observa un ascenso paulatino hasta los 1400 msnm, en donde la elevación vuelve a subir hasta los 1800 msnm aproximadamente.

Desde ahí, el ascenso es paulatino hasta los 3000 msnm, en donde comienzan las altas cumbres que dan origen al último tramo de abrupta subida. En cada uno de estos tramos es conveniente tener al menos dos bandas de elevación que agrupen la información meteorológica.



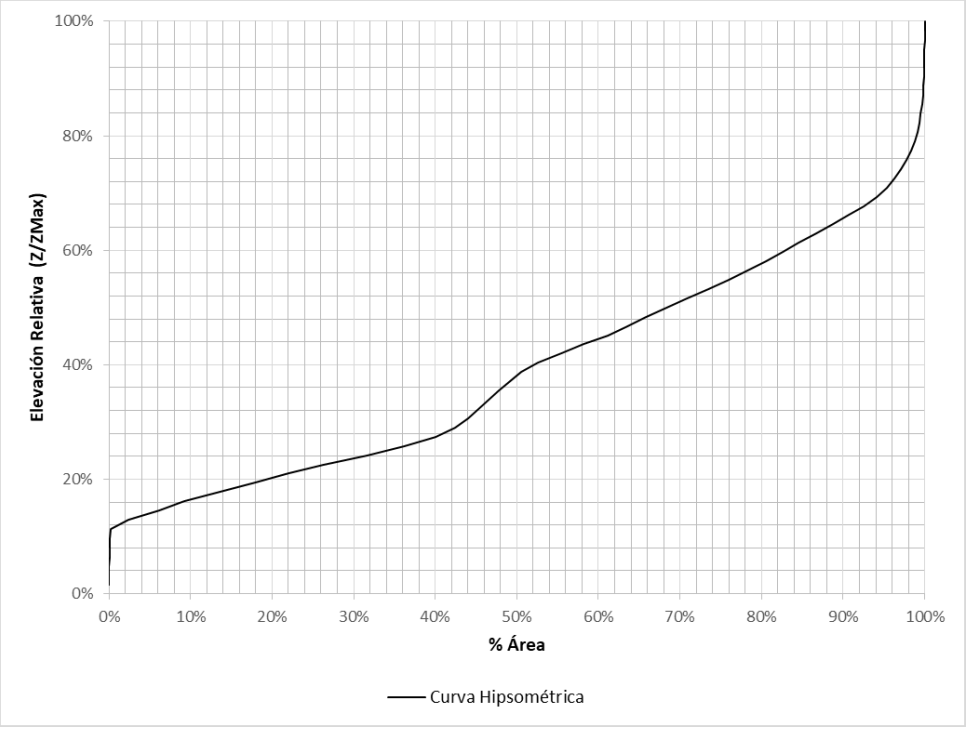


Figura 4.31. Curvas Hipsométricas de la cuenca del río Loa en Desembocadura. Fuente: Elaboración Propia.

Por este motivo, inicialmente, se definieron un total de 12 bandas de elevación para todo el sistema, de manera que todas las singularidades geomorfológicas queden incluidas.

Folio005800

En la Tabla 4.7 se presentan las bandas que se consideraron en un comienzo en la modelación. La nomenclatura empleada indica que la banda de mayor elevación corresponde a B1, mientras que la banda de menor elevación es B12. Cada banda tiene asociada una cota límite o curva de nivel que envuelve a dicha área, vale decir, una cota de elevación inicial (Z_{ini}), una cota de elevación final (Z_{fin}), y una cota de elevación promedio entre Z_{ini} y Z_{fin} (Z_{med}).

Tabla 4.7: Resumen de áreas y elevaciones de cada banda a considerar. Fuente: Elaboración Propia.

Banda Elev.	Z ini [msnm]	Z_fin [msnm]	Z_med [msnm]	z_dif [msnm]	Área Banda [km²]
B1	6200	5700	5950	500	19.34
B2	5700	5200	5450	500	136.69
B3	5200	4700	4950	500	579.05
B4	4700	4200	4450	500	1724.90
B5	4200	3700	3950	500	3289.52
B6	3700	3200	3450	500	3904.79
B7	3200	2700	2950	500	4185.95
B8	2700	2200	2450	500	3412.92
B9	2200	1700	1950	500	2597.66
B10	1700	1200	1450	500	7294.91
B11	1200	700	950	500	5851.23
B12	700	100	400	600	77.91

Sin embargo, pese a que esta aproximación conceptual fue implementada en un comienzo, los resultados que se obtuvieron para el modelo no fueron satisfactorios. Los ajustes en las estaciones fluviométricas sobrestimaban consistentemente en todo el dominio del modelo.

Esto tiene que ver con el acápite siguiente, y es que la meteorología que se utilizó en esta oportunidad, corresponde a la que define el producto meteorológico construido por el CR2 (CR2MET) para la Actualización del Balance Hídrico de Chile (DGA,2017), el cual señala que justamente la gran dificultad que existe en reproducir las condiciones climáticas en zonas áridas y con poca información, sumado a que la información en altura es muy escaza, lo que ha constituido una limitación inherente a todas las modelaciones que tratan de caracterizar zonas en altura.

Ante esto, lo que se hizo, dado que la información del Balance Hídrico incorpora tácitamente la orografía de las cuencas, fue utilizar solamente las subcuencas que originalmente se planteaban en el modelo, pasando a una modelación hidrológica igualmente semistribuída, pero reduciendo considerablemente el número de “cathments” de modelación, concentrando un poco más la modelación de algunas subcuencas.

Esto, como se verá luego en los resultados, permitió mejorar los indicadores de calibración como la respuesta física del sistema.

4.3.2.4.3 Meteorología

Como se ha adelantado anteriormente, las forzantes más relevantes en materia de meteorología corresponden a la precipitación y a la temperatura. Para otras forzantes, como la humedad relativa y el viento, existe escasa información. Por suerte, el producto

Folio005801

meteorológico usado en DGA (2017) permite el rescate de toda esta información. Sin embargo, la humedad relativa y el viento suelen ser los productos, como señala DGA (2017) de mayor dificultad de reproducción, pues no existe mucha información continua y homogéneamente distribuida, para todo el país. Para estos casos ha resultado clave los productos de reanálisis que ha utilizado el CR2 para la representación de este tipo de variables a escala nacional.

El objetivo principal de este acápite entonces es presentar un diagnóstico de la calidad de la meteorología que posee el Balance Hídrico (DGA, 2017) respecto de la climatología observada para la cuenca del Loa.

Se evaluará el grado de representación estacional del año promedio, magnitud anual y curva de duración para precipitaciones y sólo la representación estacional del año promedio para temperatura junto a la temperatura media anual. Un resumen de los aspectos a evaluar se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4.8: Resumen de variables a evaluar en el diagnóstico.

Agregación Temporal / Variable	Precipitación	Temperatura	Caudal
Anual	Gráfica de la precipitación anual (serie de tiempo de la suma de las precipitaciones mensuales por año)	Gráfica de la temperatura promedio anual (serie de tiempo con la temperatura promedio por año)	No es utilizado.
Estacional	Gráfica de los promedios de los registros observados y simulados para cada mes. En formato año hidrológico.		
Curva de duración	Curva de duración según Weibull para la serie mensual de precipitaciones.	No aplica	No es utilizado.

Cabe destacar que para los propósitos de este estudio la variable caudal es descartada del análisis, debido a que existe una falencia en la representación del caudal en los resultados de DGA (2017), por lo que los caudales serán simulados a través de modelos hidrológicos directamente en WEAP.

Para analizar el desempeño del producto del Balance Hídrico se dividió la cuenca del Loa en 3 secciones (Loa bajo, medio y alto). Los objetivos de dicha división obedecen a hacer una comparación a nivel “macro” escogiendo una estación índice para cada una de las zonas, profundizando el análisis como se explica a continuación.

Se dividirá el análisis de las estaciones (precipitación y temperatura) según su ubicación longitudinal en 3 clasificaciones; estaciones del Loa alto, ubicadas desde aproximadamente la coordenada UTM Este 530,000 hacia el este; estaciones del Loa medio, entre UTM Este 530,000 y UTM Este 410,000 aproximadamente; y las estaciones del Loa bajo, ubicadas

Folio005802

desde UTME 410,000 hacia el oeste. En otras palabras, el sector de Loa Alto representa la zona cordillerana de la cuenca, mientras que el sector "Loa Medio" la depresión intermedia. El sector "Loa Bajo" representa la zona más próxima a la costa de la cuenca.

Se seleccionarán para cada variable hidrometeorológica 3 estaciones representativas (una para cada clasificación) de acuerdo al criterio señalado en el informe "*Análisis efecto en el régimen hídrico por cambio en patrones meteorológicos"* (DGA, 2016). Dicho criterio se resume en dar prioridad a las estaciones que poseen mayor cantidad de años de registro, para así obtener una mejor representación de las zonas aledañas a dichas estaciones. Se realizará un análisis gráfico y estadístico para las estaciones seleccionadas. El propósito entonces es comparar la meteorología y la fluviometría entre las estaciones observadas y lo que simula DGA (2017).

Esta comparación como se ha señalado anteriormente, se hará de manera gráfica y estadística para las estaciones que funcionarán como "indicadoras" de la cuenca.

Para las estaciones no seleccionadas como indicadoras se realizará exclusivamente un análisis estadístico, usando indicadores de bondad de ajuste los que se definen a continuación:

1. **KGE**: Permite un análisis conjunto de la correlación, sesgo y variabilidad de la serie simulada con respecto a la observada. Se tiene que $KGE \in (-\infty, 1]$, siendo *KGE = 1* un ajuste perfecto (Gupta, 2009).

$$KGE = 1 - \sqrt{(r-1)^2 + (\alpha - 1)^2 + (\beta - 1)^2}$$

Donde:

r [-]: Coeficiente de correlación.

α [-]: Relación de variabilidad.

β [-]: Relación de sesgo.

2. **NSE**: Dicho indicador puede ser interpretado como una medida comparativa del modelo con respecto a la media de las observaciones, cuyo rango es $(-\infty, 1]$. Obtener valores de *NSE* negativos indica entonces que la serie promedio de observaciones es mejor modelo predictor que el modelo utilizado para la simulación (Gupta, 2009).

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2}$$

Donde:

Folio005803

O_i [-]: Valores observados.

P_i [-]: Valores simulados.

$\bar{O}$ [-]: Promedio de los valores observados.

3. **PBIAS**: Medida porcentual de la tendencia promedio de los datos simulados a subestimar o sobrestimar los datos observados. El valor óptimo se alcanza cuando *PBIAS = 0.* Valores positivos (negativos) indican un sesgo de subestimación (sobrestimación) del modelo (Moriasi, 2007).

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i^{sim} - Y_i^{obs}\right) * 100}{\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i^{obs}\right)}\right]$$

4. **r^2**: Relación entre la dispersión de la serie simulada y la observada. El rango de r^2 descansa entre 0 y 1. Un valor 1 indicaría entonces que la dispersión de la serie simulada es idéntica a la dispersión de la serie observada (Krause, 2005).

$$r^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \bar{P})^2}}\right)^2$$

Donde:

O_i [-]: Valores observados.

P_i [-]: Valores simulados.

$\bar{O}$ [-]: Promedio de los valores observados.

$\bar{P}$ [-]: Promedio de los valores simulados.

A continuación se efectúa el análisis de las variables en particular.

4.3.2.4.3.1 Precipitación

En la Tabla 4.9 se presentan las estaciones de precipitación utilizadas para la comparación de los resultados del Balance Hídrico (DGA, 2017), mientras que la Figura 4.32, contextualiza la ubicación espacial de dichas estaciones en la cuenca del río Loa.

Tabla 4.9: Estaciones de precipitación Cuenca del Loa.

Nombre	Altitud [msnm]	Latitud [°]	Longitud [°]	Inicio Obs.	Término Obs.
Guatacondo Dga	2460	-20.9272	-69.0456	01-09-1977	31-03-2017
|Rio Huatacondo En Copaquire	3540	-20.9333	-68.8833	01-06-2011	31-03-2017
Lequena	3320	-21.6553	-68.6611	01-11-1973	31-03-2017
Rio Loa Antes Represa Lequena	3315	-21.6558	-68.6622	01-12-2001	04-02-2018
Quillagua	802	-21.6603	-69.5358	01-02-1900	30-04-2017
Quinchamale	3080	-21.9053	-68.5964	01-06-1995	31-03-2017
San Pedro De Conchi	3217	-21.9333	-68.5364	01-02-1970	30-04-1993
Parshall N 2	3318	-21.9428	-68.5175	01-04-1969	31-12-2015
Conchi Viejo	3491	-21.95	-68.7239	01-02-1900	30-04-2017
Ojos San Pedro	3800	-21.9706	-68.3128	01-02-1900	30-04-2017
Rio Siloli Antes B.T. Fcab	4000	-22.0103	-68.0269	01-10-2012	04-02-2018
Silala	4305	-22.0139	-68.0289	01-01-2001	30-04-2017
Conchi Embalse	3010	-22.025	-68.6242	01-09-1967	30-04-2017
Conchi Muro Embalse	3000	-22.0267	-68.6208	01-02-1978	31-12-1991
Inacaliri	4040	-22.0278	-68.0661	01-02-1900	30-04-2017
Rio Loa En Salida Embalse Conchi	2950	-22.0278	-68.6208	01-02-2012	31-05-2017
Cupo	3370	-22.1147	-68.3167	01-02-1900	31-03-2017
Linzor	4100	-22.2297	-68.0228	01-11-1973	04-02-2018
Turi	3070	-22.2408	-68.2881	01-01-1981	31-05-1993
Toconce	3310	-22.2592	-68.1733	01-03-1972	31-03-2017
Ayquina	3031	-22.2753	-68.3183	01-09-1967	31-03-2017
Rio Salado A. J. Curti	3080	-22.2792	-68.2428	01-04-2012	31-07-2013
Salado Embalse	3200	-22.2856	-68.2028	01-10-1975	04-02-2018
Rio Salado En Sifon Ayquina	2980	-22.2894	-68.3447	01-11-2001	28-02-2017
Caspana	3260	-22.3367	-68.2122	01-01-1971	31-12-2008
Chiu-Chiu	2524	-22.3378	-68.6367	01-08-1974	30-04-2017
El Tatio	4370	-22.3711	-68.0133	01-06-1977	04-02-2018
Coya Sur	1250	-22.3939	-69.6225	01-06-1974	30-06-1991
Calama	2300	-22.4494	-68.9044	01-02-1900	04-02-2018

Las estaciones de precipitación se encuentran concentradas en la zona de Loa Alto.

Folio005805

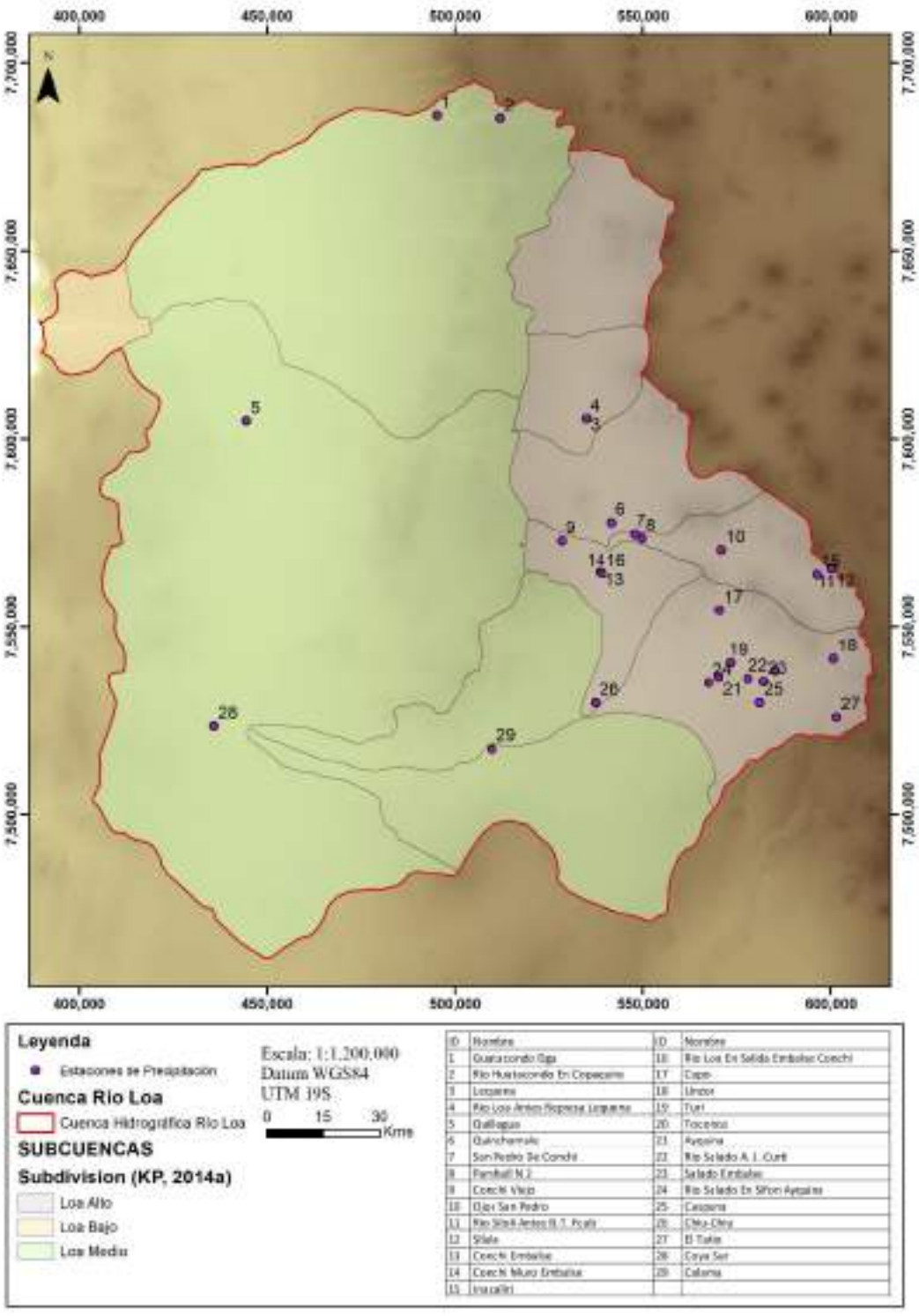


Figura 4.32: Estaciones de precipitación Cuenca del Loa.

Para la precipitación se seleccionaron las estaciones Quillagua, Calama y Linzor (Figura 4.32: estaciones 5, 29 y 18, respectivamente), debido a que son las estaciones con mayor

Folio005806

cantidad de registros, y por lo tanto, con menor cantidad de datos rellenados, dando como resultado un mayor grado de representatividad (DGA, 2016). Debido a que no existen estaciones en la zona del Loa bajo, se considerará a la estación Quillagua como la estación representativa de dicha área. Las estaciones Calama y Linzor se considerarán como representativas del Loa medio y alto, respectivamente.

4.3.2.4.3.1.1 Estación Quillagua

En la Figura 4.33 se presentan los resultados de precipitación para la estación Quillagua. En rojo se indica la serie simulada por el Balance Hídrico, y en azul la serie observada. Para complementar el análisis se presentan indicadores estadísticos en las series anual (panel superior izquierdo), estacional (panel superior derecho) y mensual (panel inferior izquierdo).

Con respecto a la habilidad del modelo para simular la magnitud de las precipitaciones, se observa que en promedio la simulación del Balance Hídrico sobrestima en 0,07 mm, 0,02 mm y 0,01 mm a la serie anual observada, estacional observada y mensual observada, respectivamente. Se puede asociar dicho sesgo a la precipitación en el año 2015, donde la serie simulada dobla en magnitud a las observaciones. Esta sobrestimación, se aprecia entre las probabilidades menores al 5% en la curva de duración. (panel inferior derecho).

Se puede observar en el panel superior derecho que el Balance Hídrico presenta problemas en la representación de la estacionalidad de la precipitación, particularmente en las lluvias observadas en enero junto con sobrestimar las lluvias registradas en el mes de Julio. Cabe destacar que, pese a esta dificultad, la magnitud de estas precipitaciones no supera los 5 mm.

Respecto de los indicadores estadísticos, un valor de KGE de 0,25 indica un precario desempeño de la simulación tanto en la variabilidad como en el monto de la precipitación. Un NSE de -0,2 indica los problemas en la representación del valor medio de lluvia para esta zona del Loa bajo.

Un valor de PBIAS=17,9 indica que la serie simulada sobrestima en promedio en casi un 18% a la serie observada, debido probablemente a la magnitud de la precipitación simulada en el año 2015. Si bien el valor del r^2=0,62 es aceptable, este debe ser entendido en el contexto de los demás indicadores, ya que dicho estadístico es una medida de la dispersión conjunta de los datos, y al presentarse mayoritariamente valores nulos (como es el caso de la estación Quillagua) es posible obtener valores aceptables de dicho estadístico al representar escasamente la temporalidad de los peaks.

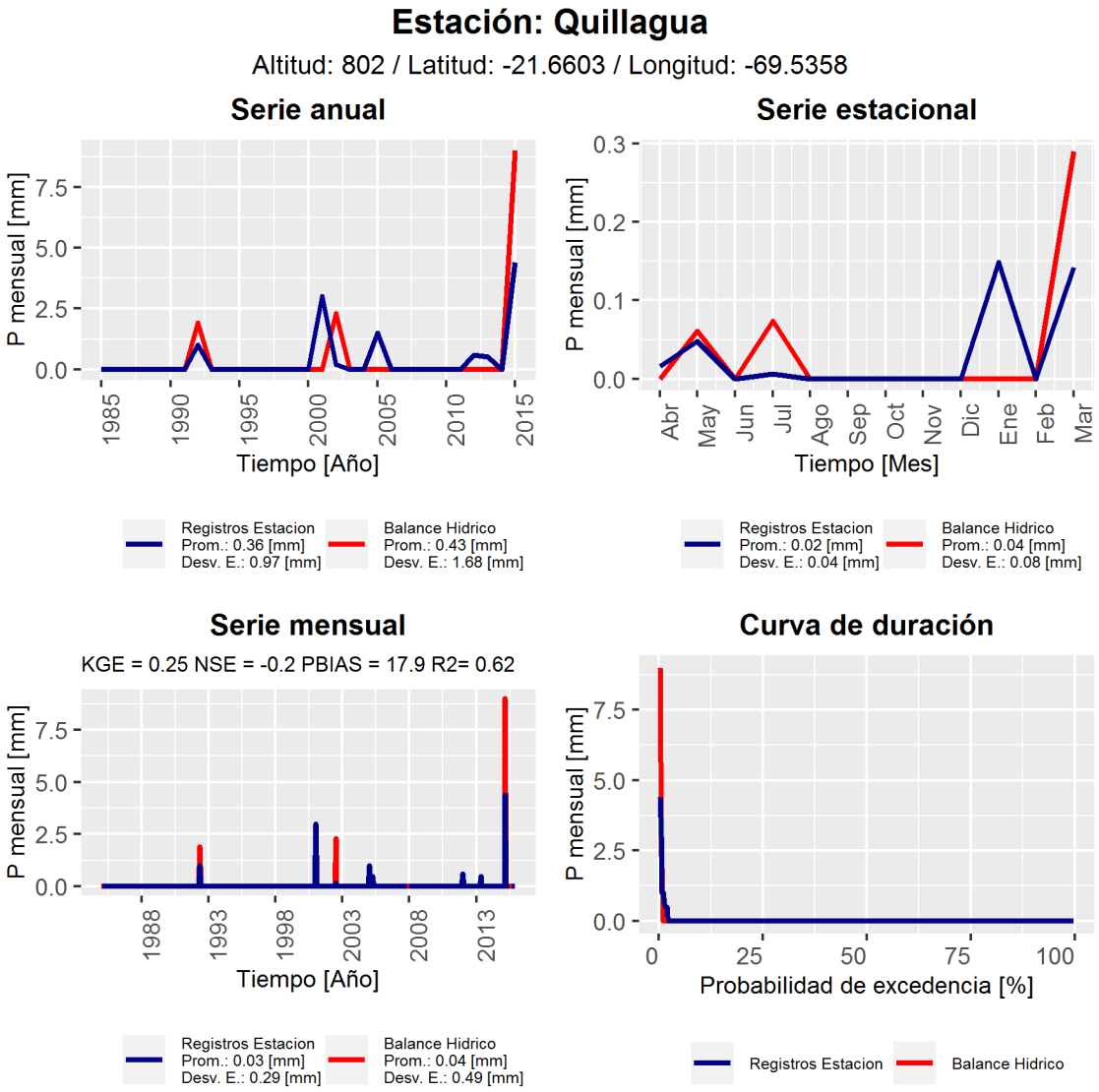


Figura 4.33: Resultados precipitación estación Quillagua.

4.3.2.4.3.1.2 Estación Calama

De la Figura 4.34 se desprende que en promedio el Balance Hídrico subestima en 1,29 mm, 0,07 mm y 0,11 mm a las series observadas anual, estacional y mensual, respectivamente. El modelo es capaz de reproducir la variabilidad de las precipitaciones observadas en un grado aceptable al presentar desviaciones estándar dentro de un rango de ±0,3 mm con respecto a la desviación estándar de las series observadas, junto con obtenerse un valor de r^2 igual a0,48.

Se observa una mejoría en la representación de la temporalidad de precipitaciones anuales en comparación con la estación Quillagua, observable en la capacidad de reproducir los

Folio005808

peaks observados en los años 1993, 1996, 2002 (con cierto grado de desfase), 2005, 2011 y 2015. Se corrobora dicha mejoría al obtenerse valores de KGE y NSE iguales a 0,52 y 0,4, respectivamente.

Al analizar la serie mensual se puede observar con mayor detalle la temporalidad de las precipitaciones: se observa que el modelo no reproduce los peaks observados al inicio del periodo, sin embargo, es capaz de reproducirlos con un moderado grado de certeza a partir del año 1990 aproximadamente. Con respecto a la temporalidad estacional (panel superior derecho), se observa que el Balance Hídrico es capaz de reproducir las lluvias acaecidas entre los meses de febrero y octubre. A pesar de lo anterior, se aprecia la subestimación que realiza el modelo en el periodo estival, lo cual incide en precipitaciones menores con respecto a las observadas para probabilidades de excedencia bajas (panel inferior derecho). Se confirma el sesgo de subestimación al presentarse un valor de PBIAS igual a -36.6.

Cabe destacar que en el caso particular de esta zona, nuevamente existen muchas precipitaciones nulas, lo que conlleva una dificultad adicional en la representatividad en magnitud y espacio para cualquier metodología que genere un clima en zonas áridas y semi-áridas. Aún así los ajustes obtenidos, dada la dificultad de la tarea, se consideran aceptables, pero mejorables.

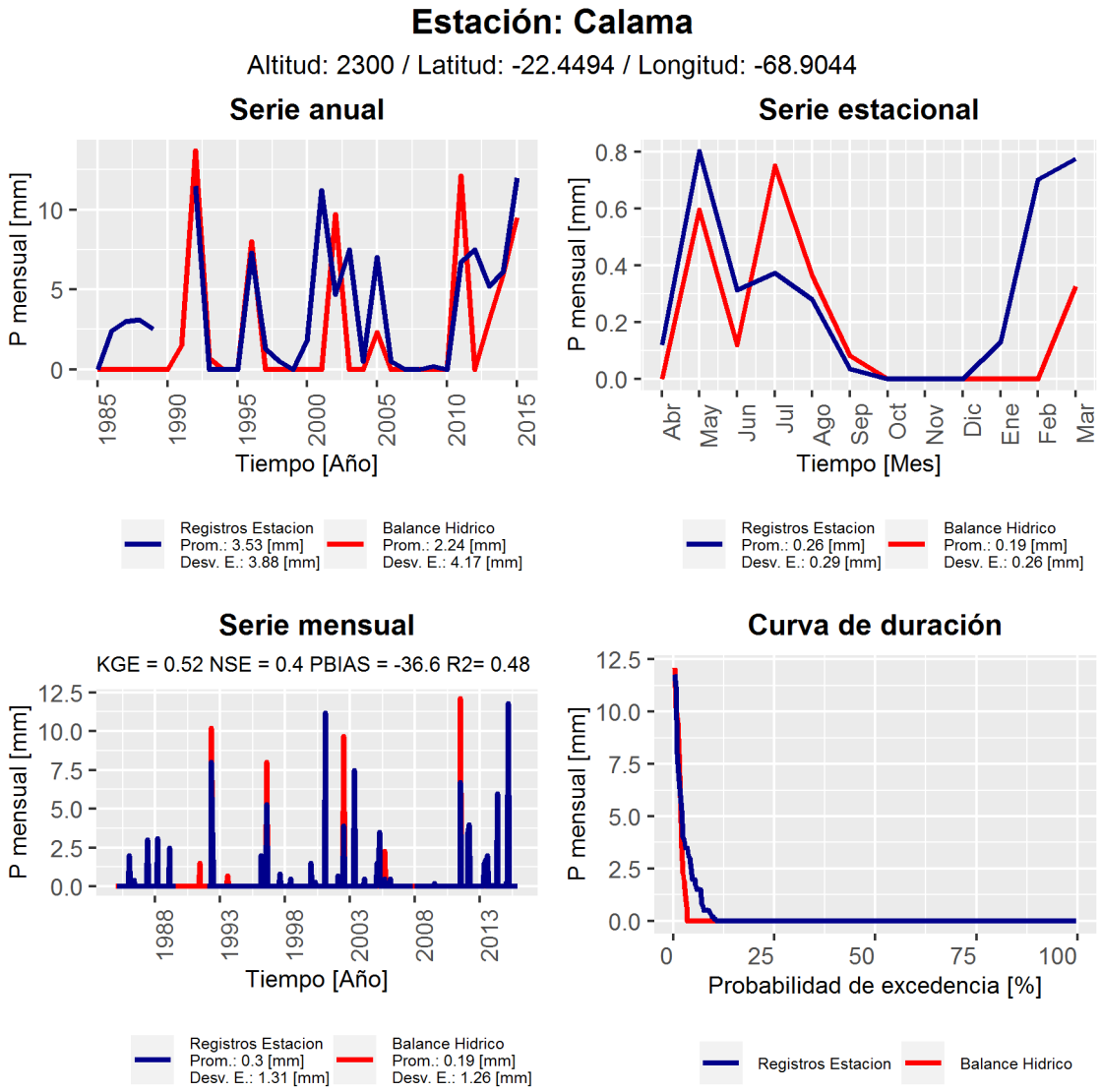


Figura 4.34: Resultados precipitación estación Calama.

4.3.2.4.3.1.3 Estación Linzor

En la Figura 4.35 se observa un buen desempeño del Balance Hídrico para la estación Linzor, tanto en la temporalidad como en la magnitud de las precipitaciones. Se debe destacar la capacidad del modelo de reproducir la estacionalidad de las precipitaciones, obteniendo un ajuste casi perfecto en la mayoría del año hidrológico promedio (panel superior derecho). El buen desempeño del modelo es confirmado con valores de KGE de0,82, NSE de 0,96 y r^2 de0,97, junto con presentar un pequeño sesgo a la subestimación (PBIAS=-14,9), apreciable en casi toda la serie anual y estacional. Se corrobora la eficiencia al observar un traslape de

las curvas de duración en casi todo el intervalo de probabilidades de excedencia (panel inferior derecho).

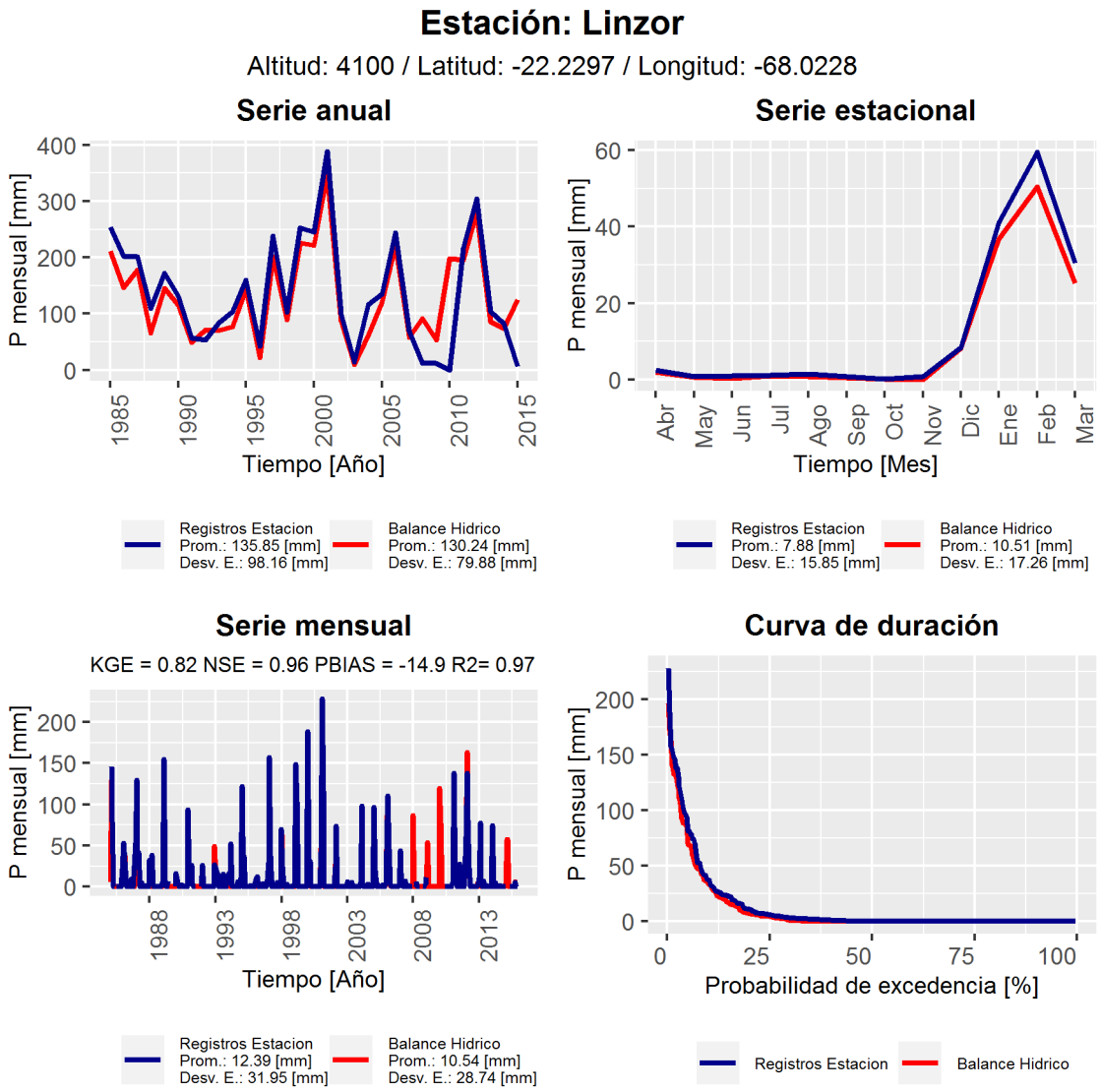


Figura 4.35: Resultados precipitación estación Linzor.

4.3.2.4.3.1.4 Resumen de la calidad de ajuste para la precipitación

En la Tabla 4.10, se presentan los indicadores KGE, NSE, PBIAS y r^2 para las estaciones con registros de temperaturas en la cuenca del Loa. Se observa que, en promedio para la cuenca, se obtiene un KGE de 0,2; NSE de -1,72; PBIAS de 7,15; y r^2 de 0,75. Se hace necesario separar el análisis por zonas al observar estaciones que presentan valores

Folio005811

indeseados de algunos indicadores, como es el caso de Coya sur y Guatacondo Dga. Debido a lo anterior, en la misma tabla se destacan en verde las estaciones que se encuentran bajo los 2500 m.s.n.m. (estaciones bajas), en amarillo las estaciones entre los 2500 y 3200 m.s.n.m. (estaciones medias), y en rojo las estaciones ubicadas sobre los 3200 m.s.n.m. (estaciones altas).

Tabla 4.10: Resumen de los indicadores de ajuste de la magnitud mensual para la precipitación.

Nombre	KGE	NSE	PBIAS	R2
Guatacondo Dga	0.02	0.29	-67.00	0.34
Rio Huatacondo En Copaquire	0.92	0.92	3.70	0.93
Lequena	0.62	0.85	-24.40	0.92
Rio Loa Antes Represa Lequena	0.57	0.73	-32.40	0.77
Quillagua	0.25	-0.20	17.90	0.62
Quinchamale	0.63	0.26	11.50	0.48
San Pedro De Conchi	0.70	0.59	-1.30	0.59
Parshall N 2	0.92	0.94	-6.70	0.94
Conchi Viejo	0.24	0.47	-48.10	0.60
Ojos San Pedro	0.92	0.98	-6.00	0.98
Rio Siloli Antes B.T. Fcab	0.88	0.86	-4.70	0.86
Silala	0.77	0.86	18.80	0.89
Conchi Embalse	0.67	0.60	-10.60	0.77
Conchi Muro Embalse	0.43	0.32	-44.00	0.42
Inacaliri	0.95	0.99	-3.90	0.99
Rio Loa En Salida Embalse Conchi	0.53	0.67	-41.20	0.79
Cupo	0.73	0.86	-17.10	0.88
Linzor	0.82	0.96	-14.90	0.97
Turi	0.45	0.70	-36.20	0.80
Toconce	0.68	0.89	-21.30	0.94
Ayquina	0.78	0.89	-20.00	0.90
Rio Salado A. J. Curti	0.34	0.59	-54.20	0.73
Salado Embalse	0.63	0.82	-23.30	0.87
Rio Salado En Sifon Ayquina	-0.83	-3.94	76.50	0.30
Caspana	0.45	0.76	-38.00	0.88
Chiu-Chiu	0.09	0.35	-69.60	0.39
El Tatio	0.79	0.95	-14.60	0.97
Coya Sur	-9.68	-64.12	715.00	0.89
Calama	0.52	0.40	-36.60	0.48
Promedio	**0.20**	**-1.72**	**7.15**	**0.75**

En la Tabla 4.11 se presenta el promedio de los estadísticos según la clasificación mencionada anteriormente. A partir de esta información, es posible concluir que la calidad

Folio005812

del ajuste del Balance Hídrico mejora a medida se analizan zonas más altas, donde en efecto se producen las precipitaciones.

Para las estaciones ubicadas bajo los 2500 m.s.n.m. se obtiene un ajuste poco preciso, con un sesgo promedio de aproximadamente +150%, junto con valores de KGE y NSE que limitan en cierta manera la aplicación de la precipitación en dichas zonas, esto debido a la dificultad en la representatividad de un clima árido.

Al contrario, para estaciones sobre los 3200 m.s.n.m., se obtienen valores aceptables para todos los estadísticos: KGE, NSE y r^2 cercanos a 1 y PBIAS cercano a 0, lo que se traduce en un comportamiento eficiente del Balance Hídrico para zonas cordilleranas.

Tabla 4.11: Promedio de estadísticos para estación según altitud.

Altitud	KGE	NSE	PBIAS	R2
Baja	-2.22	-15.91	157.33	0.58
Media	0.37	0.13	-21.11	0.65
Alta	0.73	0.84	-14.06	0.87

Este comportamiento es esperable, por cuanto las zonas bajas y medias son las que poseen nulas o casi nulas precipitaciones, mientras que la zona alta concentra las lluvias y también la medición de la variable.

4.3.2.4.3.2 Temperatura

En la Tabla 4.12 se presentan las estaciones de temperatura utilizadas para la comparación de los resultados del Balance Hídrico (DGA, 2017), mientras que la Figura 4.36 contextualiza la ubicación espacial de dichas estaciones en la cuenca del río Loa.

Folio005813

Tabla 4.12: Estaciones de temperatura Cuenca del Loa.

Nombre	Altitud [msnm]	Latitud [°]	Longitud [°]	Inicio Obs.	Término Obs.
Parshall N 2	3318	-21.9428	-68.5175	02-02-1969	02-01-1994
Ojos San Pedro	3800	-21.9706	-68.3128	25-03-1969	29-12-1989
Conchi Embalse	3010	-22.025	-68.6242	19-09-1967	02-01-1994
Conchi Muro Embalse	3000	-22.0267	-68.6208	04-12-1980	13-05-1991
Inacaliri	4040	-22.0278	-68.0661	28-01-1969	18-09-1992
Lequena	3320	-21.6553	-68.6611	01-11-1973	31-03-2017
Linzor	4100	-22.2297	-68.0228	22-11-1973	04-02-2018
Turi	3070	-22.2408	-68.2881	31-05-1980	29-05-1993
Toconce	3310	-22.2592	-68.1733	05-10-1993	02-01-1994
Ayquina	3031	-22.2753	-68.3183	01-06-1993	02-01-1994
Salado Embalse	3200	-22.2856	-68.2028	19-10-2005	04-02-2018
Caspana	3260	-22.3367	-68.2122	11-08-1973	02-01-1994
Chiu-Chiu	2524	-22.3378	-68.6367	12-06-1979	02-01-1994
El Tatio	4370	-22.3711	-68.0133	04-01-1983	04-02-2018
Coya Sur	1250	-22.3939	-69.6225	19-11-1973	30-06-1991
Calama	2300	-22.4494	-68.9044	08-02-1969	02-01-1994

Se puede apreciar que las estaciones están concentradas en la zona de Loa Alto, existiendo una precaria densidad para las zonas medias y bajas.

Folio005814

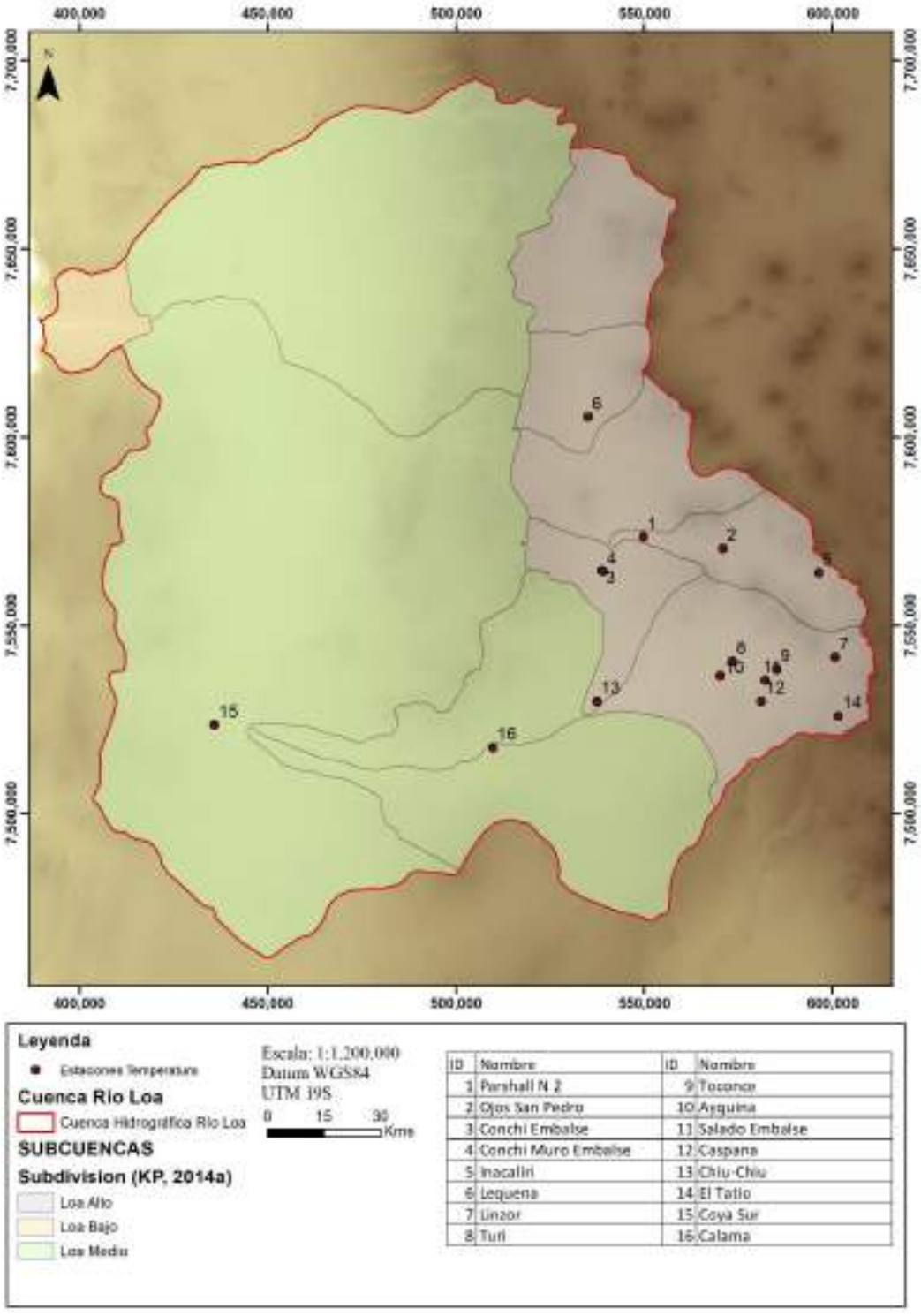


Figura 4.36: Estaciones de temperatura cuenca del Loa.

Para la temperatura se seleccionaron las estaciones Chiu-Chiu, Parshall N°2 y Linzor (estaciones 13, 1 y 7 en Figura 4.36: Estaciones de temperatura cuenca del Loa.),

Folio005815

considerando el mismo criterio de jerarquización explicado en la sección anterior. La estación más baja presente en la cuenca es la estación Coya Sur, sin embargo, no se considera como representativa de la zona baja ya que su periodo de observaciones es acotado y fue considerablemente rellenada. La siguiente estación más baja es Chiu-Chiu, motivo por el cual se considera como estación representativa del análisis para la zona baja del Loa. Parshal N°2 y Linzor se consideran como representativas de la zona media y alta de la cuenca, respectivamente.

4.3.2.4.3.2.1 Estación Chiu-Chiu

En la Figura 4.37 se presenta la serie estacional (panel superior) y la serie mensual (panel inferior). Al igual que en la sección anterior, la línea roja indica la serie simulada por el Balance Hídrico, y la línea azul indica la serie observada en la estación.

Se desprende de ambas series que el balance hídrico representa satisfactoriamente la temporalidad de las temperaturas, corroborado cuantitativamente por valores de KGE igual a 0,86, NSE de 0,69 y r^2 igual a 0,98. Con respecto a la magnitud de la simulación, se observa una subestimación de aproximadamente 1°C en toda la serie estacional, junto con una subestimación similar en la serie anual. Debido a dichos resultados, se plantea que el Balance Hídrico presenta un error sistemático de subestimación de temperaturas (caracterizado con un PBIAS=-7,3), con posible origen en las forzantes utilizadas para la construcción del modelo (CR2MET).

Folio005816

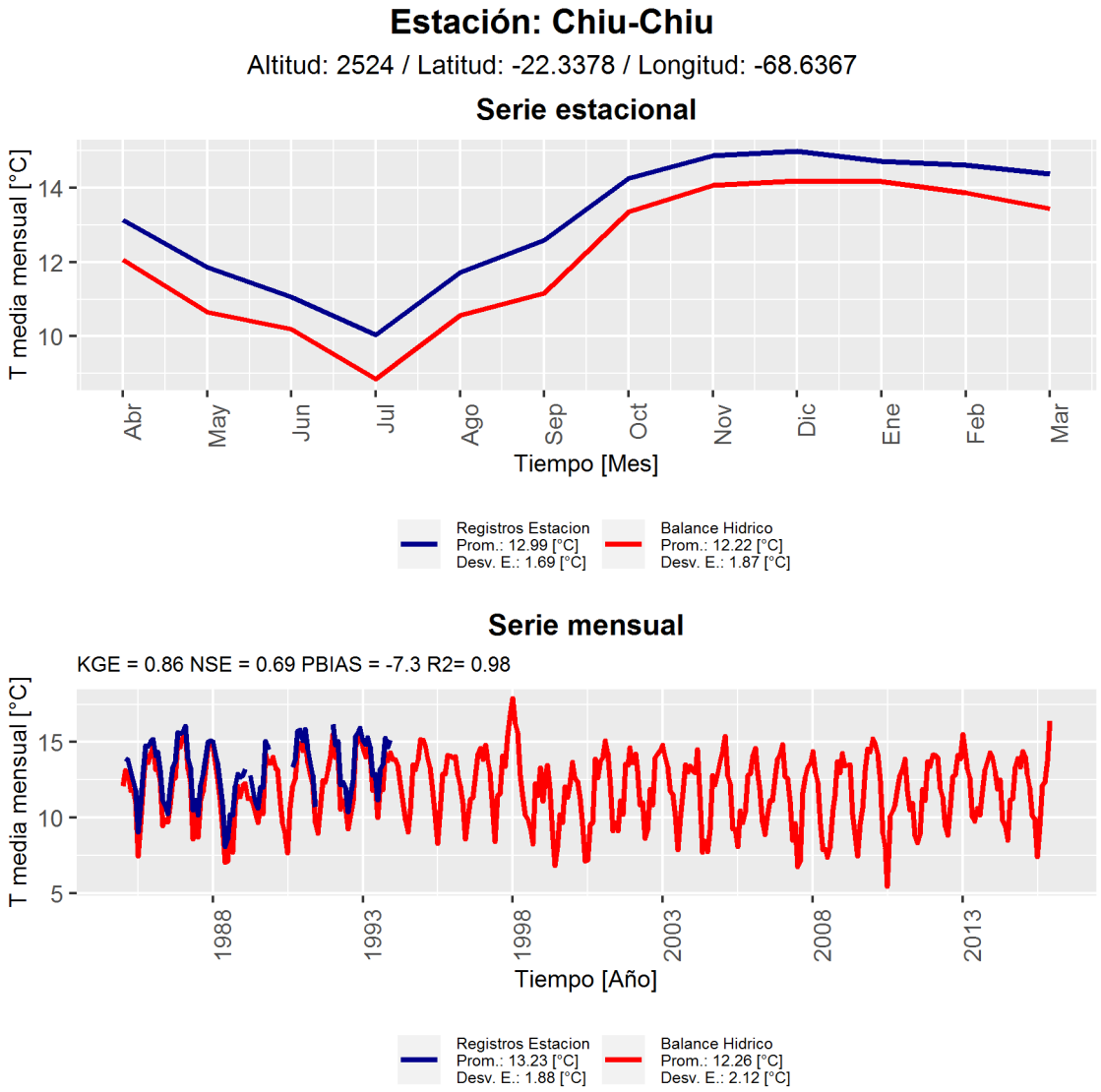


Figura 4.37: Resultados de temperatura estación Chiu-Chiu.

4.3.2.4.3.2.2 Estación Parshall N°2

Se observa de la Figura 4.38 que la serie simulada es capaz de reproducir la temporalidad de la serie observada, tanto a nivel estacional como mensual. Con respecto a la magnitud de la simulación, se tiene un mejor ajuste para la época estival, con un sesgo mínimo cercano a -0,2°C para el mes de febrero (panel superior) y un sesgo máximo de aproximadamente 0,7°C para el mes de diciembre. Dicho sesgo aumenta en la época pluvial, obteniéndose un mínimo cercano a -1,1°C (abril-mayo) y un máximo de aproximadamente 2,1°C (julio). Al igual que para la estación Chiu-Chiu, se observa un sesgo sistemático de subestimación de temperaturas.

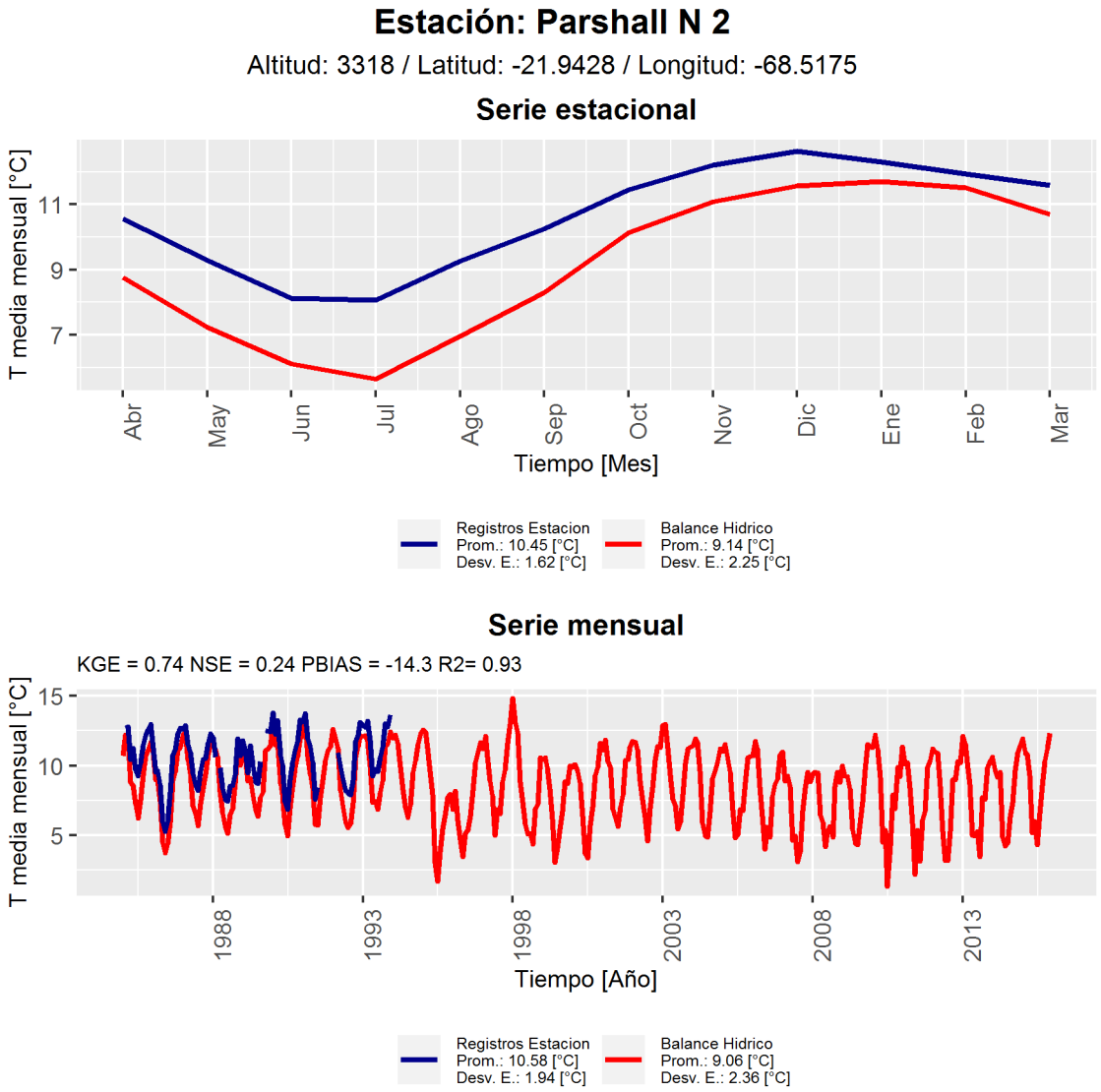


Figura 4.38: Resultados de temperatura estación Parshall N°2.

4.3.2.4.3.2.3 Estación Linzor

En la Figura 4.39 se observan los resultados de la comparación de temperaturas para la estación Linzor. En ella se puede observar un comportamiento similar al presentado en la estación Parshall N°2, esto es, una buena representación de la temporalidad de la variable con un sesgo sistemático de subestimación, menor en la época estival en comparación con la pluvial. Una diferencia apreciable es la disminución de dicha subestimación, obteniéndose un ajuste casi perfecto para el mes de febrero y un sesgo máximo de casi 1°C en el mes de agosto.

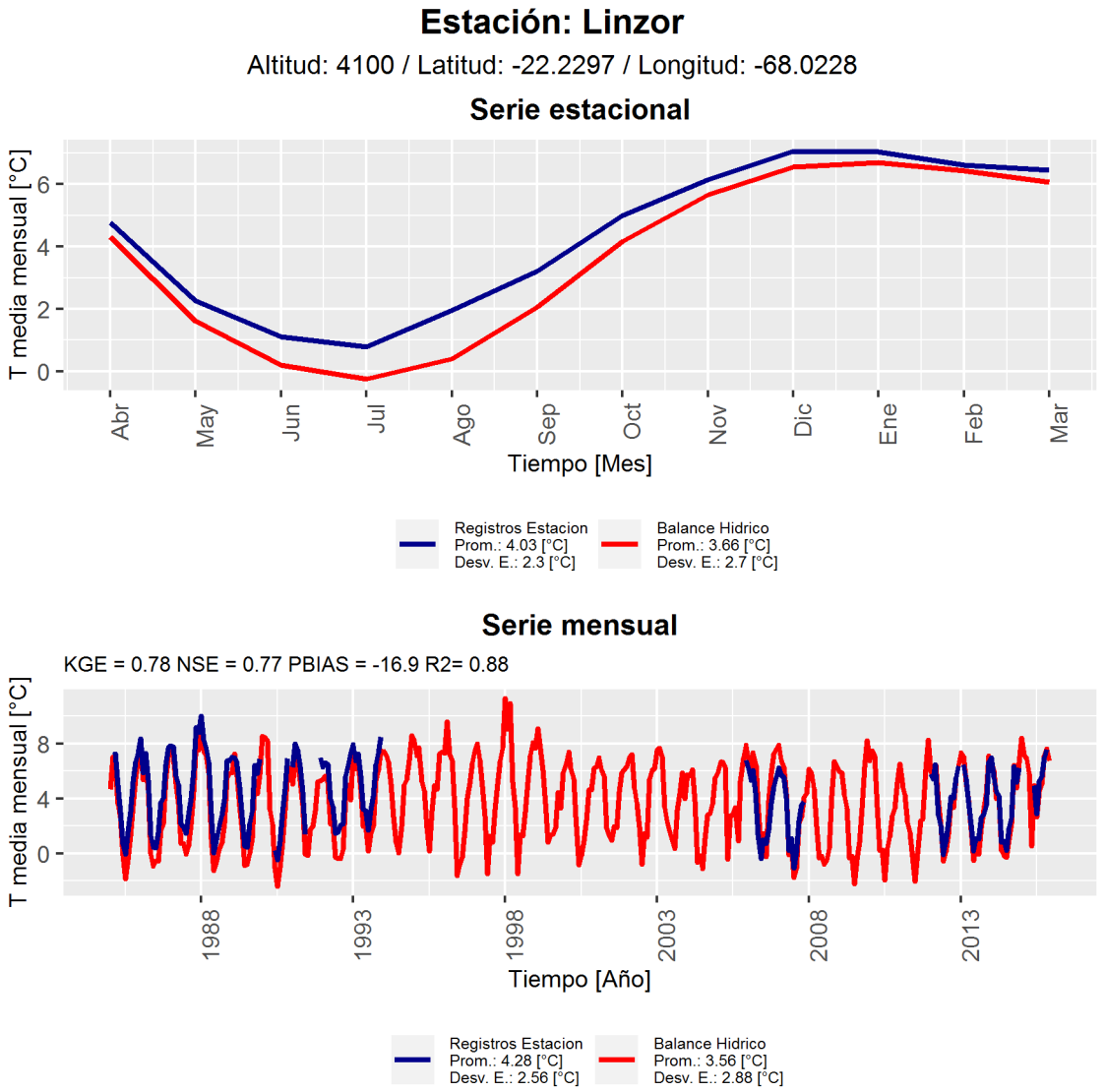


Figura 4.39: Resultados temperatura estación Linzor.

4.3.2.4.3.2.4 Resumen de la calidad de ajuste para la temperatura

En la Tabla 4.13 se presentan los indicadores para todas las estaciones con registros de temperatura en la cuenca del Loa. Al igual que en la sección anterior, se destacan las estaciones según la altitud en la que se ubican; en verde las estaciones bajo los 2500 m.s.n.m.; en amarillo las estaciones entre 2500 m.s.n.m. y 3200 m.s.n.m; y en rojo las estaciones ubicadas sobre los 3200 m.s.n.m.

En promedio para la cuenca se observa un buen resultado para los indicadores, a excepción para el NSE, cuyo valor promedio es de -0,46 e indicaría por lo tanto que la serie promedio

Folio005819

de observaciones es mejor predictor que el modelo del Balance Hídrico. La subestimación mencionada en las 3 estaciones analizadas se corrobora con un valor promedio de PBIAS igual a -12,84.

Tabla 4.13: Resumen de los indicadores de ajuste de la magnitud mensual para la temperatura.

Nombre	KGE	NSE	PBIAS	R2
Parshall N 2	0.74	0.24	-14.30	0.93
Ojos San Pedro	0.89	0.81	1.40	0.81
Conchi Embalse	0.91	0.84	-8.40	0.99
Conchi Muro Embalse	0.91	0.80	-8.40	0.93
Inacaliri	0.57	-0.18	-37.80	0.69
Lequena	0.92	0.87	-6.60	0.92
Linzor	0.78	0.77	-16.90	0.88
Turi	0.84	0.71	-3.50	0.73
Toconce	0.72	-9.32	-16.40	0.75
Ayquina	0.47	-2.39	-26.90	0.98
Salado Embalse	0.38	-0.46	-15.40	0.16
Caspana	0.61	0.19	-14.40	0.95
Chiu-Chiu	0.86	0.69	-7.30	0.98
El Tatio	0.88	0.93	-1.00	0.94
Coya Sur	0.66	-1.85	-16.2	0.54
Calama	0.84	0.03	-13.40	0.82
Promedio	**0.75**	**-0.46**	**-12.84**	**0.81**

En la Tabla 4.14 se presenta el promedio de los estadísticos según la altitud de las estaciones. Se puede ver que las 3 clasificaciones presentan valores similares de KGE, relativamente altos para todas. Se consideran los 3 valores de NSE obtenidos cercanos a cero, y por lo tanto la modelación del Balance Hídrico es aceptable considerando dicho indicador también. Con respecto al sesgo, las 3 clasificaciones poseen una magnitud similar en torno a -13%. La mejor correlación se obtiene para las estaciones ubicadas en la zona alta de la cuenca, resultando en una diferencia significativa en comparación con las estaciones ubicada en la zona baja del Loa.

Folio005820

Tabla 4.14: Promedio de estadísticos para estación según altitud.

Altitud	KGE	NSE	PBIAS	R2
Baja	0.75	-0.91	-14.80	0.68
Media	0.73	0.03	-11.65	0.80
Alta	0.76	-0.71	-13.25	0.86

En resumen, los problemas de subestimación tienden a ser menores en estaciones altas. Esto no es casualidad, dado que el nivel de cobertura espacial de la variable es consistentemente menor que el caso de las precipitaciones y está notoriamente concentrado. Sólo hay una estación para Loa Bajo y Loa Medio respectivamente, lo que demuestra que la mayoría de las estaciones está en la parte alta, como lo muestra la Figura 4.36.

Esto representa una brecha muy relevante a la hora de "calibrar" cualquier producto meteorológico, el cual depende estrictamente de la calidad y densidad de información en una zona determinada. Al no contar con más información se hace muy complejo reproducir la respuesta de una zona extensa con sólo dos puntos de observación. De ahí a que, en la parte alta, los ajustes por temperatura son bastante mejores.

4.3.2.4.4 Resumen de la meteorología de la cuenca

La variable meteorológica de mejor ajuste es la temperatura, presentando una pequeña subestimación a nivel de cuenca (13% para el promedio de las estaciones), con valores similares para la subdivisión realizada según la altitud de la estación. Se observa que el mejor ajuste para la temperatura se consigue en la época estival (octubre-marzo), donde el sesgo es casi despreciable para estaciones ubicadas en la zona alta de la cuenca (Figura 4.39). Dicho sesgo aumenta para estaciones ubicadas en la zona más baja del Loa (bajo los 2500 m.s.n.m.).

Con respecto a la precipitación, la simulación del Balance Hídrico entrega resultados poco deseables en las estaciones ubicada en la zona baja de la cuenca del Loa, presentando valores de KGE igual a -2,22, NSE de-15,91, PBIAS de 157,33 y r^2=0,58 como promedio para las estaciones ubicadas bajo los 2500 m.s.n.m. Esto puede deberse principalmente a la dificultad de predicción del producto climático en zonas áridas sin información observada de largo registro.

El ajuste mejora a medida se analizan estaciones ubicadas en lo más alto del Loa, resultando en ajustes casi perfectos para la serie estacional de precipitaciones. El buen desempeño del modelo para estaciones altas se corrobora con valores de KGE iguales a 0,73, NSE de 0,84, PBIAS de -14,06 y r^2 igual a 0,87 como promedio para las estaciones ubicadas sobre los 3200 m.s.n.m. Coincide además que el sector de Loa Alto es donde existe una mejor calidad en cobertura y registro de estaciones tanto de precipitaciones como de temperatura.

Folio005821

4.3.2.5 *Análisis de los datos observados*

Dentro del trabajo ejecutado por KP (2014a), se hizo un filtro de la calidad de las estaciones fluviométricas a considerar en la modelación producto de la constatación de su estado y calidad de medición mediante una visita a terreno.

En los resultados de dicha visita se concluyeron los siguientes aspectos:

1. "La gran mayoría de las estaciones se encuentra en buen estado y realiza la medición de caudal en una sección de hormigón rectangular que capta la totalidad del caudal pasante. Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes estaciones: Río Loa antes Represa Lequena, Río Loa en Angostura, Río Loa en Escorial, Río Loa en Finca, Río Loa en Salida Embalse Conchi, Río Loa en Vado Santa Bárbara, Río Salado A.J. Curti, Río Salado en Sifón Ayquina, Río San Pedro en Parshall Nº 1, Río San Pedro en Parshall Nº 2, Río Toconce antes Represa Sendos y Vertiente Ojos de Opache. Estas estaciones representan los puntos de información fluviométrica más confiable para ser usados durante la calibración del modelo integrado MAGIC".

   Por tanto, se considerarán las mismas estaciones validadas por KP para los propósitos de calibración en WEAP.

2. "En el extremo opuesto se encuentran aquellas estaciones cuya información no es confiable debido a lo irregular de la sección de medición, estado de la estación y presencia de vegetación en el cauce. Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes estaciones: Río Loa antes Zona Agrícola Quillagua, Río Loa D.J. San Salvador (Chacance) y Río Salado A.J. Río Loa. Para efectos de calibración, se evitará la utilización de la información proporcionada por estas estaciones".
3. "Finalmente, la estación Río Loa D.J. San Salvador (M. Elena) se encuentra en buenas condiciones, sin embargo, se observó agua fuera de la sección encausada de medición, lo que hace pensar que no se contabiliza todo el caudal pasante en la medición."

Estos comentarios son de suma utilidad para el proceso de calibración, resumiendo las estaciones que son confiables para dicho proceso, aquellas que deben mirarse con cuidado, y otras que de plano deben descartarse y solo tomarse como una referencia del orden de magnitud del caudal pasante.

Folio005822

4.3.3 Modelo Operacional de la Situación Actual (WEAP)

4.3.3.1 *Aspectos relativos a la operación del modelo*

Como se ha explicado anteriormente, se ha dividido el modelo superficial de la zona de estudio en un modelo hidrológico por subcuencas, el cual ha seguido una desagregación espacial por bandas de elevación, y un modelo operacional, el cual toma la información del modelo hidrológico y la usa para definir los aportes de cuencas intermedias y laterales e interacciones con otros elementos.

A continuación, se hace necesario definir cada uno de los aspectos fundamentales que permiten dar sustento al esquema conceptual de modelación operacional.

4.3.3.2 *Topología*

La topología del modelo, entendida como la presentación de los elementos que conforman el modelo y sus interacciones es presentada a continuación. El fin último de la topología es comunicar el esquema conceptual de manera que éste sea debidamente representado y aprobado por la contraparte técnica.

4.3.3.2.1 Subcuencas

En WEAP las cuencas son representadas a través de un nodo de tipo catchment donde se genera la producción hidrológica y se puede además, representar el riego. En esta se ingresan las forzantes comentadas anteriormente como serie de tiempo se deben calibrar valores como el coeficiente de cultivo, al albedo, la dirección preferente de flujo entre otras. En la cuenca de estudio, tal como se mencionó anteriormente, se empleó un enfoque de subcuencas por lo que se representaron 10 *catchments* que pueden ser revisados en la Tabla 4.15 donde se puede ver el nombre en el modelo WEAP y su área correspondiente. En la Figura 4.40 se puede apreciar la ubicación espacial de todos los elementos de tipo catchment. Cabe destacar que en este modelo sólo han sido empleados para la producción hidrológica mientras que el riego fue implementado a través de nodos de demanda.

Folio005823

Tabla 4.15 Cuencas implementadas en el modelo WEAP con el nodo de tipo Catchment.

Código Subcuenca DGA	Nombre Nodo WEAP	Nombre Subcuenca DGA	Área [km2]	Nota
2100	CU_2100	Rio Loa bajo junta Estero Chela	1480.56	
2101	CU_2101	Rio Loa Entre Estero Chela y Bajo Junta Quebrada de Hachas	864.16	
2102	CU_2102	Rio Loa entre Quebrada de Hachas y Rio San Pedro	1518.44	
2103	CU_2103	Rio San Pedro	1055.98	
2104	CU_2104	Rio Loa entre Rio San Pedro y Rio Salado	924.09	
2105	CU_2105	Rio Salado	2287.98	
2110	CU_2110	Rio Loa entre Rio Salado y Rio San Salvador	3061.47	
2111	CU_2111	Rio San Salvador	1803.62	
2112	CU_2112	Rio Loa entre Rio San Salvador y Quebrada Amarga	12858.50	Precipitación No Activa
2113		Salar de Llamara	6684.34	No implementada en el modelo
2120	CU_2120	Rio Loa entre Quebrada Amarga y Desembocadura	542.23	Precipitación No Activa

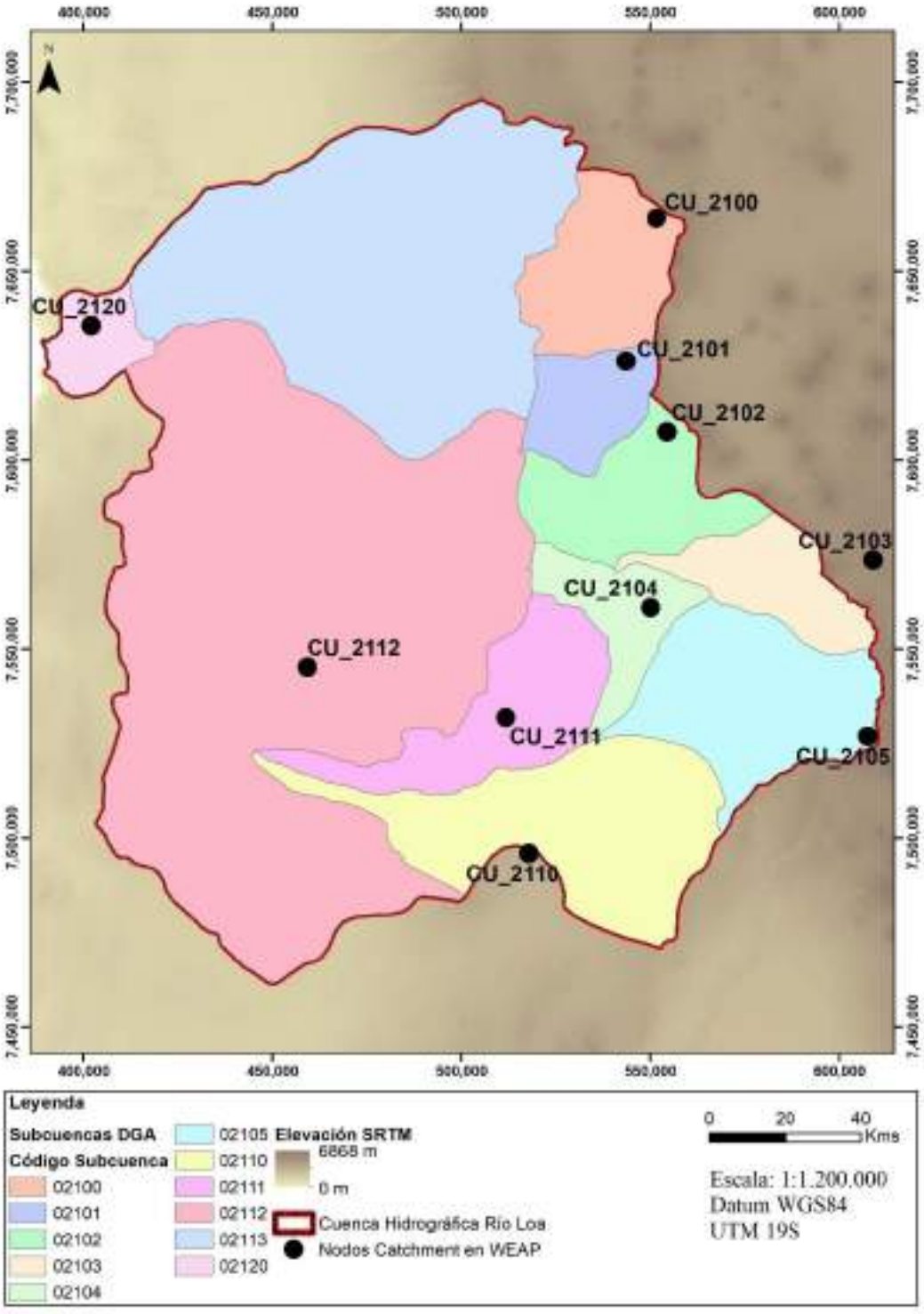


Figura 4.40.Ríos y subcuencas definidos en el modelo operacional.

Folio005825

4.3.3.2.2 Acuíferos

En WEAP, un acuífero está dado por un nodo de tipo “estanque”, el cual posee una capacidad de almacenamiento y un volumen inicial, y al cual se le pueden conectar links de salida y, de entrada. Un *link* de salida representa un bombeo, mientras que un link de entrada representa una recarga o aporte puntual, por ejemplo, una infiltración.

En el presente modelo, el acuífero sirve como fuente de agua si se quiere modelar el bombeo de pozos o afloramientos del cauce, y como receptor de las recargas provenientes del riego (derrames) y las pérdidas por conducción de los canales. Estos elementos son importantes al momento de establecer la vinculación con un modelo de aguas subterráneas en MODFLOW, ya que estas salidas de WEAP, se incorporan como flujos de entrada a MODFLOW de modo tal de poder representar ambos sistemas de forma integrada.

Para el caso de estudio, dicho sistema ha sido representado empleando los Sitios Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) de acuerdo con el estudio de Knight Piésold (2014b). Este informe concluye que la cuenca cuenta con 9 SHACS que se pueden revisar en la Tabla 4.16, donde se puede revisar el volumen máximo de almacenamiento y el área superficial en kilómetros cuadrados. En esta tabla además se incluye el acuífero de Pampa Puno, que es un caso particular, dado que no está abordado por el estudio de KP (2014a) o 2014b y no presenta una relación con los demás acuíferos. En este estudio particular, se ha decidido agregarlo con la información disponible, sin embargo, no se pueden validar los flujos resultantes.

En la Figura 4.41 se puede observar la distribución espacial de los acuíferos en la cuenca y sus relaciones las que están representadas con una flecha. Se puede revisar más en detalle el flujo pasante entre los distintos acuíferos en la sección 4.3.3.2.2.1. En esta figura también se puede observar que el acuífero Pampa Puno esta desconectado de los otros y no tiene una flecha de entrada o salida. De acuerdo con el informe Estudio de Impacto Ambiental Suministro, Construcción y Operación de Aducción Pampa Puno de Codelco Chile (División Codelco Norte 2004) mencionado por Knight Piésold (2014b, p. 33) existe un flujo hacia Pampa Yocas, sin embargo, no fue representado en este modelo.

Tal como se mencionó anteriormente WEAP permite dos métodos de cálculo de flujo de acuíferos, y en este modelo se implementó el método de cálculo donde se especifican los flujos correspondientes. Esto dado que distintos estudios llevados a cabo en este modelo presentan mejores resultados, y una representación más coherente con los flujos observados o modelados de forma distribuida con MODFLOW, frente al método de la cuña. Cabe destacar que se consideró que en el primer periodo de modelación, el volumen inicial de cada acuífero corresponde al 70% de su volumen máximo de almacenamiento. Este porcentaje proviene del supuesto que los acuíferos, dada su explotación, no se encuentran en equilibrio.

Folio005826

Tabla 4.16 Propiedades de los acuíferos considerados en WEAP.

Nombre WEAP	Nombre	Volumen Máximo Almacenamiento. [m3]	Volumen Inicial [m3]	Área Superficial [km2]	Método Calculo WEAP
SHAC_01	Loa Aguas Arriba Embalse Conchi	26626531.3	21301225.1	1406.82326	Specify GW-SW flows
SHAC_02	Río San Pedro	2193319700	1754655760	398.7854	Specify GW-SW flows
SHAC_03	Río Salado	367604917	367604917	845.350986	Specify GW-SW flows
SHAC_04	Pampa Llalqui	1577320610	1577320610	1476.1959	Specify GW-SW flows
SHAC_05	Calama	2368155122	2368155122	1633.93174	Specify GW-SW flows
SHAC_06	Salar de Miraje	4572439734	4572439734	1192.19268	Specify GW-SW flows
SHAC_07	Salar de Llamara	2.2804E+10	2.2804E+10	1161.90254	Specify GW-SW flows
SHAC_08	Loa desde María Elena a Quillagua	1.0637E+10	1.0637E+10	2013.16451	Specify GW-SW flows
SHAC_09	Loa desde Quillagua a Desembocadura	443231175	354584940	274.920469	Specify GW-SW flows
ACUÍFERO Pampa Puno	Pampa Puno	2395000	2155500		Specify GW-SW flows

Para estimar los flujos subterráneos del modelo se empleó como referencia el informe de KP (2014b), el cual consideraba dos modelos. Un modelo superficial/subterráneo MAGIC y un modelo subterráneo distribuido MODFLOW. Para el presente informe, se consideró principalmente la información del modelo MAGIC dado que comparten la misma aproximación topológica de modelos agregados, sin embargo, se consideraron los flujos calculados por MODFLOW a modo de tener una referencia. En la Tabla 4.17 se presentan los flujos de todos los acuíferos obtenida desde MAGIC para el periodo de modelación 1975 a 2014. Se puede observar que el balance es negativo todos los meses, lo que significa que el acuífero se está vaciando dado que las salidas son menores que las entradas. Dentro de los flujos de salida el de mayor caudal corresponden a los afloramientos, mientras que de los flujos de entrada el de mayor caudal corresponde a las infiltraciones de los ríos. Cabe destacar también que en este modelo no se puede distinguir la recarga por precipitación, de aquella que surge desde los derrames de las zonas de riego.

Folio005827

Tabla 4.17 Balance de los flujos subterráneos en la cuenca del Loa de acuerdo con el modelo MAGIC empleado por KP (2014b). Esta tabla no considera los flujos impuestos como condiciones de borde en el modelo MODFLOW. El signo refiere * refiere a que no se consideran Salidas y Entradas subterráneas.

Entradas	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Subterránea	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
Recarga PP+Riego	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Recarga Ríos	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24
Recarga Canales	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Salidas												
Subterránea	-1.31	-1.31	-1.31	-1.31	-1.31	-1.31	-1.31	-1.31	-1.31	-1.31	-1.31	-1.31
Pozos	-1.85	-1.85	-1.85	-1.85	-1.85	-1.85	-1.85	-1.85	-1.85	-1.85	-1.85	-1.85
Afloramientos	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00
Total Recargas*	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
Total Salidas*	-4.85	-4.85	-4.85	-4.85	-4.85	-4.85	-4.85	-4.85	-4.85	-4.85	-4.85	-4.85
Recarga (PP+R+C)	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
Afloramiento Neto	-1.76	-1.76	-1.76	-1.76	-1.76	-1.76	-1.76	-1.76	-1.76	-1.76	-1.76	-1.76
Balance	-3.10	-3.10	-3.10	-3.10	-3.10	-3.10	-3.10	-3.10	-3.10	-3.10	-3.10	-3.10

Un aspecto importante para la representación de los acuíferos es la recarga. En WEAP, a diferencia de MAGIC, es posible separar la recarga para el ingreso de los datos (operacional y recarga natural) como para el análisis de datos. En ese sentido, la implementación de la recarga en el modelo actual WEAP se basó en la información de la Tabla 4.18 donde se muestra la estacionalidad año promedio de la recarga por cada acuífero consideradas en el modelo MAGIC. En esta tabla, la última columna considera las condiciones de borde impuestas en el modelo MODFLOW que son necesarias de considerar.

Frente a esto, el modelo WEAP desarrollado considera las condiciones de borde estables para todo el periodo de modelación (calibración y escenarios). Para el caso de la recarga natural, se empleó el 3% de la precipitación producida sobre el área de cada acuífero. Para

Folio005828

esto, se calculó el área cubierta de cada acuífero de una cada subcuenca y fue multiplicado la precipitación.

El porcentaje señalado fue determinado considerando (a) obtener una magnitud de la recarga similar a lo expuesto en la Tabla 4.18 y (b) mantener una aproximación similar considerada en otras cuencas modeladas con WEAP como Limarí. (DGA- Rhodos, 2017). Cabe destacar que esta aproximación permite que la recarga sea un parámetro sensible ante el cambio climático dado que está en función de la precipitación, lo que es una ventaja frente a los modelos anteriores.

Ahora bien, en la misma tabla no se presentó la recarga del acuífero Pampa Puno dado que proviene de otra fuente. En el estudio de DGA-Mayco Consultores (2013) mencionado por Knight Piésold (2014b, p. 65) se determinó que la recarga es de 97 mm por año. Este valor fue implementado en WEAP sin mayor ajuste, al no disponer de nueva información por parte del consultor.

Tabla 4.18 Recarga Promedio desde precipitación y riego resultante del modelo MAGIC desarrollado por KP (2014b). No se puede separar en dos unidades dada la configuración de los resultados presentados. La última columna presenta las condiciones de borde impuestas en el modelo subterráneo desarrollado por KP (2014b).

	Flujo (m^3/s)												Condiciones de borde
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
SHAC 01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.79
SHAC 02	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.73
SHAC 03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95
SHAC 04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
SHAC 05	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	
SHAC 06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
SHAC 07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
SHAC 08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
SHAC 09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Ahora bien, de la misma forma que se implementaron las condiciones de borde que ingresan caudal también se implementó una condición de salida, que representa un nivel de flujo constante, el océano. Esta es representada, de acuerdo con el estudio de KP (2014b) con un caudal de 0.06 m^3/s desde el SHAC-09 para todos los pasos de tiempo.

Folio005829

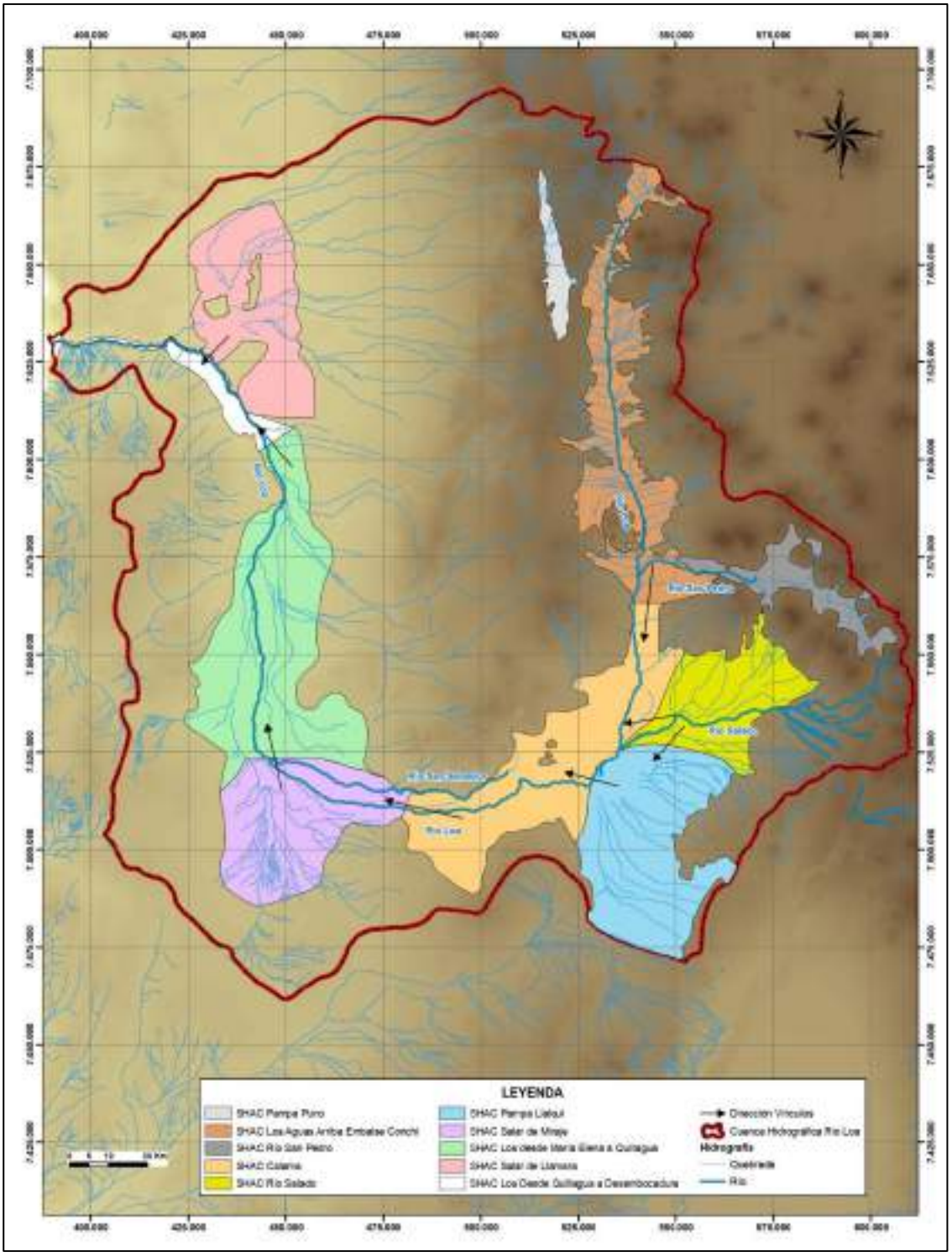


Figura 4.41. Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común. Fuente: KP, 2014b (p. 139)

Folio005830

4.3.3.2.2.1 Relaciones entre los acuíferos

Uno de los principales resultados del estudio de Knight Piésold (2014b) fue determinar las relaciones entre los acuíferos, donde se determinó que existe una fuerte interacción entre los distintos acuíferos a excepción de Pampa Puno como ya fue establecido y entre el acuífero del rio San Pedro que no presenta interacción. En la Figura 4.42 se pueden observar las relaciones implementadas en el modelo mientras que en la sección 4.3.3.2.2.2 se pueden revisar la estimación de los flujos pasantes entre los acuíferos.

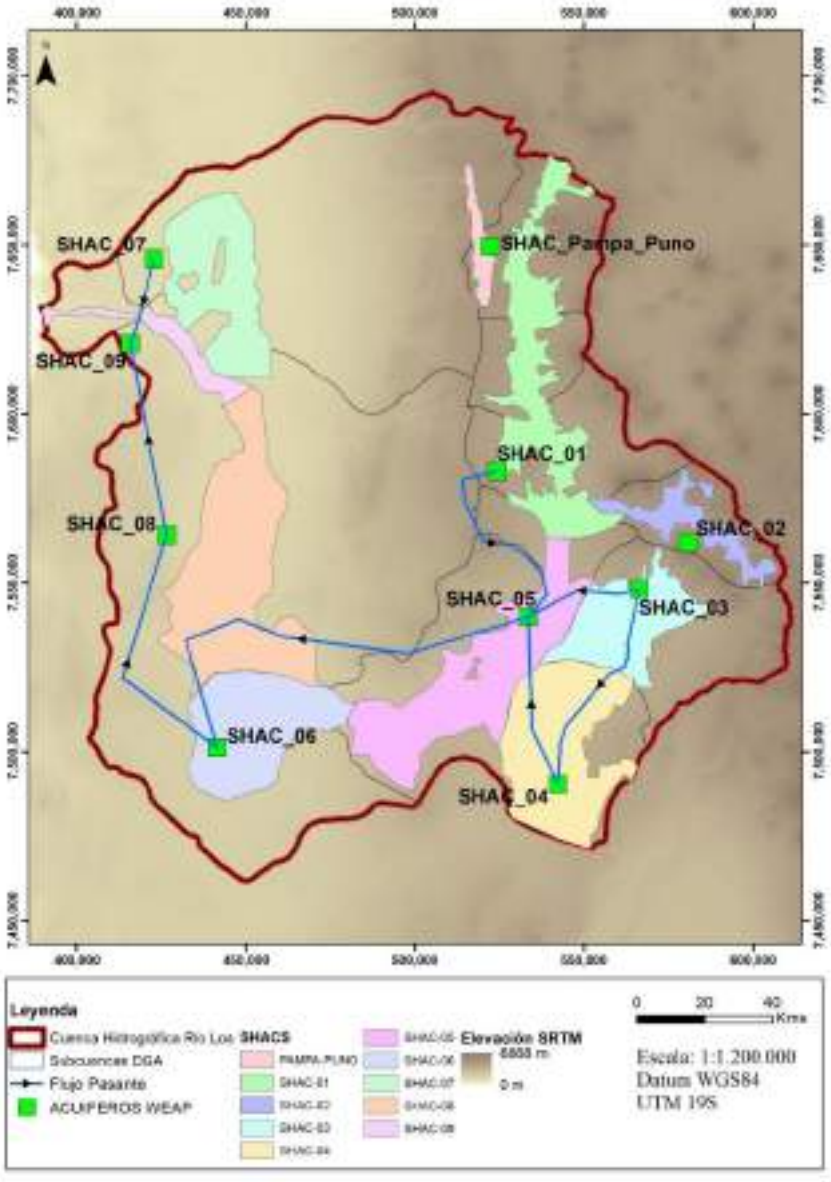


Figura 4.42. Relaciones entre los acuíferos implementadas en el modelo WEAP.

Folio005831

4.3.3.2.2.2 Estimación flujo pasante

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, existe una serie de flujos pasantes entre los acuíferos. En el informe de Knight Piésold (2014b) estos flujos son fijos para todos los pasos de tiempo, por lo que en este modelo fue establecido de la misma manera tal como se puede observar en la Tabla 4.19. En esta tabla se puede verificar el acuífero de origen y destino y la proporción de flujo, la que debe sumar 100% por cada acuífero de destino y el flujo pasante impuesto en m3/s. Este esquema permite la existencia de relaciones fijas todo el tiempo y asegura el intercambio de agua entre los diferentes sectores hidrogeológicos de la zona.

Tabla 4.19 Flujo pasante entre acuíferos impuesto en base a lo calculado por KP (2014b)

Acuífero de Origen	Acuífero destino	Proporción de flujo [%]	Flujo Pasante entre acuíferos [m3/s]
AC-01	AC-05	100%	0.102
AC-03	AC-04	90%	0.396
AC-03	AC-05	10%	0.044
AC-04	AC-05	100%	0.391
AC-05	AC-06	100%	0.206
AC-06	AC-08	100%	0.095
AC-07	AC-09	100%	0.048
AC-08	AC-09	100%	0.054

Folio005832

4.3.3.2.3 Ríos

A partir de la red hídrica obtenida desde la Dirección General de Aguas y de los cursos de agua con demandas activas considerados en el informe de Knight Piésold (2014b) se han considerado 12 cursos se agua que han sido representados en el modelo WEAP con el elemento de tipo río. La información de cada uno de ellos se puede revisar en la Tabla 4.20 junto a su longitud y al acuífero con que tienen interacción tanto de infiltración como de afloramientos. Además, en la Figura 4.43 se puede apreciar los ríos y quebradas implementados en el modelo sobre una imagen de altitud (SRTM).

Tal como se ha mencionado anteriormente, la producción hidrológica en este modelo se realiza internamente con parámetros de calibración a partir de las forzantes y por tanto, no se encuentra impuesta de forma externa.

Tabla 4.20 Nombre, longitud y relación con su acuífero de los principales ríos de la cuenca.

Nombre	ACUÍFERO / SHAC	Longitud [km]
Río Loa	SHAC-01	341.57
	SHAC-05	
	SHAC-08	
	SHAC-09	
Rio San Pedro	SHAC-02	68.27
Rio Toconce	SHAC-03	30.63
Rio Hojalar	SHAC-03	20.08
Rio Salado	SHAC-03	42.2
Rio Curti	SHAC-03	13.56
Rio Caspana	SHAC-03	9.77
Rio San Salvador	SHAC-05	70.23
Quebrada Colana	SHAC-03	9.77
Quebrada de Cupo	SHAC-03	36.87
Quebrada Turi Paniri	SHAC-03	67.98
Quebrada Amarga	SHAC-09	7.23

Folio005833

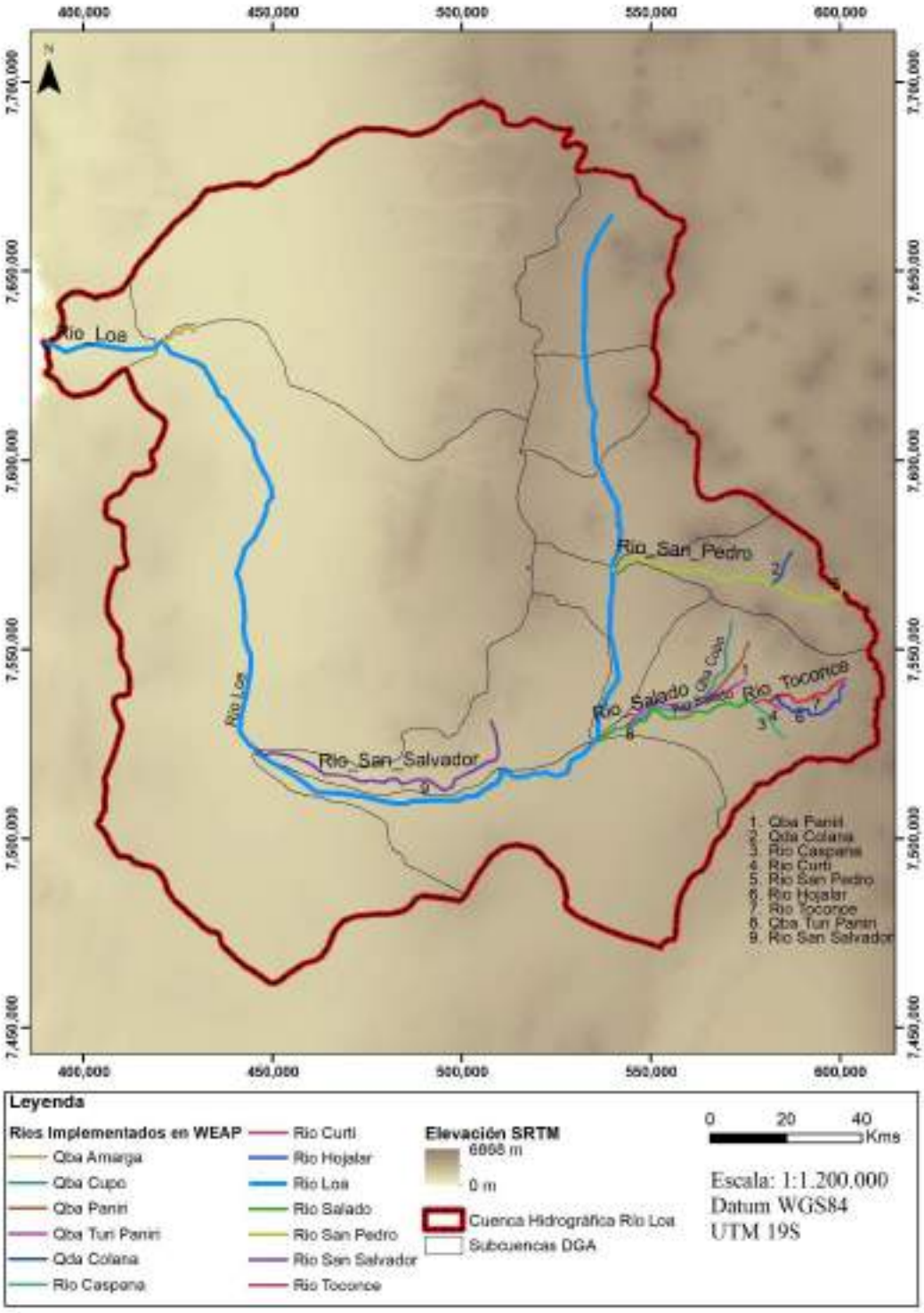


Figura 4.43. Ríos y Quebradas implementados en el Modelo WEAP.

Folio005834

4.3.3.2.3.1 Infiltraciones

Las representaciones de las interacciones superficiales y subterráneas son importantes de implementar correctamente, en especial en una cuenca como el Loa, donde los resultados de KP (2014b) existe una fuerte interacción traducida en infiltraciones y afloramientos. Las infiltraciones se refieren al flujo que recarga el acuífero desde el río. En el modelo MAGIC de KP (2014b) las infiltraciones estaban implementadas por cada tramo de río en base a parámetros físicos por lo que por cada paso de tiempo, se resolvía una cantidad de flujo. En WEAP la infiltración es un porcentaje por cada tramo, y no existen parámetros físicos a los que asociar este porcentaje. Frente a este escenario, se decidió considerar una alternativa de representar las infiltraciones como nodos de demanda por cada tramo de río, de la misma forma que MAGIC. La ventaja de este método es que permite establecer el caudal infiltrado en m3/s y no en un porcentaje. Lo que permite una validación mucho más clara de este parámetro.

Para determinar el caudal a extraer por cada tramo, se revisaron los tramos homólogos entre el modelo WEAP y el modelo MAGIC y se implementaron 74 nodos de infiltración con el prefijo INF y un correlativo entre el 1 y el 74. El caudal por extraer fue determinado analizando la infiltración resultante en el modelo MAGIC. En esto, se observaron tres comportamientos de la infiltración: (a) existen tramos en los cuales la infiltración es cero y que no fueron implementados, (b) tramos donde existe una relación lineal entre el caudal afluente y el caudal infiltrado y (c) tramos donde existe una relación escalonada entre el caudal afluente y el caudal infiltrado. Para todos los tramos donde la infiltración fuese mayor a cero se implementó el esquema propuesto, que se puede observar visualmente en la Figura 4.44 donde se puede ver que la mayor cantidad de nodos están cerca de la zona de Calama asociados al acuífero 5. Se puede revisar el detalle de cada nodo de infiltración en la Tabla 4.21 donde también se puede ver el tramo del modelo MAGIC y el promedio de la infiltración en el modelo MAGIC.

Los nodos no implementados refieren a zonas donde la infiltración es cero para todos los pasos de tiempo en el modelo MAGIC (1975 – 2014).

Folio005835

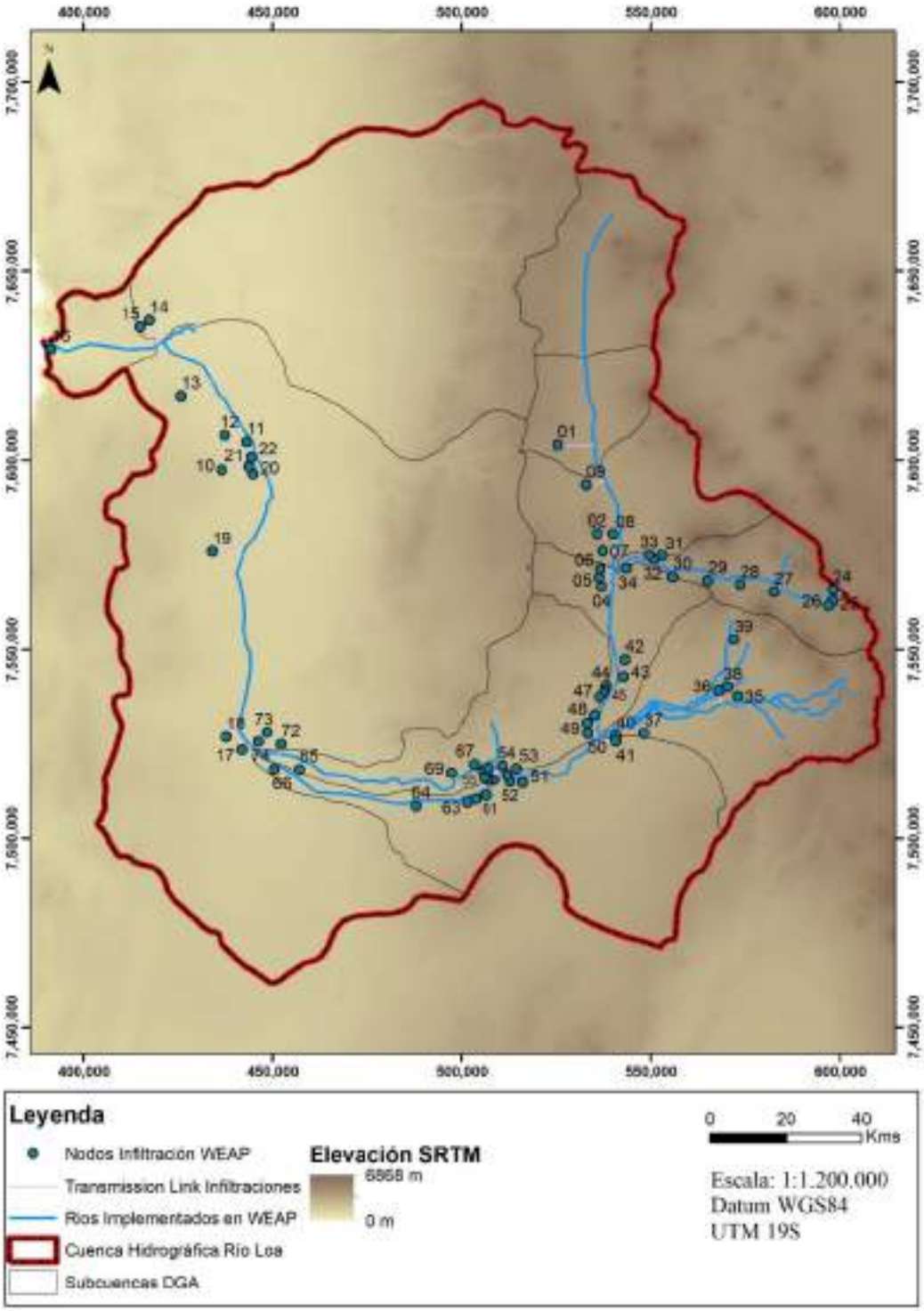


Figura 4.44. Ubicación de Nodos de infiltración en el modelo WEAP. Los números se corresponden con la tabla de Infiltraciones en el campo de nodo WEAP

Tabla 4.21 Detalle de cada nodo de infiltración implementado en el modelo WEAP

RIO WEAP	Tramo Río Magic	Acuífero WEAP	NODO WEAP	Promedio Infiltración [m3/s]	DETALLE
Río Loa	TR-001	AC-01	INF_01	0.0009	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-002	AC-01	INF_09	0.0065	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-003	AC-01	INF_08	0.0001	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-004	AC-01	INF_02	0.0010	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-005	AC-01	INF_07	0.0036	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-020	AC-01	INF_06	0.0000	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-021	AC-01		0.0000	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-022	AC-01	INF_05	0.0001	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-023	AC-01	INF_04	0.0024	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-024	AC-01		0.0000	Ecuación de infiltración
Rio San Pedro	TR-006	AC-02		0.0012	No implementada
Rio San Pedro	TR-007	AC-02	INF_24	0.0019	Ecuación de infiltración
Rio San Pedro	TR-008	AC-02	INF_25	0.0082	Ecuación de infiltración
Rio San Pedro	TR-009	AC-02	INF_26	0.0036	Ecuación de infiltración
Rio San Pedro	TR-010	AC-02	INF_27	0.0382	Ecuación de infiltración
Rio San Pedro	TR-013	AC-02	INF_28	0.0080	Ecuación de infiltración
Rio San Pedro	TR-014	AC-02	INF_29	0.0296	Ecuación de infiltración
Rio San Pedro	TR-015	AC-02	INF_30	0.1298	Ecuación de infiltración
Rio San Pedro	TR-016	AC-02	INF_31	0.0050	Ecuación de infiltración
Rio San Pedro	TR-017	AC-02	INF_32	0.0033	Ecuación de infiltración
Rio San Pedro	TR-018	AC-02	INF_33	0.0000	Ecuación de infiltración
Rio San Pedro	TR-019	AC-02	INF_34	0.0000	Ecuación de infiltración
Quebrada Colana	TR-011	AC-03		0.0000	No Implementada
Quebrada Colana	TR-012	AC-03		0.0004	No Implementada
Rio Toconce	TR-036	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Toconce	TR-037	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Toconce	TR-038	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Toconce	TR-039	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Toconce	TR-040	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Toconce	TR-041	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Toconce	TR-042	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Toconce	TR-043	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Toconce	TR-044	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Toconce	TR-045	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Toconce	TR-046	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Hojalar	TR-047	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Hojalar	TR-048	AC-03		0.0000	No Implementada

Folio005837

RIO WEAP	Tramo Río Magic	Acuífero WEAP	NODO WEAP	Promedio Infiltración [m3/s]	DETALLE
Rio Hojalar	TR-049	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Hojalar	TR-050	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Toconce	TR-051	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Curti	TR-052	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Curti	TR-053	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Curti	TR-054	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Curti	TR-055	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Curti	TR-056	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Caspana	TR-057	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Caspana	TR-058	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Curti	TR-059	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Curti	TR-060	AC-03		0.0000	No Implementada
Rio Salado	TR-061	AC-03	INF_35	0.0624	Ecuación de infiltración
Rio Salado	TR-062	AC-03	INF_36	0.0676	Ecuación de infiltración
Rio Salado	TR-063	AC-03	INF_37	0.1036	Ecuación de infiltración
Quebrada Turi Paniri	TR-064	AC-03		0.0000	No Implementada
Quebrada Turi Paniri	TR-065	AC-03	INF_38	0.0129	Ecuación de infiltración
Quebrada Turi Paniri	TR-066	AC-03		0.0028	No Implementada
Quebrada de Cupo	TR-067	AC-03		0.0000	No Implementada
Quebrada de Cupo	TR-068	AC-03	INF_39	0.0018	Ecuación de infiltración
Rio Salado	TR-069	AC-03	INF_40	0.0377	Ecuación de infiltración
Rio Salado	TR-070	AC-03	INF_41	0.0266	Ecuación de infiltración
Quebrada Amarga	TR-112	AC-03			No Implementada
Quebrada Amarga	TR-113	AC-03			No Implementada
Río Loa	TR-025	AC-05	INF_42	0.0064	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-026	AC-05	INF_43	0.0111	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-027	AC-05		0.0000	No Implementada
Río Loa	TR-028	AC-05	INF_44	0.0028	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-029	AC-05		0.0000	No Implementada
Río Loa	TR-030	AC-05	INF_45	0.0032	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-031	AC-05	INF_46	0.0009	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-032	AC-05	INF_47	0.0070	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-033	AC-05	INF_48	0.0085	Ecuación de infiltración

RIO WEAP	Tramo Río Magic	Acuífero WEAP	NODO WEAP	Promedio Infiltración [m3/s]	DETALLE
Río Loa	TR-034	AC-05	INF_49	0.0019	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-035	AC-05	INF_50	0.0058	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-071	AC-05		0.0000	No Implementada
Río Loa	TR-072	AC-05		0.0000	No Implementada
Río Loa	TR-073	AC-05		0.0000	No Implementada
Río Loa	TR-074	AC-05	INF_51	0.0026	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-075	AC-05	INF_52	0.0052	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-076	AC-05	INF_53	0.0025	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-077	AC-05	INF_54	0.0417	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-078	AC-05	INF_55	0.0070	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-079	AC-05	INF_56	0.0244	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-080	AC-05	INF_57	0.0046	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-081	AC-05	INF_58	0.0511	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-082	AC-05	INF_59	0.0119	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-083	AC-05	INF_60	0.0141	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-084	AC-05	INF_61	0.0308	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-085	AC-05	INF_62	0.0209	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-086	AC-05	INF_63	0.0119	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-087	AC-05	INF_64	0.1082	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-088	AC-05	INF_65	0.0090	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-089	AC-05	INF_66	0.0249	Ecuación de infiltración
Rio San Salvador	TR-090	AC-05		0.0000	No Implementada
Rio San Salvador	TR-091	AC-05	INF_67	0.0011	Ecuación de infiltración
Rio San Salvador	TR-092	AC-05	INF_68	0.0042	No Implementada
Rio San Salvador	TR-093	AC-05	INF_69	0.0232	Ecuación de infiltración
Rio San Salvador	TR-094	AC-05		0.0000	No Implementada
Rio San Salvador	TR-095	AC-05	INF_70	0.0036	No Implementada
Rio San Salvador	TR-096	AC-05	INF_71	0.0041	No Implementada
Rio San Salvador	TR-097	AC-05	INF_72	0.3569	Ecuación de infiltración
Rio San Salvador	TR-098	AC-05	INF_73	0.0015	Ecuación de infiltración
Rio San Salvador	TR-099	AC-05		0.0000	No Implementada

Folio005839

RIO WEAP	Tramo Río Magic	Acuífero WEAP	NODO WEAP	Promedio Infiltración [m3/s]	DETALLE
Río Loa	TR-100	AC-05	INF_74	0.0017	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-101	AC-08	INF_17	0.0057	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-102	AC-08	INF_18	0.0000	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-103	AC-08	INF_19	0.0535	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-104	AC-08	INF_20	0.0028	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-105	AC-08	INF_21	0.0000	No Implementada
Río Loa	TR-106	AC-08	INF_22	0.0024	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-107	AC-09	INF_10	0.0011	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-108	AC-09	INF_11	0.0042	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-109	AC-09	INF_12	0.0041	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-110	AC-09	INF_13	0.3569	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-111	AC-09	INF_14	0.0141	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-114	AC-09	INF_15	0.0308	Ecuación de infiltración
Río Loa	TR-115	AC-09	INF_16	0.0028	Ecuación de infiltración

4.3.3.2.3.2 Afloramientos

De la misma forma que las infiltraciones, los afloramientos son una interacción vital para comprender la cuenca del río Loa. En el informe de Knight Piésold (2014b) se estiman entre 1.55 m3/s en su modelo MODFLOW y 3.0 m3/s en su modelo superficial por lo que se deben representar adecuadamente.

En el modelo MAGIC se representaron de dos formas distintas (a) como pozos subterráneos, dado que de esa forma era posible extraer un caudal fijo todos los meses y (b) dentro de los tramos determinados. Este esquema asegura que los afloramientos representados como pozos podrán extraer el agua necesaria todos los meses de forma independiente de otros factores como la recarga, mientras que los de segundo tipo depende de las condiciones de ese mes y las distintas demandas.

En la Tabla 4.22 se presenta el esquema original de afloramientos del modelo MAGIC junto a las modificaciones para su implementación en el modelo WEAP. Se han incluido tanto los afloramientos representados como pozos y aquellos representados dentro de un tramo de río. Los primeros tienen un caudal fijo de extracción todo el tipo, pero no consumen su demanda sino que se la aportan al río. Estos se asocian a la parte inicial de los ríos Toconce, Hojalar, Curti, y Caspana y se complementa con lo ingresado por la precipitación. En la misma tabla se puede observar el nombre que reciben en el modelo WEAP.

Los afloramientos representados dentro de un tramo de río han sido implementados a través de una ecuación de afloramiento. Estas provienen de la observación de los resultados

Folio005840

del estudio de Knight Piésold (2014b) y están definidas para cada acuífero, en función de la recarga o de las infiltraciones, aunque también algunas son valores fijos. En la misma tabla existe una columna denominada proporción del flujo donde se observa en cuantos nodos y que proporción reciben ellos de todo el caudal aflorado. Si un acuífero tiene sólo un tramo de afloramiento, todo el caudal a aflorar en ese paso de tiempo es transportado sólo por ese nodo.

Tabla 4.22 Resumen Afloramientos modelo MAGIC y modelo WEAP.

Código	Acuífero	Proporción del flujo [%]	Nodo MAGIC	Nodo WEAP	Observación
QZV-01	AC-01	100%	NO-007		Ecuación de Afloramiento
QZV-02	AC-02	100%	NO-017		Ecuación de Afloramiento
QZV-03	AC-03	2%	NO-070		Ecuación de Afloramiento
QZV-04	AC-03	2%	NO-069		Ecuación de Afloramiento
QZV-05	AC-03	30%	NO-067		Ecuación de Afloramiento
QZV-06	AC-03	66%	NO-065		Ecuación de Afloramiento
QZV-POZO1	AC-03		PO-55	PO_55_AF	Afloramiento impuesto como pozo
QZV-POZO2	AC-03		PO-56	PO_56_AF	Afloramiento impuesto como pozo
QZV-POZO3	AC-03		PO-57	PO_57_AF	Afloramiento impuesto como pozo
QZV-POZO4	AC-03		PO-58	PO_58_AF	Afloramiento impuesto como pozo
QZV-POZO5	AC-03		PO-59	PO_59_AF	Afloramiento impuesto como pozo
QZV-07	AC-04	100%	NO-075		Ecuación de Afloramiento
QZV-08	AC-05	52%	NO-075		Ecuación de Afloramiento
QZV-09	AC-05	30%	NO-097		Ecuación de Afloramiento
QZV-10	AC-05	18%	NO-093		Ecuación de Afloramiento. Revisar consideración sobre afluente Río San Salvador
QZV-11	AC-06	100%	NO-103		Ecuación de Afloramiento
QZV-12	AC-07	10%	NO-113		Ecuación de Afloramiento
QZV-13	AC-07	90%	NO-115		Ecuación de Afloramiento. Revisar consideración sobre afluente Quebrada Amarga
QZV-14	AC-08	100%	NO-107		Ecuación de Afloramiento
QZV-15	AC-09	100%	NO-118		Ecuación de Afloramiento

Folio005841

4.3.3.2.3.3 Evaporación

En estudio de Knight Piésold (2014a) se determinaron tres tramos de río donde la evaporación desde los cauces superficiales es relevante y debía ser considerada en un modelo de la cuenca. Estos tramos corresponden (a) cauce del río San Salvador, (b) el tramo del río Loa desde la junta con el río San Salvador hasta la zona de riego de Quillagua y (c) el tramo entre la zona Agrícola de Quillagua y la zona de desembocadura del río. En ese modelo fueron representados como 3 puntos agregados que extraían toda la evaporación, sin embargo, este esquema no permite una evaporación distribuida en el espacio que es una aproximación más cercana a la realidad.

WEAP permite incorporar la precipitación como un porcentaje del caudal, sin embargo, se implementó un esquema por nodos dado que de esa forma se puede trabajar en una unidad como metros cúbicos. Frente a eso, se consideraron siete nodos que están descritos en la Tabla 4.23 junto a sus coordenadas y el caudal evaporado que mantienen los mismos tres tramos considerados por KP (2014a). Cabe destacar que el caudal evaporado presentado en la tabla es fijo para todos los pasos de tiempo en el esquema de calibración o en los escenarios de cambio climático.

Tabla 4.23 Detalle de cada nodo de evaporación considerado en el modelo WEAP

Nodo	Tramo	Río	Este WGS84 UTM 19S [m]	Norte WGS84 UTM 19S [m]	Caudal Evaporado [m3/s]
Nodo Evaporación 1	Tramo 1	San Salvador	505972.414	7524140.58	0.050
Nodo Evaporación 2	Tramo 1	San Salvador	449242.951	7524167.03	0.050
Nodo Evaporación 3	Tramo 2	Río Loa	448162.556	7530487.46	0.017
Nodo Evaporación 4	Tramo 2	Río Loa	451668.868	7571371.67	0.017
Nodo Evaporación 5	Tramo 2	Río Loa	454582.382	7600082.55	0.017
Nodo Evaporación 6	Tramo 3	Río Loa	445507.607	7615686.41	0.013
Nodo Evaporación 7	Tramo 3	Río Loa	393541.913	7635887.42	0.013

Folio005842

4.3.3.2.3.4 Otras consideraciones

En este apartado se mencionan dos cauces superficiales que a diferencia de los anteriores que obtienen su caudal desde la precipitación, estos lo obtienen de forma íntegra desde los acuíferos. Lo que se traduce que estos ríos nacen a partir de afloramientos.

4.3.3.2.3.4.1 Quebrada Amarga

En primer lugar, se menciona la quebrada Amarga que nace desde el afloramiento del acuífero de Salar de Llamara (AC-07). Los valores fueron obtenidos desde el informe de Pramar Ambiental (s.f) quienes presentan los caudales promedios en la quebrada Amarga para el periodo entre noviembre de 2002 y septiembre de 2006. Dado que no existen más estudios sobre el caudal de esta quebrada, se implementó un afloramiento que extrae el promedio de la serie para cada mes que puede observarse en la Figura 4.45, donde se ve que el caudal es relativamente constante para todo el año y se ubica cerca de 0.07 m3/s. Lo importante de representar adecuadamente esta quebrada es que la fuente principal para la demanda SQM Quebrada Amarga con el siguiente código de expediente ND-0103-142 que tiene asignado 0.06 m3/s desde el 05/09/94.

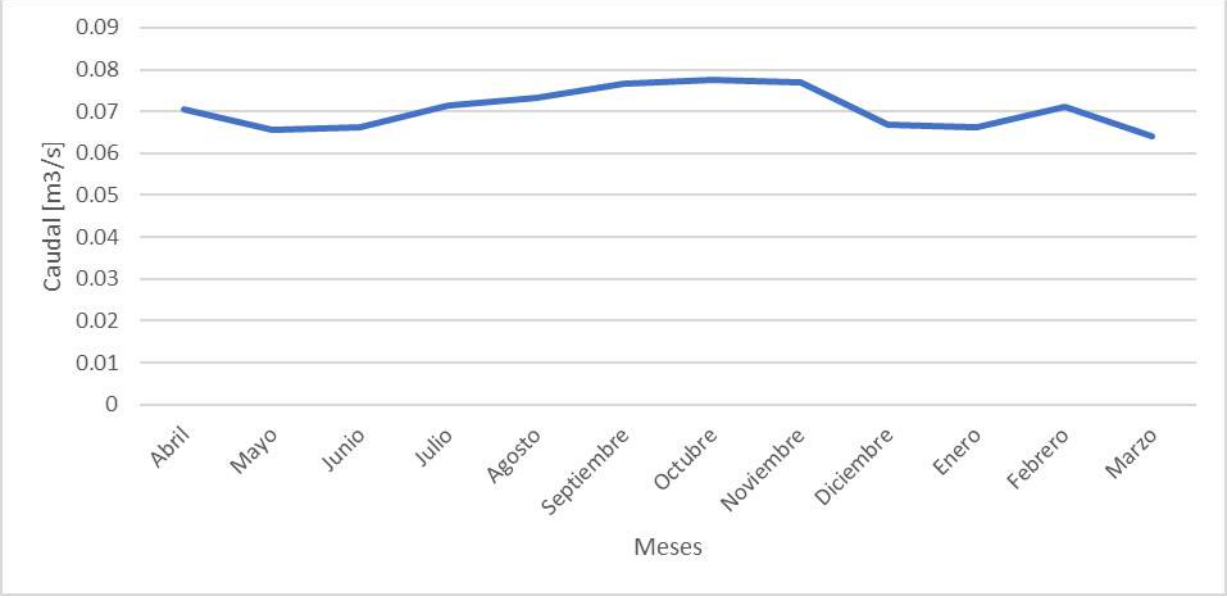


Figura 4.45. Caudal impuesto a través de afloramiento en la Quebrada Amarga.

Folio005843

4.3.3.2.3.4.2 Rio San Salvador

El río San Salvador, al igual que la quebrada Amarga, nace desde un afloramiento. Esta situación fue verificada durante una campaña de terreno por el equipo consultor. El caudal proviene desde el acuífero Calama (AC-05) y fue impuesto con un valor fijo para cada mes. Este valor fue obtenido desde el informe de KP (2014b) y se puede observar en la Figura 4.46 donde se ve que es mayor en los meses de enero a abril y menor en los meses de mayo a diciembre. En el esquema de modelación este río no recibe aportes desde la precipitación y recibe el flujo de retorno desde la planta de tratamiento de agua de Calama.

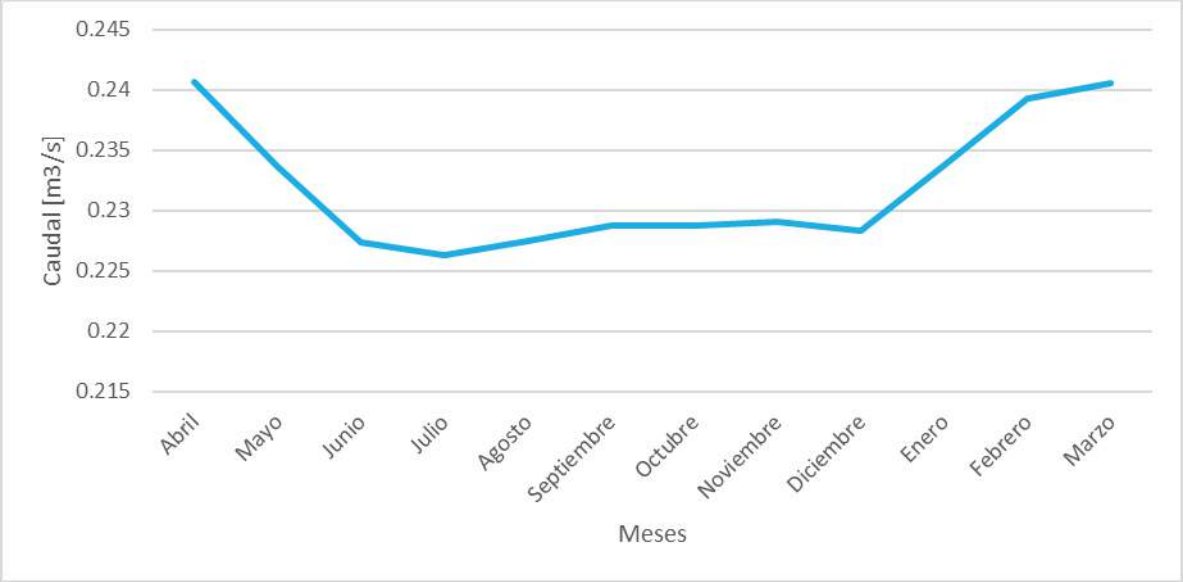


Figura 4.46. Caudal impuesto a través de afloramiento en el río San Salvador

4.3.3.2.3.5 Estaciones Fluviométricas de Calibración

Para realizar la calibración, se han incorporado una serie de estaciones de caudal dentro del modelo, que si bien no desempeñan ningún papel dentro de su funcionamiento permite comparar rápidamente los resultados observados por las estaciones de la Dirección General de Aguas con aquellos modelados.

En la Tabla 4.24 se presentan las 24 estaciones de caudal de la cuenca, sin embargo, existen varias que no cuentan con información durante más de diez años por lo que no fueron utilizadas. Se destacan con color gris aquellas estaciones efectivamente empleadas en el proceso de calibración. Ahora bien, dado que la estación Rio Loa en Vado Santa Barbara y Rio Loa Alcantarilla Conchi N2 representan el mismo tramo y sus periodos de tiempo son complementarios, estas fueron unidas en una estación denominada Río Loa antes del embalse Conchi, dado que de esa forma se podía representar de mejor forma el flujo por

Folio005844

ese tramo. En la Figura 4.47 se pueden apreciar las estaciones junto a los ríos y quebradas implementados en la modelación.

Tabla 4.24 Estaciones Fluviométricas de la cuenca y estado en el modelo.

Nombre Elemento	Estación	Observación
NO-001	Rio Loa Antes Represa Lequena	Estación Utilizada
NO-018	Rio San Pedro en Parshall N1	Estación No Utilizada
NO-019	Rio San Pedro en Parshall N2	Estación No Utilizada
NO-022	Rio San Pedro Camino Internacional	Estación No Utilizada
NO-024	Rio Loa en Vado Santa Barbara	Estación Utilizada
NO-025	Rio Loa Alcantarilla Conchi N2	Estación Utilizada
NO-026	Río Loa en Conchi	Estación No Utilizada
NO-028a	Rio Loa Salida Embalse Conchi	Estación Utilizada
NO-046	Rio Toconce antes Represa Sendos	Estación No Utilizada
NO-059	Rio Salado AJ Curti	Estación No Utilizada
NO-066a	Rio Salado en Sifón Ayquina	Estación Utilizada
NO-073	Rio Salado en AJ Loa	Estación Utilizada
NO-079	Rio Loa en Yalquincha	Estación Utilizada
NO-080a	Rio Loa en El Escorial	Estación Utilizada
NO-089a	Río Loa en Chintoraste	Estación No Utilizada
NO-090	Rio Loa en Finca	Estación Utilizada
NO-104	Rio Loa San Salvador (Chacance)	Estación No Utilizada
NO-106	Rio Loa San Salvador (M. Elena)	Estación Utilizada
NO-108	Rio Loa antes Agrícola Quillagua	Estación Utilizada
NO-119	Rio Loa en Desembocadura	Estación Utilizada
NO-111	Canal Quillagua en Quillagua	Estación No Utilizada
NO-112a	Río Loa en Quillagua	Estación No Utilizada
NO-010	Río Siloli antes B.T Fcab	Estación No Utilizada
NO-022	Río San Pedro en Camino Internacional	Estación No Utilizada

Folio005845

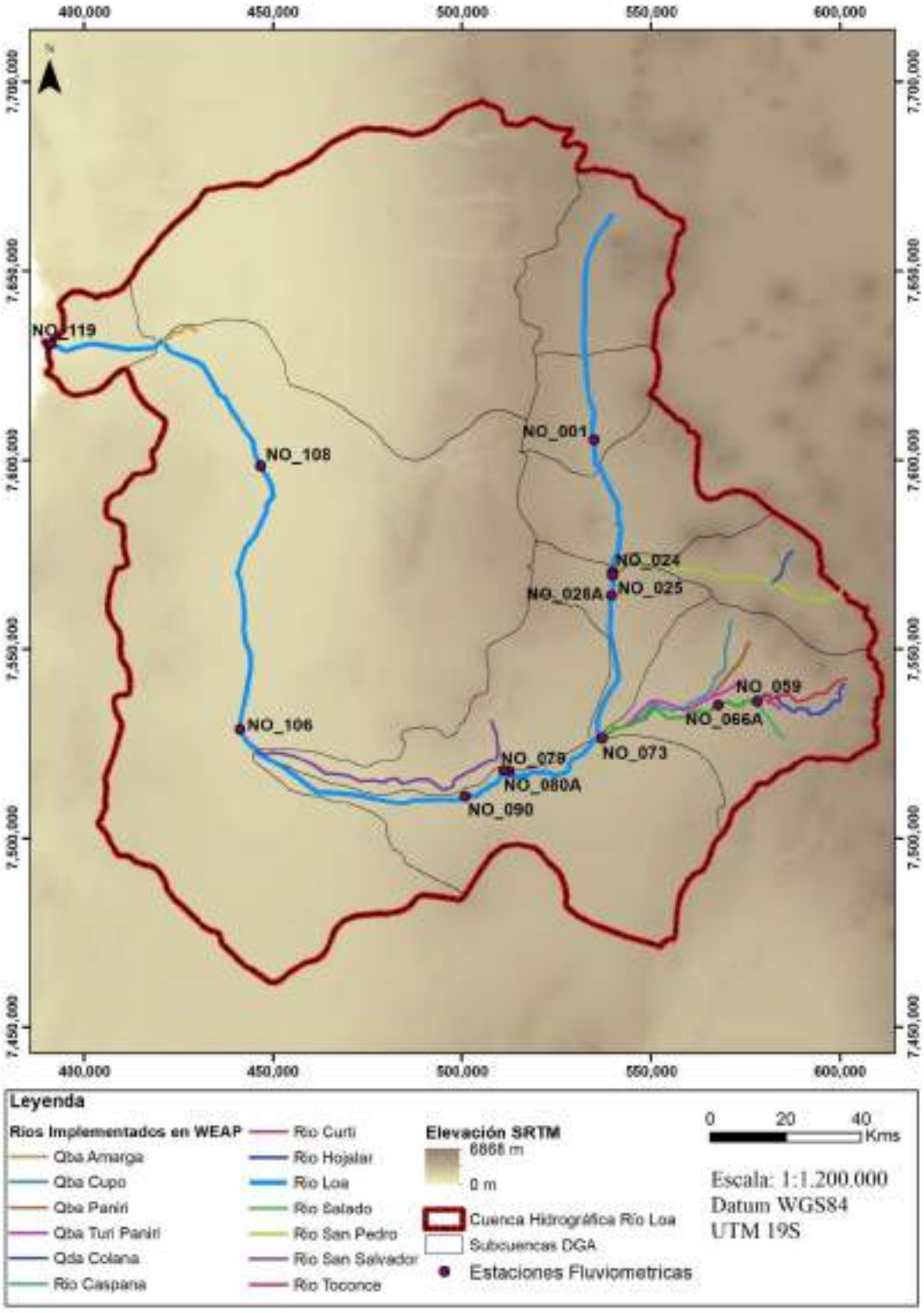


Figura 4.47. Estaciones Fluviométricas junto a la red hídrica en la cuenca del Loa.

Folio005846

4.3.3.2.3.6 Estaciones de Caudal Ambiental

Dado que uno de los principales objetivos de este estudio incluye la estimación de caudales ambientales, se han incorporado al modelo hidrológico los siguientes puntos de control mencionados en la Tabla 4.25. Cabe mencionar que no se cuenta con información de caudal observado en estos puntos, por lo que cada nodo será analizado de manera individual. En la Figura 4.48 se puede observar la distribución espacial de cada uno de estos nodos.

Tabla 4.25 Puntos de Control para Caudal Ambiental

Fuente	Sigla	Nombre	Este WGS-84 UTM 19S	Norte WGS-84 UTM 19S
Nodos solicitud caudal	N	Palpana	532800	7629000
Nodos solicitud caudal	N	Calina	540300	7589000
Nodos solicitud caudal	N	Lasana	539700	7551000
Nodos solicitud caudal	N	Chiu Chiu	537500	7535000
Nodos solicitud caudal	N	Ayquina	570900	7536000
Nodos solicitud caudal	N	Calamas	527700	7516000
Nodos solicitud caudal	N	Coya1	458500	7520000
Nodos solicitud caudal	N	Coya2	454600	7517000
Nodos solicitud caudal	N	Quillagua	448800	7588000
Nodos solicitud caudal extra	NA	Palpana	533100	7617000
Nodos solicitud caudal extra	NA	Calina	540200	7575000
Nodos solicitud caudal extra	NA	Lasana	539400	7540000
Nodos solicitud caudal extra	NA	ChiuChiu	535800	7531000
Nodos solicitud caudal extra	NA	Ayquina	570900	7536000
Nodos solicitud caudal extra	NA	Calama Alto	513600	7516000
Nodos solicitud caudal extra	NA	Coya	445600	7523000
Nodos solicitud caudal extra	NA	Quillagua	445100	7603000
Nodos solicitud caudal extra	NA	Confluencia Q.Amarga	420700	7631000
Nodos solicitud caudal extra	NA	Calama Medio	510200	7518000
Nodos solicitud caudal extra	NA	Calama Bajo	507300	7514000
Nodos solicitud caudal extra	NA	Rio Salado	536200	7526000
Nodos solicitud caudal extra	NA	Rio San Pedro	541400	7571000

Folio005847

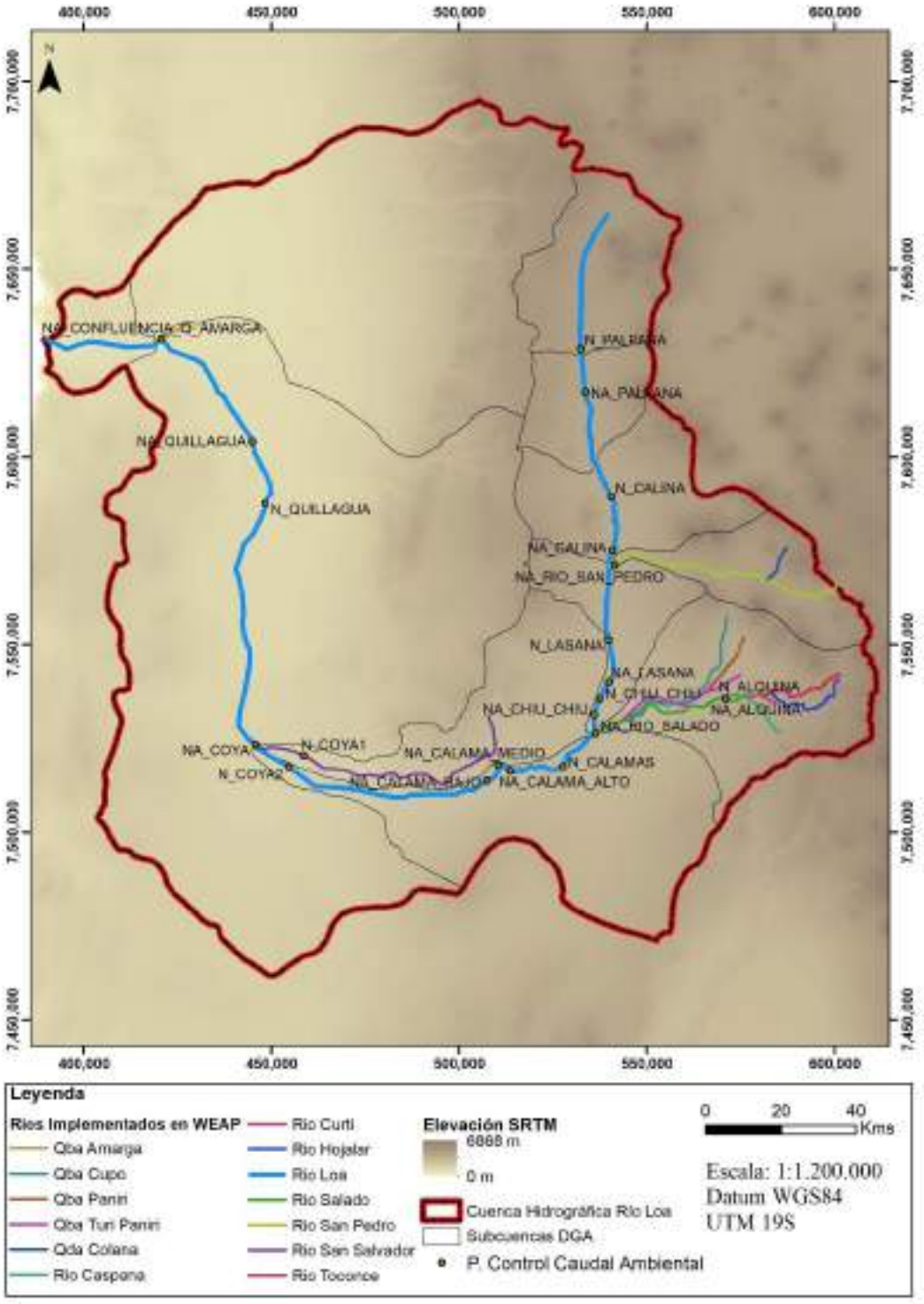


Figura 4.48 Puntos de Control del Caudal Ambiental implementados en el modelo WEAP

Folio005848

4.3.3.2.4 Embalses

En general, WEAP requiere parámetros físicos y de operación para cada embalse. La información requerida se presenta en la Tabla 4.26.

Tabla 4.26 Parámetros Físicos y de Operación requeridos en WEAP. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de Parámetro	Parámetro	Definición
Físicos	Volumen del Embalse	Corresponde a la capacidad total del embalse
	Almacenamiento Inicial	Corresponde al volumen inicial para la simulación
	Curva Volumen - Elevación	Relación entre la elevación del embalse y su volumen capturado. Viene de trabajos topográficos sobre el sitio.
	Evaporación Neta	Tasa de evaporación desde el espejo de agua del embalse
	Descarga Hidráulica máxima del embalse	Corresponde al flujo de descarga máximo que sale del embalse en condiciones de operación. Función del volumen Almacenado y de capacidades de vertedero también.
	Pérdida al Acuífero	Infiltración desde el embalse hacia el acuífero
	Serie de Volúmenes Observada	En condiciones de existir series de tiempo de la operación, corresponde a la serie de volúmenes observados, los que se contrastan con los simulados.
Operacionales	Límite de Conservación	Corresponde al volumen máximo de agua en el embalse, sin incluir la revancha.
	Límite de Reparto o "Buffer"	Bajo este límite, las entregas del embalse están restringidas de acuerdo a alguna regla o coeficiente de reparto.
	Límite Inactivo	Corresponde al volumen que no está disponible para el almacenamiento del recurso. Se liga con el volumen muerto.
	Coeficiente de Reparto ("Buffer Coefficient")	Corresponde a la fracción de agua que está disponible para cada mes, dentro de la zona de reparto, para ser entregada por el embalse.

4.3.3.2.4.1 Embalse Conchi

En la cuenca del río Loa se encuentra presente el embalse Conchi que está ubicado en 7564050m Norte, 7539131m Este (WGS84 UTM19S) y entro en funcionamiento en 1975 (KP, 2014a). El volumen embalsado corresponde a 22 millones de metros cúbicos (DGA, 2019). El calculo del volumen inicial, en el inicio de la modelación (abril 1981) fue obtenido revisando los datos entregados por la Dirección de Obras Hidraulicas, los que son presentados en la Figura 4.49. A partir de estos, se determina que el volumen inicial para esta modelación corresponde a 21 millones de metros cubicos.

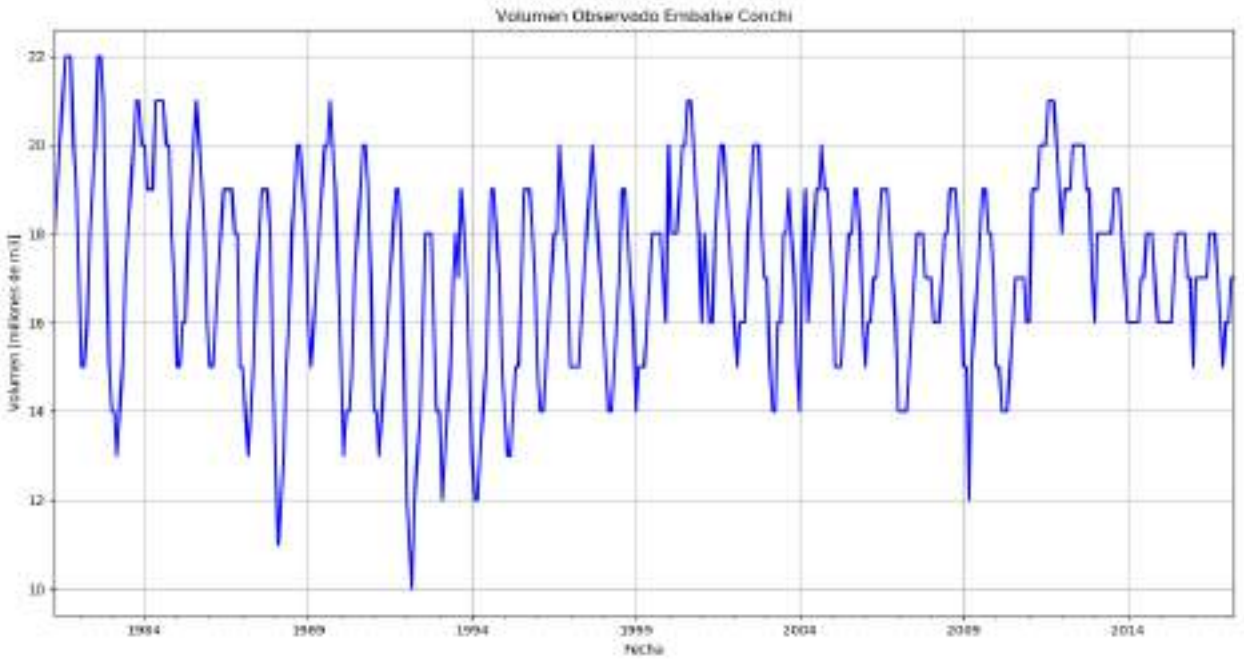


Figura 4.49 Volumen Observado Embalse Conchi

Otro elemento a considerar es la curva del embalse que relaciona el volumen y la elevación, que fue obtenida desde KP (2014b) cuyos datos se pueden observar en la Figura 4.50 y en la Tabla 4.27.

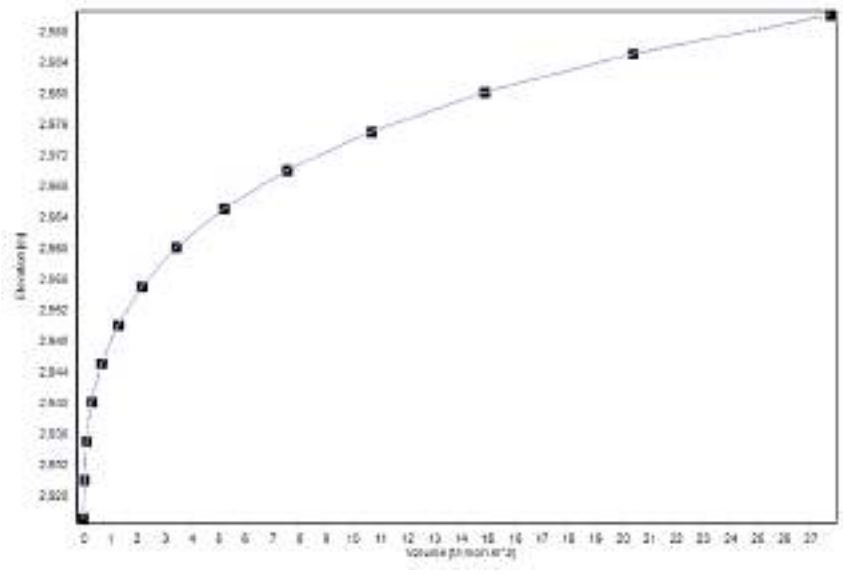


Figura 4.50. Curva relación volumen y elevación del Embalse Conchi. Elaboración propia.
Tabla 4.27: Curvas Características Embalse Conchi. Fuente: KP, 2014 (p. 19)

Folio005850

Cota [m s.n.m.]	Altura [m]	Superficie [m^2]	Volumen Embalsado [m^3]	Volumen Embalsado [Hm^3]
2.922	0	0	0	0
2.925	3	3.200	0	0
2.930	8	11.900	38.000	0
2.935	13	24.900	130.000	0
2.940	18	53.900	327.000	0
2.945	23	92.400	692.000	1
2.950	28	150.300	1.299.000	1
2.955	33	208.300	2.195.000	2
2.960	38	298.000	3.461.000	3
2.965	43	404.000	5.216.000	5
2.970	48	536.500	7.567.000	8
2.975	53	719.200	10.707.000	11
2.980	58	956.000	14.895.000	15
2.985	63	1.245.600	20.399.000	20
2.990	68	1.691.800	27.742.000	28

Sobre la evaporación del embalse Conchi, en el periodo de calibración, es decir, entre 1981 y 2017 se empleó la serie histórica calculada y verificada por KP (2014b) que se puede observar en la Figura 4.51 que sigue un patrón marcado a lo largo del año. Para el periodo entre 2017 y 2060 se utilizó la estacionalidad año promedio de la serie anterior que se puede apreciar en la Figura 4.52.

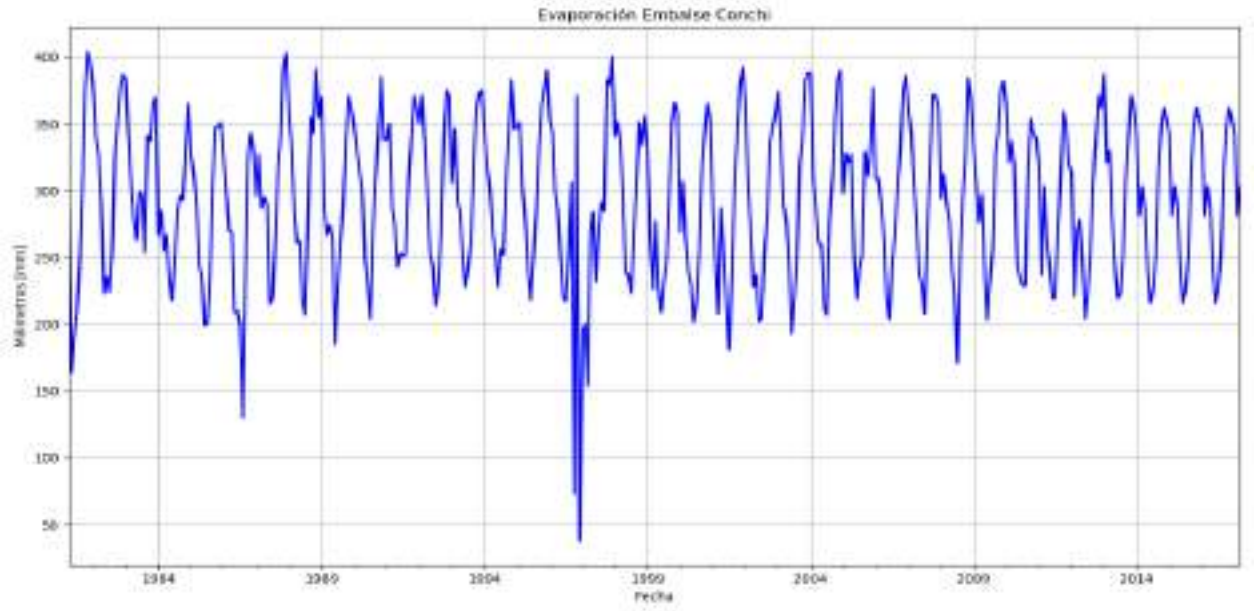


Figura 4.51 Evaporación del Embalse Conchi. Fuente: KP, 2014b

Folio005851

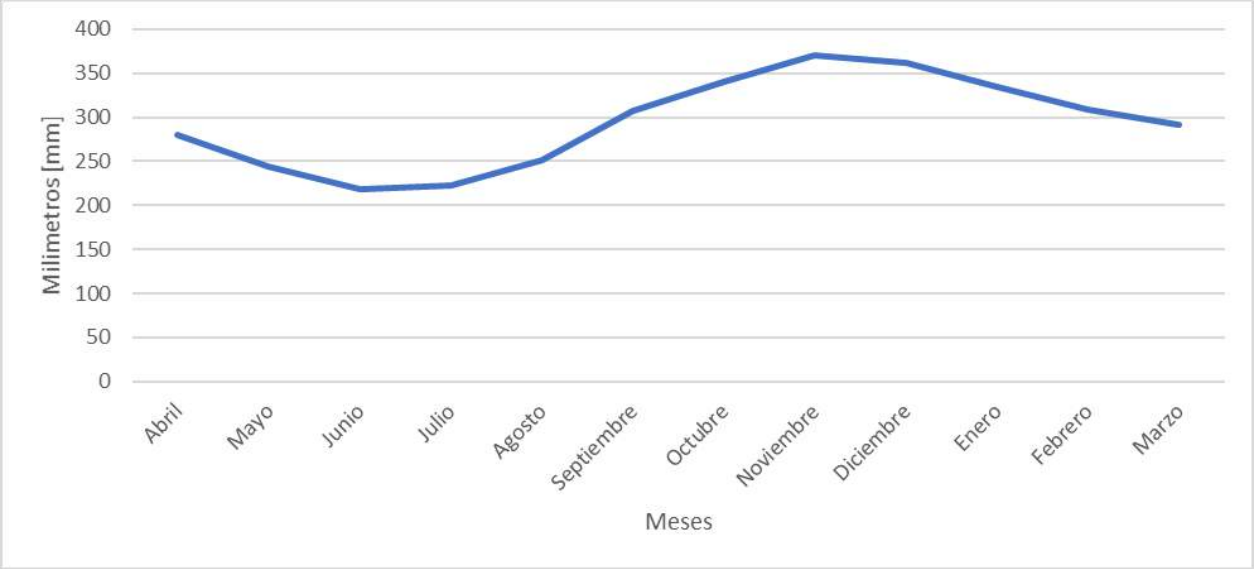


Figura 4.52: Estacionalidad Año Promedio Evaporación del Embalse Conchi. Esta serie fue utilizada para los años posteriores al 2017.

Con relación a la operación del embalse, se definió un límite de conservación de 22 millones de metros cúbicos entre el año 1980 a 1996 donde se produce un cambio de las reglas de operación y el límite disminuye a 20 millones m3. El límite de reparto se establece en 20 mm3 y el parámetro de límite de inactividad no es empleado. Finalmente el parámetro de coeficiente de reparto es definido con dos reglas de operación, la primera de 1980 a 1986 y la segunda desde 1996 hasta el fin de la modelación. Estas pueden observarse en porcentaje en Figura 4.53.

Folio005852

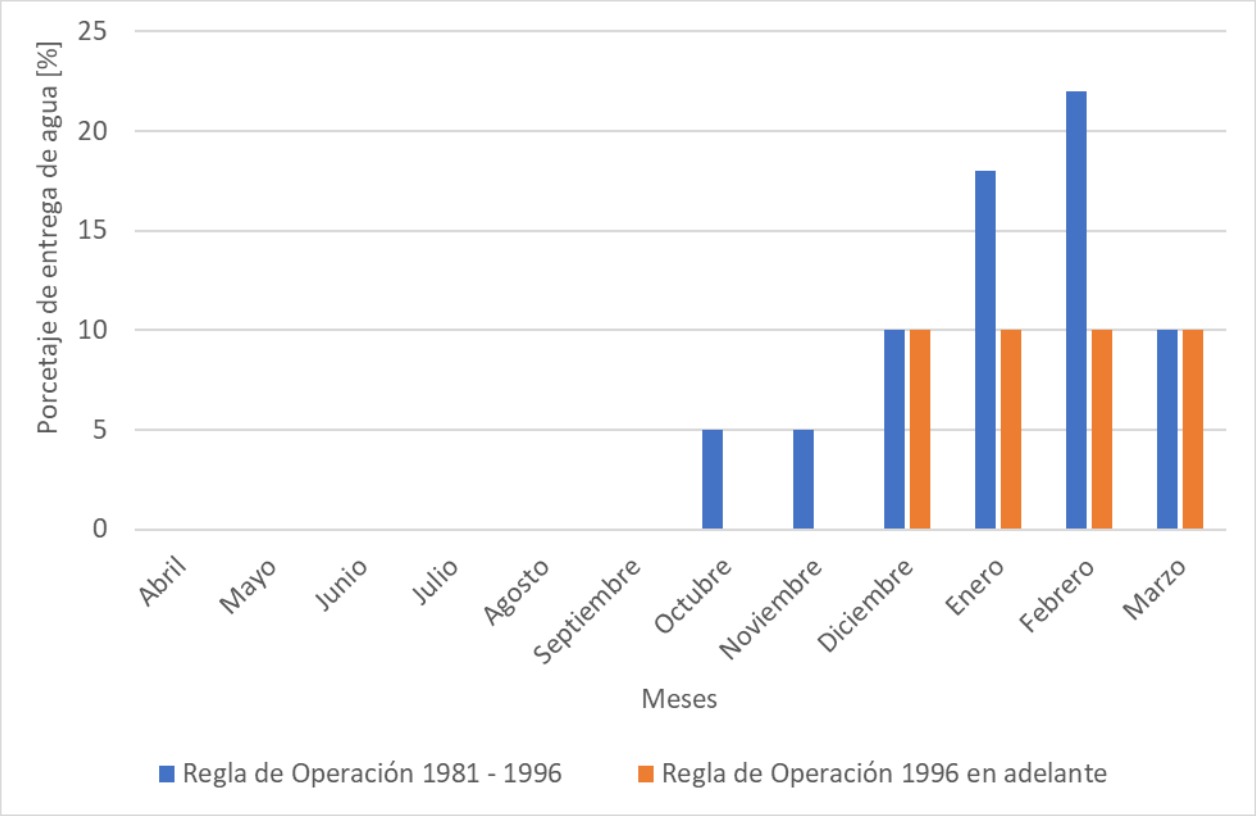


Figura 4.53 Coeficiente de Reparto en las dos reglas de operación definidas a nivel mensual. Los valores están en porcentaje del volumen a entregar

4.3.3.2.5 Demandas

En el área de estudio se presentan una serie de demandas hídricas, las que se corresponden a los distintos actores con derechos constituidos legalmente para extraer agua desde fuentes superficiales o subterráneas. Los datos de cada uno de estos elementos fueron obtenidos desde los estudios de Knight Piésold (2014a,2014b) donde estaban bajo la categoría de captaciones puntuales, zonas de riego, y pozos. A partir de esto, cada elemento fue revisado para obtener su demanda como una serie de tiempo en metros cúbicos y poder incorporarlos al modelo.

Se escogió el elemento de nodo de demanda o *demand site* dado que permite representar las distintas extracciones de agua tanto superficiales como subterráneas y se pueden establecer nodos de retorno donde se devuelva el agua no utilizada. WEAP además permite establecer prioridades de entrega o reparto del agua las que fueron asignada para todas las demandas en un valor de 1, lo que genera un caso base donde el modelo requiere satisfacer todos los requerimientos con igual prioridad.

En la Figura 4.54 se puede observar la suma de todas las demandas hídricas ingresadas en el modelo por cada paso de tiempo en todo el periodo de calibración y se puede apreciar que en

Folio005853

último periodo (abril de 2017) el valor corresponde a 9.16 m^3/s. Además, se observa una clara estacionalidad debido a los requerimientos de la actividad agrícola. Para el periodo futuro de modelación (2017 – 2060) se mantuvieron las series del último año de cada nodo, para conservar la variación estacional de la demanda.

Las distintas demandas han sido divididas en cuatro categorías: (a) demandas de agua potable, (b) demandas industriales, (c) demandas de riego y (d) demandas subterráneas o pozos de extracción, las que están distribuidas en la cuenca tal como se puede observar en la Figura 4.55. A continuación, se revisará el detalle de cada una de ellas.

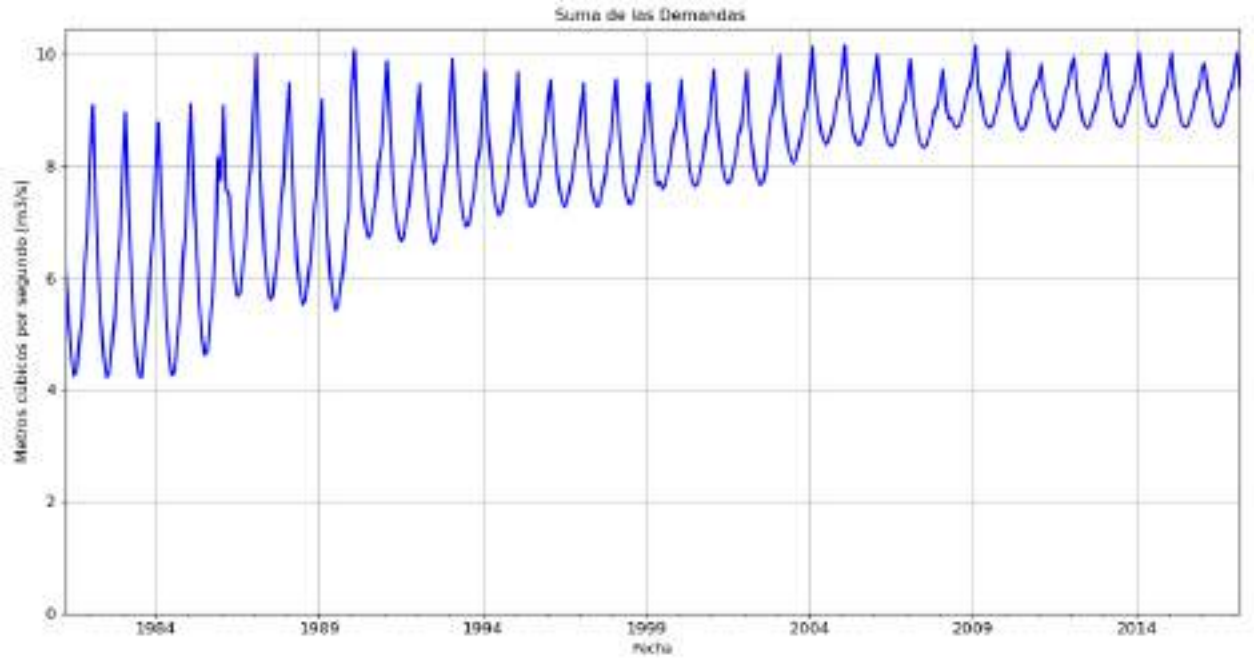


Figura 4.54 Gráfico de la suma de las demandas totales computadas por el modelo WEAP.

Folio005854

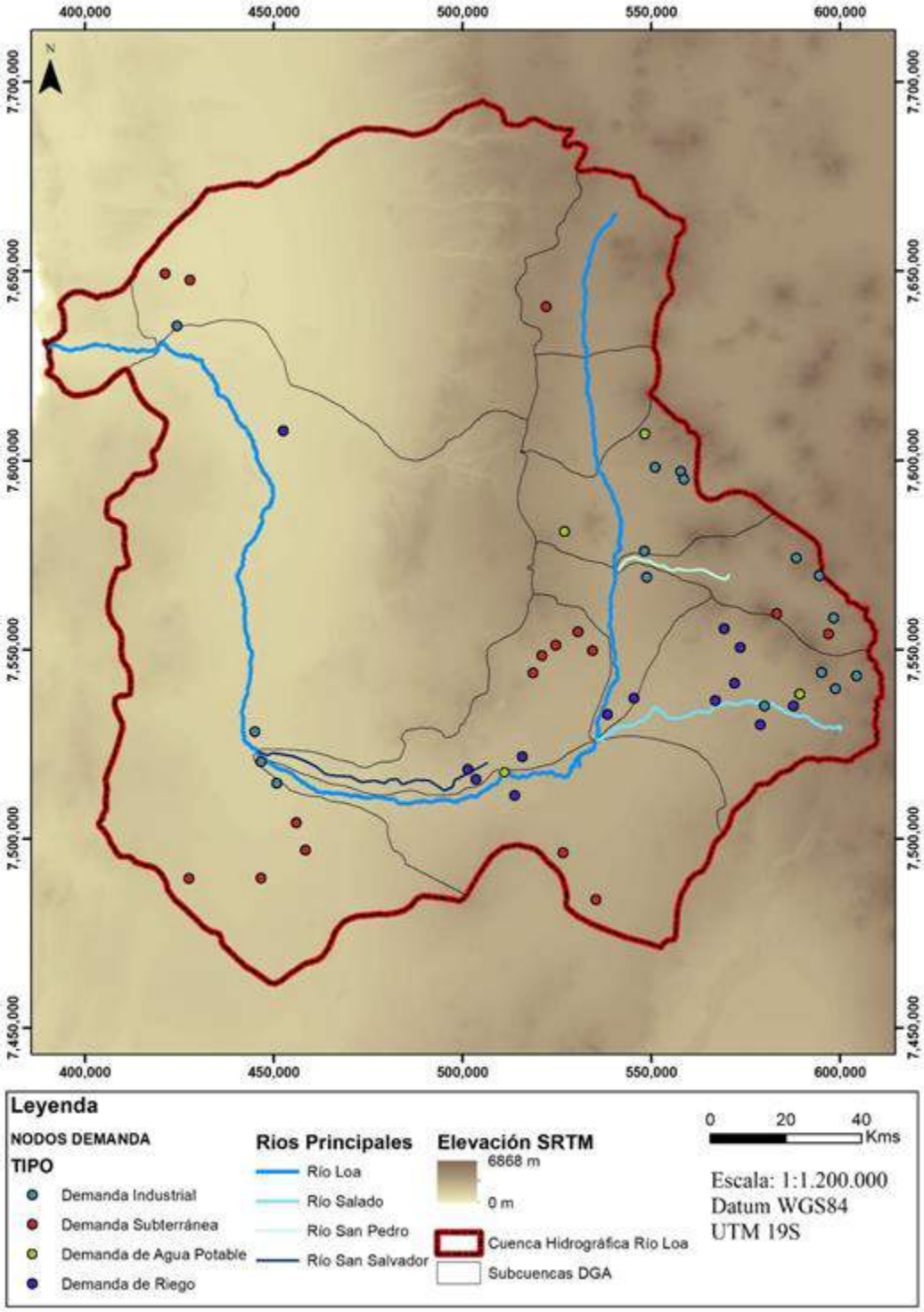


Figura 4.55. Disposición espacial de las Demandas implementadas en el modelo WEAP.

Folio005855

4.3.3.2.5.1 Demanda de agua potable

En primer lugar, se presentan las demandas de agua potable que son extraídas desde fuentes superficiales por la Empresa de Servicios Sanitarios de Antofagasta S. A (ESSAN) y que totalizan 1.32 m^3/s. Esta se distribuye en tres nodos que son presentados en la Tabla 4.28. Esta información fue obtenida desde Knight Piésold (2014b) donde cada demanda fue ingresada como una serie de tiempo, las que se pueden revisar en profundidad en Anexos Digitales (OE 2 Modelo Eco-Hidrológico Integrado/Modelo Hidrológico WEAP/Datos de entrada y Resultados/Anexo 2-4).

Tabla 4.28 Demandas de agua potable y sus coordenadas.

NOMBRE DE LA DEMANDA	CAUDAL OTORGADO POR DERECHO (m^3/s)	ESTE WGS84 UTM 19S (m)	NORTE WGS84 UTM 19S (m)	SUBCUENCA DGA
ESSAN Lequena	0.5500	535115	7603695	Rio Loa Entre Estero Chela y Bajo Junta Quebrada de Hachas
ESSAN Quinchamale	0.3000	541455	7577335	Rio Loa entre Quebrada de Hachas y Rio San Pedro
ESSAN Calama (Puente Negro)	0.15	510049	7517686	Río Loa entre Río Salado y Río San pedro
ESSAN Toconce	0.4700	587944	7536403	Rio Salado

4.3.3.2.5.2 Demanda industrial

En segundo lugar, se presentan las demandas industriales que extraen los recursos desde fuentes superficiales. El uso principal está orientado a la minería y totaliza 3.04 m^3/s los que son distribuidos en 17 nodos presentados en la Tabla 2-24. Además, cada nodo de demanda tiene asociado un nodo de requerimiento de flujo que implica que al menos se debe satisfacer una parte de lo demadado y que el valor entregado de agua no puede sobrepasar el derecho asignado. Esta información fue obtenida desde Knight Peasold (2014b). Se puede revisar el detalle de cada demanda en la serie de tiempo presentada en Anexos Digitales (OE 2 Modelo Eco-Hidrológico Integrado/Modelo Hidrológico WEAP/Datos de entrada y Resultados/Anexo 2-4).

Folio005856

Tabla 4.29 Demandas industriales implementas en el modelo y sus coordenadas

NOMBRE DE LA DEMANDA	CAUDAL OTORGADO POR DERECHO (m^3/s)	ESTE WGS84 UTM 19S (m)	NORTE WGS84 UTM 19S (m)	SUBCUENCA DGA
FCAB Aguada Palpana	0.0021	551545	7597550	Rio Loa entre Quebrada de Hachas y Rio San Pedro
Vertiente Polapi 1	0.0162	557485	7596545	Rio Loa entre Quebrada de Hachas y Rio San Pedro
Vertiente Polapi 2	0.0004	55825	7595456	Rio Loa entre Quebrada de Hachas y Rio San Pedro
Ferrocarriles Siloli	0.1243	600232	7565330	Rio San Pedro
Codelco Inacaliri	0.1515	596571	7563889	Rio San Pedro
Codelco Colana	0.0500	586697	7575396	Rio San Pedro
Parshall 2	0.1750	550047	7573027	Rio San Pedro
Inacaliri I y II ADASA	1.6522	549593	7573344	Rio San Pedro
Codelco Linzor	0.0500	60104	7541946	Rio Salado
Toconce (Linzor) ADASA	0.0500	60059	7541973	Rio Salado
Toconce (Hojalar) ADASA	0.1400	600872	7540530	Rio Salado
Codelco Salado	0.5400	582416	7535247	Rio Salado
Soquimich Pedro de Valdivia	0.0947	45432	7517567	Rio Loa entre Rio Salado y Rio San Salvador
Soquimich Coya Sur	0.0900	445667	7523182	Rio San Salvador
Soquimich María Elena	0.0625	441757	7528313	Rio Loa entre Rio San Salvador y Quebrada Amarga
SQM Quebrada Amarga	0.0600	420955	7631135	Rio Loa entre Rio San Salvador y Quebrada Amarga

Folio005857

4.3.3.2.5.3 Demanda de riego

En tercer lugar, se presenta la demanda de riego que se compone de 13 zonas descritas en la Tabla 4.30 donde se puede observar el nombre de cada una de ellas, las coordenadas del centroide de cada zona de riego, los cultivos plantados en cada zona y el método empleado. Cabe destacar como todas las zonas emplean el método del tendido. En la Figura 4.56 se puede observar la distribución espacial de las zonas de riego junto a los principales ríos de la cuenca. La información de las zonas de riego fue obtenida desde Knight Piésold (2014a).

El esquema de representación opera de la siguiente forma, los canales representados como *diversion* obtienen el agua de los ríos de acuerdo con su capacidad, la que es consumida por el nodo de demanda. Luego, el agua no ocupada por el riego dada la eficiencia de cada zona de riego es devuelta tanto al acuífero correspondiente como al río por un link de retorno. Además, si durante un periodo, el agua de los canales no es suficiente para satisfacer las necesidades de riego se pueden extraer agua desde fuentes subterráneas. Siempre como segunda prioridad frente al agua superficial.

Tabla 4.30 Nombre y código de las zonas de riego junto a los cultivos plantados

CÓDIGO ZONA DE RIEGO	NOMBRE ZONA DE RIEGO	ESTE WGS84 UTM 19S (m)	NORTE WGS84 UTM 19S (m)	CÓDIGO CULTIVO	NOMBRE CULTIVO	MÉTODO DE RIEGO
ZR-01	Chiuchiu 1	538385.227	7537731	TC-01	Alfalfa	Tendido
				TC-08	Maíz	Tendido
				TC-13	Zanahoria	Tendido
				TC-10	Papas	Tendido
				TC-03	Betarraga	Tendido
				TC-07	Lechugas	Tendido
ZR-02	Chiuchiu 2	536310.55	7530384	TC-01	Alfalfa	Tendido
				TC-08	Maíz	Tendido
				TC-10	Papas	Tendido
				TC-03	Betarraga	Tendido
				TC-13	Zanahoria	Tendido
				TC-07	Lechugas	Tendido
ZR-03	Toconce	584677.502	7537537	TC-08	Maíz	Tendido
				TC-05	Habas	Tendido
				TC-01	Alfalfa	Tendido
				TC-10	Papas	Tendido
ZR-04	Caspana	581589.137	7529188	TC-06	Hortalizas	Tendido
				TC-11	Peras	Tendido
				TC-09	Manzanas	Tendido
				TC-12	Tunas	Tendido

Folio005858

CÓDIGO ZONA DE RIEGO	NOMBRE ZONA DE RIEGO	ESTE WGS84 UTM 19S (m)	NORTE WGS84 UTM 19S (m)	CÓDIGO CULTIVO	NOMBRE CULTIVO	MÉTODO DE RIEGO
ZR-05	Ayquina	570468.937	7535899	TC-08	Maíz	Tendido
				TC-01	Alfalfa	Tendido
				TC-06	Hortalizas	Tendido
ZR-06	Turi	572762.5	7540251	TC-01	Alfalfa	Tendido
				TC-08	Maíz	Tendido
				TC-05	Habas	Tendido
ZR-07	Cupo 1	575411.659	7550821	TC-01	Alfalfa	Tendido
				TC-08	Maíz	Tendido
				TC-10	Papas	Tendido
ZR-08	Cupo 2	570576.151	7554319	TC-01	Alfalfa	Tendido
				TC-08	Maíz	Tendido
ZR-09	Calama 1	512660.844	7516978	TC-01	Alfalfa	Tendido
				TC-02	Avena	Tendido
				TC-08	Maíz	Tendido
				TC-06	Hortalizas	Tendido
ZR-10	Calama 2	509047.124	7515297	TC-01	Alfalfa	Tendido
				TC-02	Avena	Tendido
				TC-08	Maíz	Tendido
				TC-06	Hortalizas	Tendido
ZR-11	Calama 3	505168.671	7513446	TC-01	Alfalfa	Tendido
				TC-02	Avena	Tendido
				TC-08	Maíz	Tendido
				TC-06	Hortalizas	Tendido
ZR-12	Calama 4	502941.087	7517812	TC-06	Hortalizas	Tendido
				TC-01	Alfalfa	Tendido
ZR-13	Quillagua	444473.347	7604408	TC-01	Alfalfa	Tendido

Folio005859

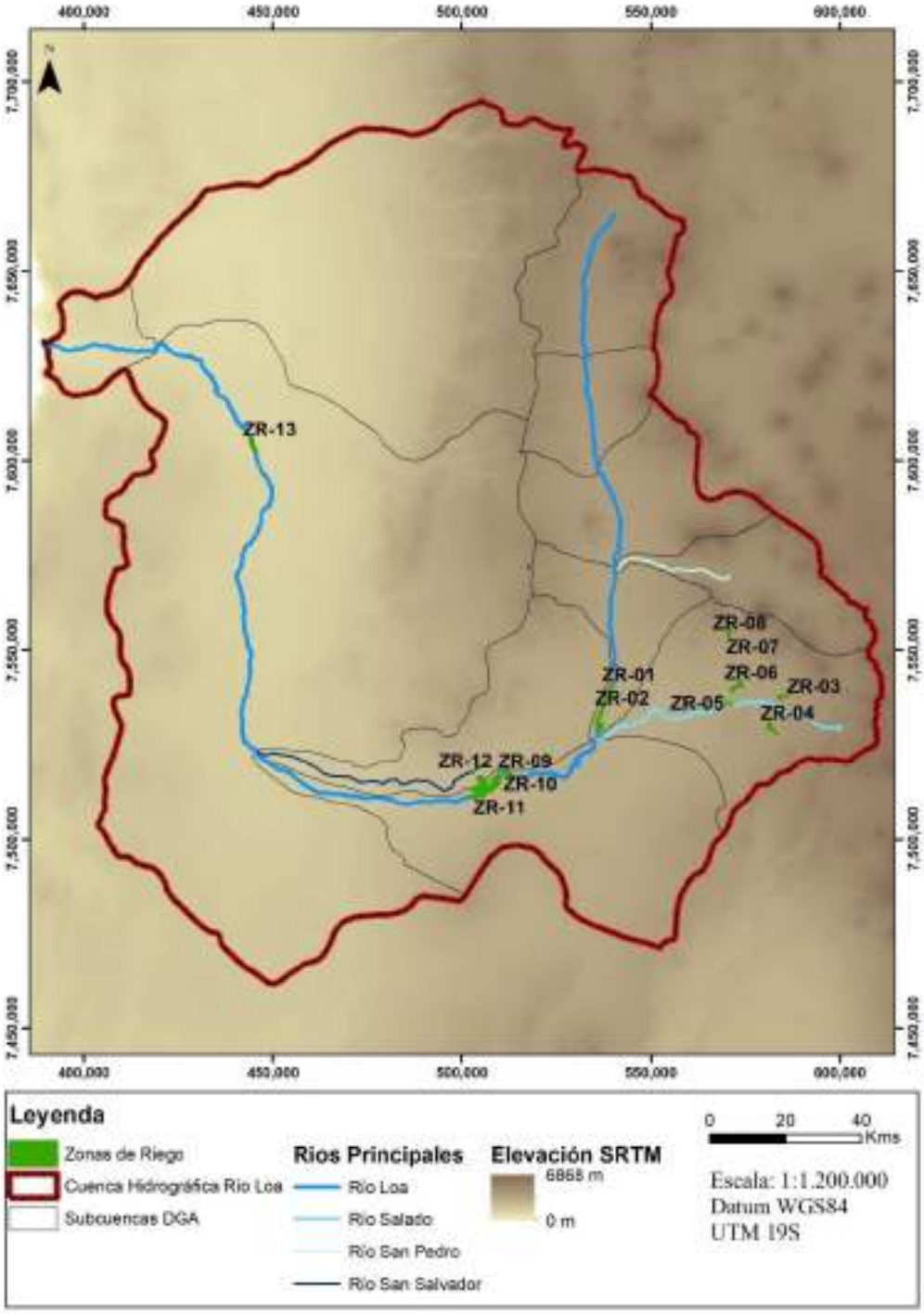


Figura 4.56 Zonas de Riego en la cuenca del río Loa

Folio005860

En el informe de Knight Piésold (2014a) se calculó la demanda hídrica por cada zona de riego de forma bruta y luego, en una planilla externa, fueron considerando las eficiencias de riego y distribución para entregarle al modelo la información de la demanda bruta. El modelo desarrollado para este informe le entrego directamente la demanda bruta al modelo con el objeto de que WEAP resuelva la demanda neta en función de los parámetros. Esto permite realizar análisis de sensibilidad a los distintos parámetros como la eficiencia de riego, el caudal máximo de cada canal entre otros. En la Figura 4.57 se puede observar la demanda bruta por todo el periodo de calibración del modelo, donde se puede apreciar

En el informe Knight Piesold (2014a) se calculó la demanda hídrica por cada zona de riego en base a las necesidades de cada especie considerada, lo que la demanda bruta total ha ido decayendo con el tiempo, principalmente porque la zona de Quillagua fue reduciendo su área de riego desde 1981 a la fecha actual. En Anexos Digitales (OE 2 Modelo Eco-Hidrológico Integrado/Modelo Hidrológico WEAP/Datos de entrada y Resultados/Anexo 2-4), se presentan los datos para cada zona en formato de serie de tiempo.

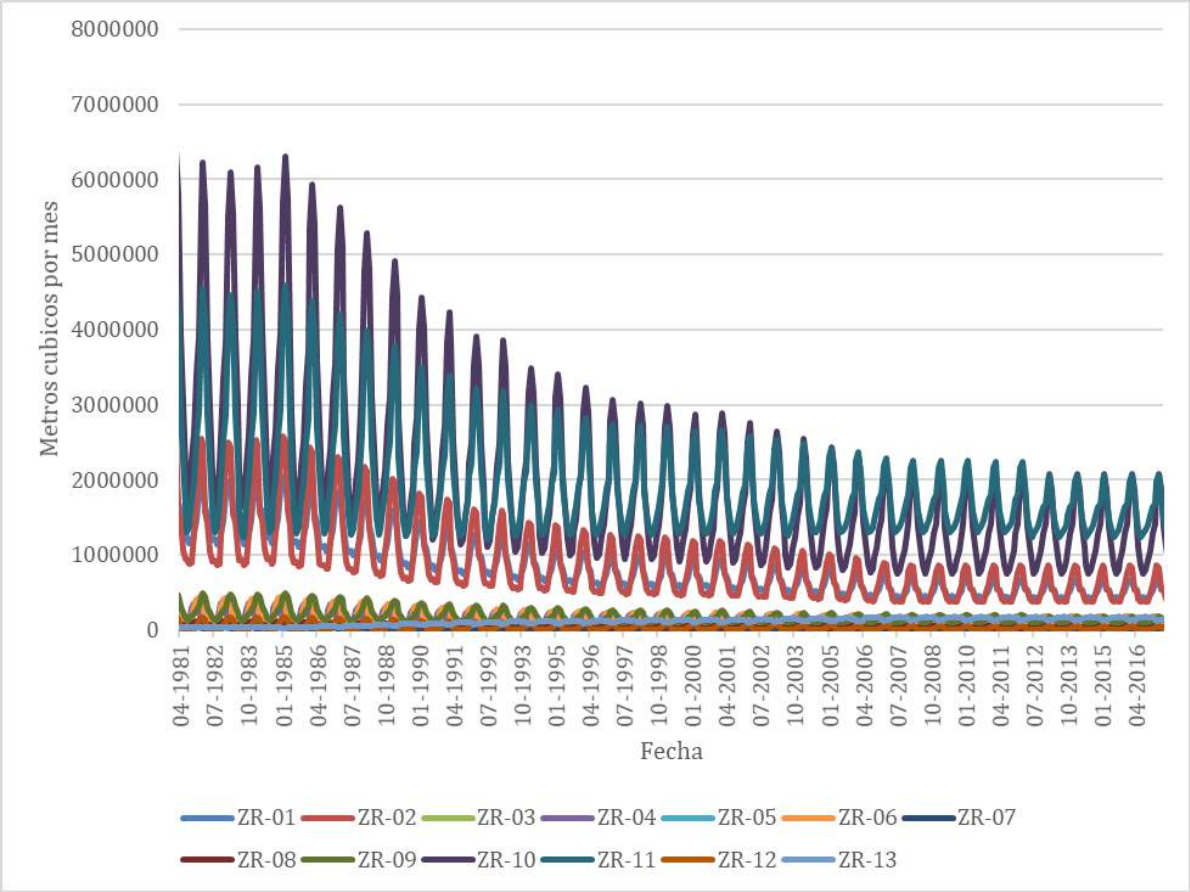


Figura 4.57 Gráfico de la demanda bruta de riego para todas las zonas

Folio005861

Tal como se mencionó anteriormente, para obtener la demanda neta de riego se ingresó a WEAP la eficiencia de cada zona de riego que es determinado por el método de riego empleado. Dado que todas las zonas usan el método del tendido la eficiencia del 60% es común para todas las zonas de riego tal como se observa en la Tabla 4.31. En estas también se aprecia la proporción del flujo que no es consumido en el proceso de riego y que es devuelto al acuífero o al río. Para cada zona de riego el porcentaje de flujo no usado es igual al 100% y en las columnas 3 y 4 se observa cómo se distribuye el porcentaje por cada zona.

Tabla 4.31 Eficiencia de cada zona de riego, junto al porcentaje percolado al acuífero y redirigido al río.

ZONA DE RIEGO	EFICIENCIA (%)	PORCENTAJE DEL FLUJO PERCOLADO AL ACUÍFERO (%)	PORCENTAJE DEL FLUJO REDIRIGIDO AL RÍO (%)
ZR_01	60	15	85
ZR_02	60	15	85
ZR_03	60	17.5	82.5
ZR_04	60	17.5	82.5
ZR_05	60	17.5	82.5
ZR_06	60	17.5	82.5
ZR_07	60	17.5	82.5
ZR_08	60	17.5	82.5
ZR_09	60	12.5	87.5
ZR_10	60	12.5	87.5
ZR_11	60	12.5	87.5
ZR_12	60	12.5	87.5
ZR_13	60	12.5	87.5

4.3.3.2.5.3.1 Canales de riego

Los canales de riego representados como *diversion* son los elementos que extraen el agua desde los ríos. Estos canales tienen una determinada capacidad y eficiencia en base a su revestimiento y de esa forma se suple la demanda de riego. En la Tabla 4.32 se presenta información detallada sobre cada canal de riego y la zona de riego donde distribuye su caudal. De acuerdo con la información de Knight Piésold (2014a)

Folio005862

Tabla 4.32 Información de los canales, las zonas de riego, su capacidad y largo

NOMBRE DEL CANAL	N° CANAL	N° NODO	ZONA DE RIEGO	ACUÍFERO	CAPACIDAD DEL CANAL [m3/s]	EFICIENCIA [%]	LARGO [m]
Canal Buen Retiro	CA-001	NO-030	ZR-01	AC-05	0.16	95%	1826
Canal San Antonio	CA-002	NO-031	ZR-01	AC-05	0.16	95%	1519
Canal Los Ramírez	CA-003	NO-032	ZR-01	AC-05	0.26	95%	1127
Canal Quichire	CA-004	NO-033	ZR-01	AC-05	0.182	95%	10706
Canal Los Perales	CA-005	NO-034	ZR-01	AC-05	0.16	95%	591
Canal Pona	CA-006	NO-035	ZR-01	AC-05	0.16	95%	3379
Canal Grande	CA-007	NO-036	ZR-02	AC-05	0.309	95%	6312
Canal La Banda	CA-008	NO-037	ZR-02	AC-05	0.309	95%	2705
Canal El Pueblo	CA-009	NO-038	ZR-02	AC-05	0.309	95%	4080
Canal Toconce	CA-010	NO-048	ZR-03	AC-03	0.195	95%	5070
Canal Caspana	CA-011	NO-061	ZR-04	AC-03	0.051	90%	8112
Canal Ayquina	CA-012	NO-065	ZR-05	AC-03	0.062	90%	1167
Canal El Trigal	CA-013	NO-067	ZR-06	AC-03	0.118	95%	485
Canal Puente	CA-014	NO-068	ZR-06	AC-03	0.118	95%	4106
Canal Paniri	CA-015	NO-069	ZR-07	AC-03	0.042	90%	150
Canal Inga	CA-016	NO-070	ZR-08	AC-03	0.062	95%	3110
Canal Mesón	CA-017	NO-071	ZR-08	AC-03	0.062	95%	2530
Canal Yalquincha 2	CA-018	NO-077	ZR-09	AC-05	0.275	95%	5674
Canal Yalquincha 1	CA-019	NO-078	ZR-09	AC-05	0.26	95%	4809

Folio005863

NOMBRE DEL CANAL	N° CANAL	N° NODO	ZONA DE RIEGO	ACUÍFERO	CAPACIDAD DEL CANAL [m3/s]	EFICIENCIA [%]	LARGO [m]
Canal Tronco	CA-020	NO-081	ZR-10	AC-05	1.22	95%	5135
Canal Unificado Banda Radic Topater	CA-021	NO-083	ZR-10	AC-05	0.121	95%	3467
Canal Lay Lay	CA-022	NO-084	ZR-10	AC-05	0.376	95%	3106
Canal Núñez	CA-023	NO-085	ZR-11	AC-05	0.532	95%	4772
Canal Chunchuri Bajo	CA-024	NO-086	ZR-11	AC-05	0.46	95%	4051
Canal La Prensa	CA-025	NO-087	ZR-11	AC-05	0.183	95%	2584
Canal Dupont	CA-026	NO-088	ZR-11	AC-05	0.091	95%	2337
Canal rio San Salvador	CA-027	NO-094	ZR-12	AC-05	0.062	95%	795
Canal 1	CA-028	NO-109	ZR-13	AC-09	0.429	95%	10227
Canal 2	CA-029	NO-110	ZR-13	AC-09	0.156	95%	4888

4.3.3.2.5.4 Demanda subterránea

En cuarto lugar, la demanda subterránea se refiere a los pozos que extraen agua desde los acuíferos ubicados en la cuenca. Existen 53 pozos legalmente constituidos con derechos que han sido otorgados desde 1990 hasta el año 2012 y se puede observar su variación a lo largo del periodo de calibración en la Figura 2-40. En esta se aprecia como ha aumentado sostenidamente el caudal extraído a lo largo del tiempo. La serie de tiempo se puede revisar en detalle en Anexos Digitales (OE 2 Modelo Eco-Hidrológico Integrado/Modelo Hidrológico WEAP/Datos de entrada y Resultados/Anexo 2-4).

Folio005864

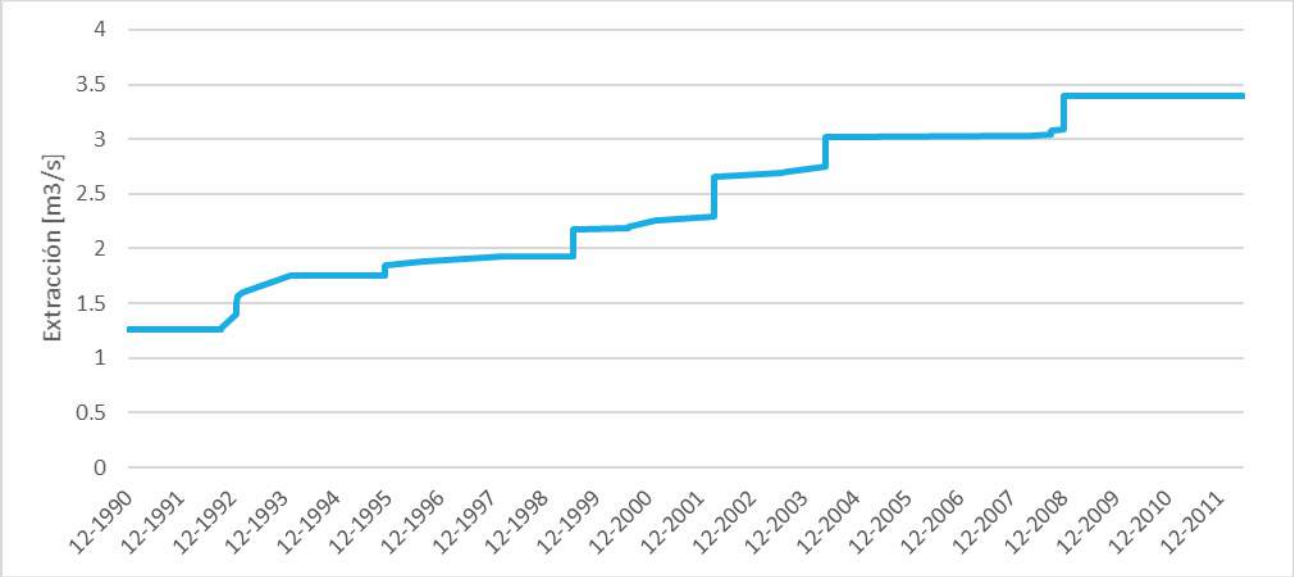


Figura 4.58 Evolución temporal de la asignación de derechos de agua subterráneos.

Dada la configuración del modelo, los distintos pozos fueron agregados en 14 nodos de demanda considerando el titular de los derechos, su uso y el sector hidrogeológico al que pertenecen, lo que es presentado en la Tabla 4.33. Esto se puede revisar en detalle en Anexos Digitales (OE 2 Modelo Eco-Hidrológico Integrado/Modelo Hidrológico WEAP/Datos de entrada y Resultados/Anexo 2-5).

Tabla 4.33 Información detallada sobre los nodos de demanda subterránea implementados en WEAP

NOMBRE EN WEAP	SHAC WEAP	SUMA DE DERECHOS [m3/s]	Nombre Pozo en DGA	Q Derecho (l/s)	Fecha Ejercicio
D_PZ_B	SHAC-02	0.535	B1	60	13-01-1993
			B2	135	01-01-1993
			B-2(N)	200	12/01/1990
			B3	100	01-01-1993
			B4	40	15/02/1993
D_PZ_CHU	SHAC-02	1.208	CHU-10B	90	12/01/1990
			CHU-10BN	200	12/01/1990
			CHU-17B	220	12/01/1990
			CHU-18B	220	12/01/1990
			CHU-1B	233	12/01/1990
			CHU-25B	150	13/01/1994

NOMBRE EN WEAP	SHAC WEAP	SUMA DE DERECHOS [m3/s]	Nombre Pozo en DGA	Q Derecho (l/s)	Fecha Ejercicio
			CHU-2B	58	12/01/1990
			CHU-5B	7	12/01/1990
			CHU-6B	30	12/01/1990
D_PZ_ADLS	SHAC-04	0.319	AGUAS DE LA SIERRA LIMITADA	30	12/05/2008
			AGUAS DE LA SIERRA LIMITADA	40	12/05/2008
			AGUAS DE LA SIERRA LIMITADA	35	12/05/2008
			AGUAS DE LA SIERRA LIMITADA	50	12/05/2008
			AGUAS DE LA SIERRA LIMITADA	20	12/05/2008
			AGUAS DE LA SIERRA LIMITADA	20	12/05/2008
			AGUAS DE LA SIERRA LIMITADA	50	12/05/2008
			AGUAS DE LA SIERRA LIMITADA	40	12/05/2008
			AGUAS DE LA SIERRA LIMITADA	34	12/05/2008
D_PZ_PATY	SHAC-04	0.031	Paty Nº1	31	01-08-1996
D_PZ_AM	SHAC-05	0.0165	ANTOFAGASTA MINERALS S.A.	16.5	09/01/2008
D_PZ_CRT2	SHAC-05	0.002	CODELCO CHILE DIVISIÓN RADOMIRO TOMIC	2	18/04/2008
D_PZ_CCML	SHAC-05	0.529	COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	0.7	11/07/1995
			COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	47	11/07/1995
			COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	50	11/07/1995
			COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	0.5	11/07/1995
			COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	45	13/02/1998
			COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	65.8	26/01/2001
			COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	46.8	05/02/2004
			COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	73.2	05/02/2004
			COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	65	05/02/2004
			COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	70	05/02/2004
			COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	65	05/02/2004
D_PZ_CNCC	SHAC-05	0.03	CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE, DIVISIÓN CODELCO NORTE	30	19/06/2003

Folio005866

NOMBRE EN WEAP	SHAC WEAP	SUMA DE DERECHOS [m3/s]	Nombre Pozo en DGA	Q Derecho (l/s)	Fecha Ejercicio
D_PZ_IAL	SHAC-05	0.03	INVERSIONES ARLEQUÍN LIMITADA	30	09/05/2008
D_PZ_BE	SHAC-06	0.007	BAIX EBRE S.A.	7	14/07/2000
D_PZ_SQMN	SHAC-06	0.005	S.Q.M. NITRATOS S.A.	5	08/10/2003
D_PZ_SQM	SHAC-06	0.02018	SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A. SQM S.A.	8	15/09/1992
			SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A. SQM S.A.	2.68	15/09/1992
			SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A. SQM S.A.	9.5	08/09/2003
D_PZ_SCSA	SHAC-06	0.016	SOQUIMICH COMERCIAL S.A.	16	14/07/2000
D_PZ_MSSC	SHAC-07	0.0062	MINERA SILVER STANDARD CHILE SOCIEDAD ANÓNIMA.	6.2	18/05/2012
D_PZ_SQM3	SHAC-07	0.2447	SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	35	24/06/1999
			SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A. SQM S.A.	4.7	23/06/1999
			SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A. SQM S.A.	19	24/06/1999
			SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A. SQM S.A.	65	24/06/1999
			SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A. SQM S.A.	30	24/06/1999
			SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A. SQM S.A.	60	24/06/1999
			SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A. SQM S.A.	31	24/06/1999

4.3.3.2.6 Descarga de agua potable

En la cuenca existe también una descarga puntual que proviene desde la planta de tratamiento de aguas servidas de Calama. Esta agua, una vez tratada, es devuelta al río San Salvador antes de la junta con el río Loa. En la Figura 4.59 se presenta el valor de la descarga implementado en el modelo, que fue obtenido desde el informe de Knight Piésold (2014b).

Dado que el agua para consumo humano es extraída en una zona alejada de la ciudad y no existe más información sobre el funcionamiento de la planta, esta fue representada como un nodo independiente de aquellos que extraen agua para el suministro de agua potable. Para el periodo futuro, se repitieron los datos del año 2014 dado que de esa forma se mantiene la estacionalidad de la descarga.

Folio005867

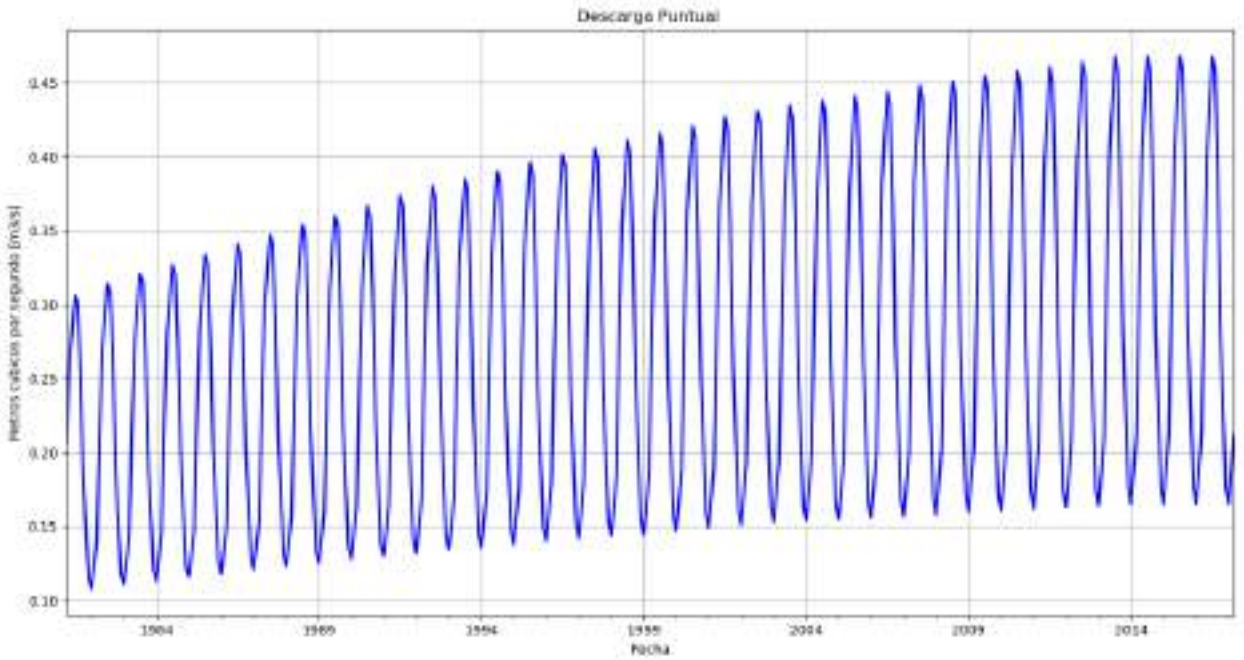


Figura 4.59 Caudal de descarga desde la Planta de Tratamiento de Aguas Servida de Calama

4.3.3.3 *Introducción a Reglas de Operación en WEAP*

Sólo como medida de información, conviene explicar cómo WEAP calcula tanto la satisfacción de la demanda como el supuesto de repartición de alícuotas.

1. **Satisfacción de la Demanda (SD) de riego**. La SD es lograda mediante la interacción de diversos elementos topológicos. Ejemplo: un sector de riego i tiene un caudal de demanda $Q_{dem,i}$, que debe ser suministrado por el río, a través de un canal. El caudal máximo que puede entrar a ese canal en la bocatoma corresponde al derecho de agua $Q_{der,i}$, el cual constituye el límite superior de captación y conducción. Así entonces se configura ese canal para que pueda captar y transportar como máximo el $Q_{der,i}$. Tanto $Q_{der,i}$ como $Q_{dem,i}$ pueden variar mensualmente, y evidentemente que la oferta hídrica también varía mes a mes. Si en un mes cualquiera, $Q_{der,i}$ es mayor que $Q_{dem,i}$, y el río trae suficiente agua, la SD será del 100%, y el agua que sobre pasará a ser derrame (este derrame se sumará a aquel que origine el mismo sector de riego producto de la ineficiencia de aplicación intrapredial y a la pérdida por conducción). Si $Q_{der,i}$ es menor que $Q_{dem,i}$, entonces la SD será menor al 100% aún cuando el río traiga suficiente agua. Debe recordarse también, que cada canal está afectado a una pérdida por conducción.

2. **Repartición alícuota de las aguas**. El modelo siempre buscará satisfacer todas las demandas en un 100%, sin asignar prioridades (a menos que el modelador así lo estableciera). Si el caudal del río en el punto (Q_{rio}) a lo largo del sistema es capaz de

Folio005868

satisfacer todas las demandas (incluyendo caudales ecológicos) a pesar de todas las pérdidas e ineficiencias, entonces todas las SD serán del 100%. Si por el contrario, Q_{rio} no alcanzara, entonces el modelo repartirá alícuotamente y optimizará la SD proporcionalmente. La satisfacción de los DAA eventuales, se activan únicamente si los DAA Permanentes están satisfechos totalmente.

A continuación, se presentan las ecuaciones que rigen las reglas de captación de los canales (Ec. 11), la regla de entrega al riego (Ec. 12) y las ecuaciones de derrames de riego (Ec. 13 y 14).

$$Q_{capt,i} = \left\{ \begin{array}{lll} \left\{ \begin{array}{lll} Q_{der,i} & si & Q_{rio} \geq \sum_i Q_{der,i} \\ Q_{rio,i} \cdot \frac{Q_{der,i}}{\sum_i Q_{der,i}} & si & Q_{rio} < \sum_i Q_{der,i} \end{array} \right\} & si & Q_{dem,i} > 0 \\ 0 & si & Q_{dem,i} = 0 \end{array} \right\} \quad \textbf{Ec. 6}$$

$$Q_{riego,i} = \left\{ \begin{array}{lll} Q_{dem,i} & si & Q_{capt,i} - Q_{inf,i} \geq Q_{dem,i} \\ Q_{capt,i} - Q_{inf,i} & si & Q_{capt,i} - Q_{inf,i} < Q_{dem,i} \end{array} \right\} \quad \textbf{Ec. 7}$$

$$Q_{derr1,i} = \left\{ \begin{array}{lll} Q_{riego,i} - Q_{dem,i} & si & Q_{riego,i} \geq Q_{dem,i} \\ 0 & si & Q_{riego,i} < Q_{dem,i} \end{array} \right\} \quad \textbf{Ec. 8}$$

$$Q_{derr2,i} = Q_{riego,i} \cdot (1 - Ef_{ap,i}) \quad \textbf{Ec. 9}$$

Donde, $Q_{capt,i}$ es el caudal captado por la bocatoma del canal i; $Q_{der,i}$ es el caudal de derechos de agua (permanente y continuo) del canal i; Q_{rio} es el caudal que lleva el río; $Q_{riego,i}$ es el caudal entregado al riego i desde el canal i; $Q_{inf,i}$ es la pérdida por infiltración desde el canal i hacia el acuífero; $Q_{derr1,i}$ es el derrame tipo 1 desde el sector de riego i, el cual se activa cuando el Q_{riegoi}

Folio005869

supera al $Q_{dem,i}$, es decir, "sobra agua" en ese sector; $Q_{derr2,i}$ es el derrame tipo 2, el cual corresponde al agua que se pierde por ineficiencia de aplicación intrapredial del sector i ($1 - Ef_{ap}$), y existe siempre que la $Ef_{ap,i}$ sea menor al 100%. Todos los caudales están en m^3/s.

De acuerdo con lo anterior, el caudal de recarga de riego desde el sector i ($Q_{rec-riego,i}$) queda dado por la Ec. 15.

$$Q_{rec-riego,i} = (1 - Ev) \cdot (Q_{derr1,i} + Q_{derr2,i}) + Q_{inf,i} \qquad \textbf{Ec. 10}$$

Donde Ev es la pérdida por evaporación (valor entre 0 y 1).

La Satisfacción de la Demanda del sector i en un mes cualquiera (SD_i), la cual se calcula según la Ec. 16.

$$SD_i = 100 \cdot \frac{Q_{riego,i}}{Q_{dem,i}} \qquad \textbf{Ec. 11}$$

Otros supuestos que permiten el funcionamiento del modelo son:

1. El 100% de los derrames del riego pasan a ser recarga del acuífero.
2. El 100% de las pérdidas por conducción de los canales pasan a ser recarga de acuífero.

4.3.4 Resultados del Modelo Operacional

A continuación, se entregan los indicadores de calibración para cada flujo de caudal y los resultados más relevantes para los elementos topológicos considerados.

Cabe destacar que de acuerdo a Moriasi et al (2007), existe una clasificación de modelos de acuerdo a distintos criterios de eficiencia, como se muestran en la siguiente figura.

Table 4. General performance ratings for recommended statistics for a monthly time step.

Performance Rating	RSR	NSE	PBIAS (%)		
			Streamflow	Sediment	N, P
Very good	0.00 ≤ RSR ≤ 0.50	0.75 < NSE ≤ 1.00	PBIAS < ±10	PBIAS < ±15	PBIAS< ±25
Good	0.50 < RSR ≤ 0.60	0.65 < NSE ≤ 0.75	±10 ≤ PBIAS < ±15	±15 ≤ PBIAS < ±30	±25 ≤ PBIAS < ±40
Satisfactory	0.60 < RSR ≤ 0.70	0.50 < NSE ≤ 0.65	±15 ≤ PBIAS < ±25	±30 ≤ PBIAS < ±55	±40 ≤ PBIAS < ±70
Unsatisfactory	RSR > 0.70	NSE ≤ 0.50	PBIAS ≥ ±25	PBIAS ≥ ±55	PBIAS ≥ ±70

Figura 4.60. Clasificación de los ajustes de modelos según indicadores como NSE y PBIAS. Fuente: Moriasi et al (2007).

Folio005870

En este caso se han calculado, al igual que en las forzantes naturales y su diagnóstico, los indicadores KGE y coeficiente de correlación (R^2). Es importante destacar que no existe un único criterio para evaluar la modelación, por lo que si bien ahora se presenta un resumen de los indicadores calculados en las estaciones fluviométricas seleccionadas, éstos deben ser complementados con los gráficos que se adjuntan más adelante.

4.3.4.1 *Caudales Simulados en estaciones de control*

La Tabla 4.34 resume los indicadores de eficiencia obtenidos del proceso de calibración, ya explicados en apartados anteriores (ver el acápite de las forzantes naturales).

Tabla 4.34 Indicadores de Calidad de Calibración para el periodo histórico (1981 -2017) en las estaciones DGA consideradas.

Estación	KGE	NSE	R^2	PBIAS
Rio Loa antes agrícola Quillagua	-0.578	-4.492	0.065	9.681
Rio Loa Antes Embalse Conchi	0.527	0.407	0.424	8.216
Rio Loa Antes Represa Lequena	0.647	0.268	0.429	6.386
Rio Loa en Desembocadura	-0.333	-2.440	0.268	49.182
Rio Loa en Escorial	0.746	0.650	0.666	-10.818
Rio Loa en Finca	0.632	0.305	0.556	-13.516
Rio Loa en Yalquincha	0.373	-0.710	0.472	-17.864
Rio Loa Salida Embalse Conchi	0.460	0.332	0.346	-8.392
Rio Loa San Salvador M. Elena	-1.137	-7.345	0.086	-8.819
Rio Salado en A.J Loa	0.574	0.075	0.491	29.043
Rio Salado en Sifon Ayquina	0.727	0.688	0.690	2.172

Como se puede apreciar, la calidad de los ajustes es variada a lo largo del modelo. Desde la zona alta, para las estaciones de río Loa antes represa en Lequena y río Loa antes embalse Conchi, los ajustes alcanzados son buenos, con una sobrestimación menor al 8% (PBIAS). Estas estaciones constituyen la oferta hídrica de la mayor parte del sistema. De ahí la importancia de que en dichas estaciones se esté representando el flujo pasante. La mezcla entre el KGE y NSE sugieren que existe una representación satisfactoria entre la media y la variabilidad del sistema.

Como se puede apreciar en la Figura 4.61, para la estación río Loa en Lequena, la señal de caudal es correctamente representada en el tiempo, y salvo específicamente entre el año 2002-2003, los caudales anuales se encuentran correctamente representados. Del mismo modo el régimen hidrológico es respetado, que puede ser entendido como un régimen nivo-pluvial, es simulado

Folio005871

con sobrestimaciones entre los meses de junio y julio; mientras que se subestima entre noviembre y diciembre. En general la curva de duración (CD) comunica una buena estimación del caudal 50% (Q50%), con sobrestimaciones para caudales entre el segmento 20 a 50% y subestimaciones asociados a los caudales mayores al 75%, que representan el flujo base del sistema, sobre las cuales operan las extracciones asociadas a caudales permanentes. Por tanto la simulación lograda se considera conservadora.

Del mismo modo, la Figura 4.62, muestra la simulación de la oferta hídrica justo antes del embalse Conchi. Como se puede ver, las simulaciones logran reproducir tanto la variabilidad de la señal mensual e interanual, salvo en el período 2013-2016, en donde los valores simulados se presentan más sobrestimados. Particularmente el año 2017 resulta muy distinto, y se cree que esto se debe a posibles errores de registro en la estación, debido a fenómenos de crecidas acaecidos en los últimos años. La CD se considera adecuadamente simulada, siendo más complejo simular la magnitud de la estacionalidad promedio(sobrestimada de mayo a enero), más no el régimen hídrico.

Folio005872

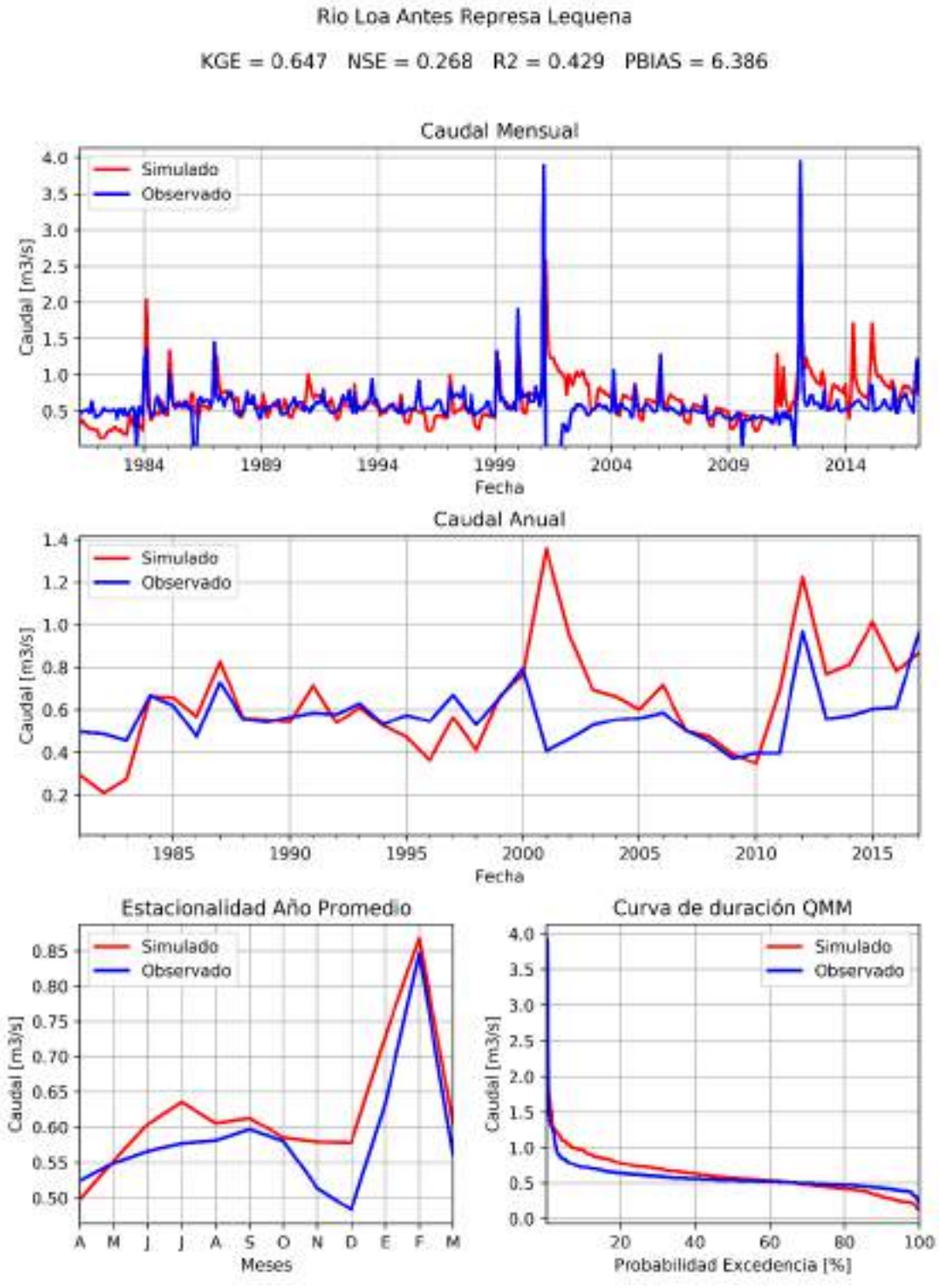


Figura 4.61 Resultados Calibración Estación Río Loa Antes Represa Lequena (Elaboración propia, 2020)

Folio005873

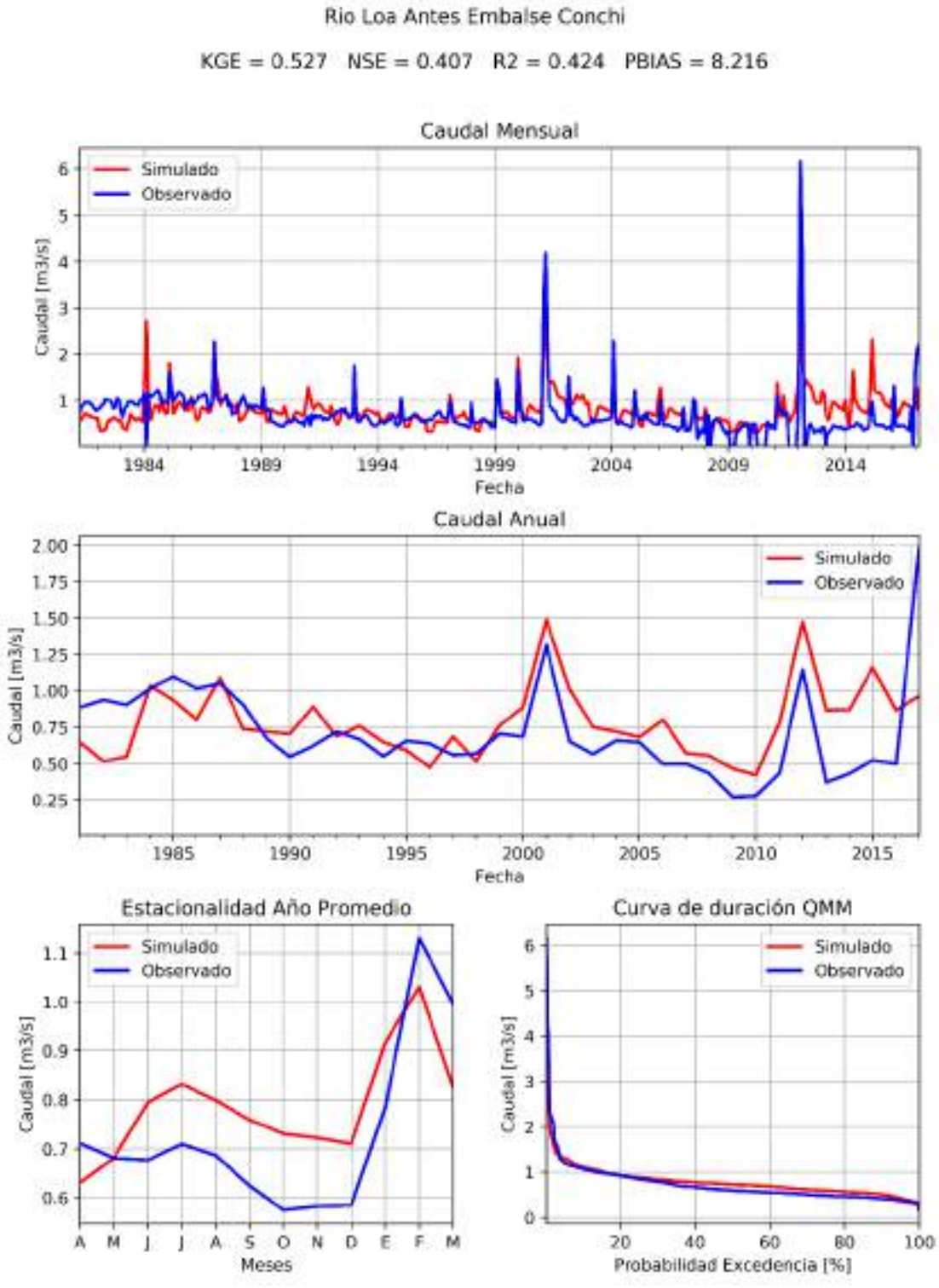


Figura 4.62 Resultados Calibración Estación Río Loa Antes Embalse Conchi (Elaboración propia, 2020)

Folio005874

Adicionalmente, y al no tener una claridad absoluta de la regla de operación del embalse, la estación aguas abajo del embalse Conchi tiene indicadores satisfactorios, siendo difícil poder mejorar el rendimiento de la estación con la información operacional disponible y con los parámetros que WEAP posee para la calibración de los flujos de entrega.

Las estaciones río Loa en Escorial y Loa en la Finca también presentan indicadores buenos, con subestimaciones entre un 10 a 13%, valores esperables dada la operatoria del sistema, al igual que en la estación río Salado antes de la Junta con el Loa, estación que logró un mejor ajuste sobre la estación del río San Salvador, debido al alto grado de intervención sobre este cauce y las extracciones que hacen que en un momento sea difícil encontrar un caudal pasante sobre dicho curso.

Por ejemplo, la Figura 4.63, muestra el ajuste obtenido para Loa en Escorial. Si bien la estación no goza de un amplio registro fluviométrico, hay al menos 10 años para poder comparar el grado de ajuste. Se puede apreciar como los caudales medios anuales están correctamente representados, mientras que el régimen hidrológico es correctamente simulado (prácticamente nival, con una componente pluvial “truncada”). La CD está correctamente estimada, con una subestimación entre las probabilidades de excedencia entre el 50 y 90%, lo que para los propósitos del estudio es considerado conservador.

Las peores estaciones ajustadas fueron Río Loa antes de la agrícola Quillagua y río Loa en desembocadura, sin embargo, se discutirá la calidad también de la simulación, en función también del grado de respuesta lógico y físico que se ha representado. Es factible también que la calidad de la información observada en aquellos puntos donde el grado de intervención es alta, sea también limitada e interpretable también de acuerdo a la calidad de la información disponible.

En este sentido, y como se puede ver en la Figura 4.64, la estación Loa en desembocadura es capaza de reproducir un flujo base con una estacionalidad pluvio-nival mayor a la observada. Esto se produce porque el modelo es más sensible a la respuesta de la precipitación en la parte alta, donde también existen estas sobrestimaciones. Sin embargo, el modelo si está reproduciendo crecidas que son asociadas a eventos extremos en el mes y que probablemente tampoco se pudieron registrar de buena manera en la estadística. Particularmente los años 2002 y 2012 se tuvieron importantes fenómenos en altura.

Cabe destacar que la precipitación considerada desde la desembocadura hasta Calama es prácticamente nula, como lo señala el Balance Hídrico y es también comentado por el informe de KP (2014a). Por tanto, basados en la adecuada representación de lo que pasa en la parte alta, el grado de ajuste puede tener sus causas debido a la representación también de la información observada. La mayor discrepancia entre la serie simulada se refiere en efecto al comportamiento de eventos extremos no así al flujo base.

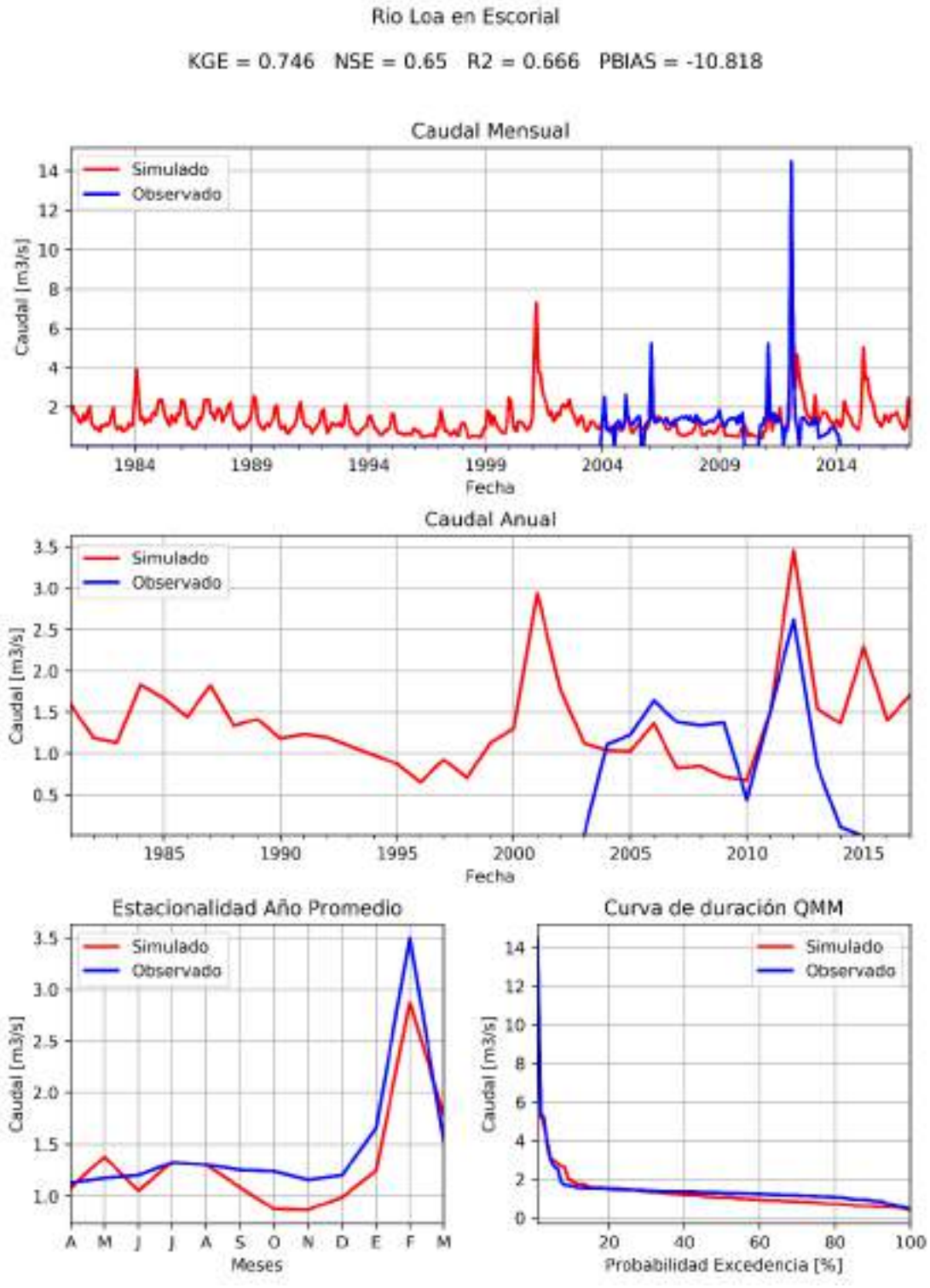


Figura 4.63 Resultados Calibración Estación Río Loa en Escorial (Elaboración propia, 2020)

Folio005876

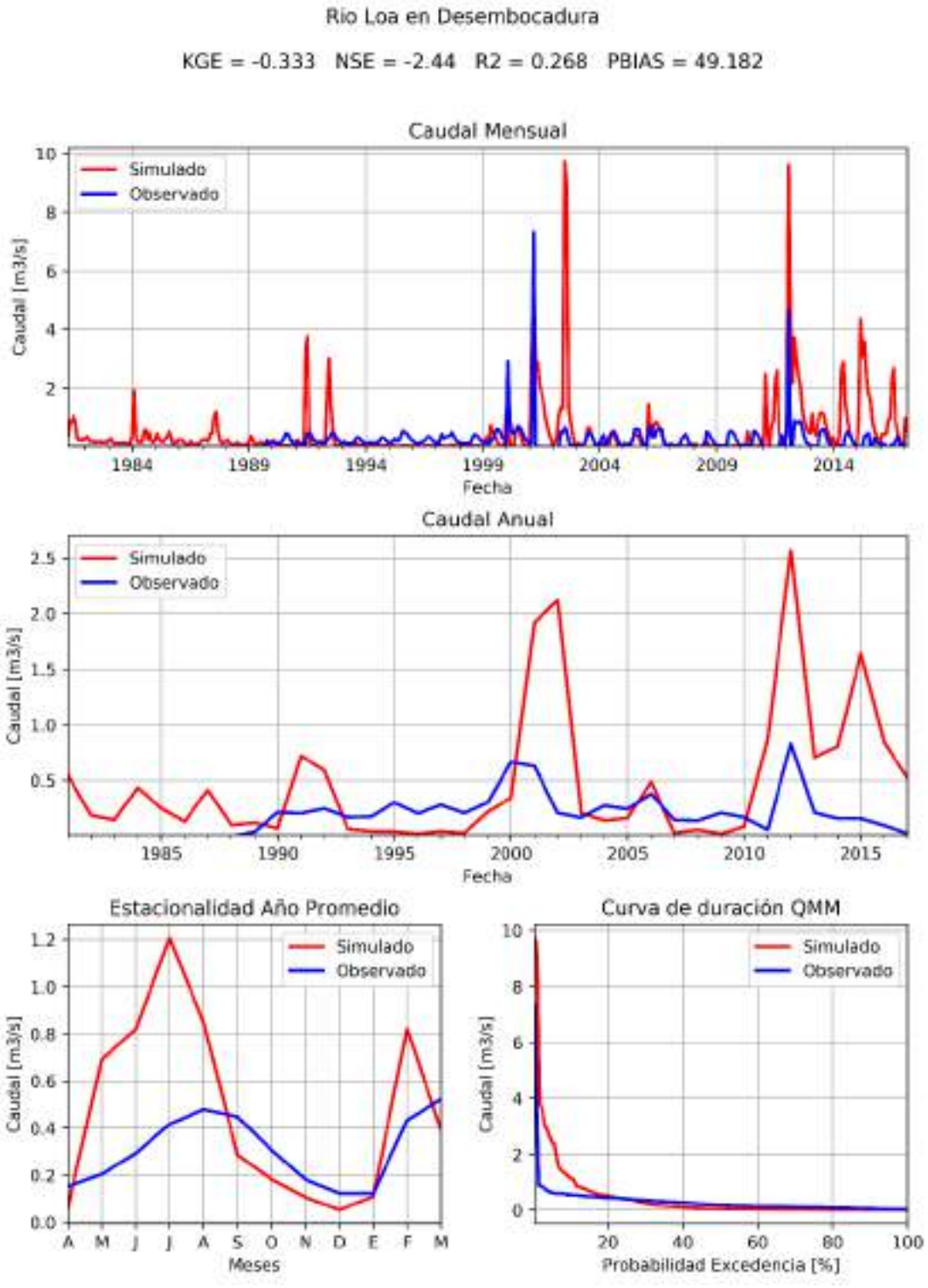


Figura 4.64 Resultados Calibración Estación Río Loa en Desembocadura (Elaboración propia, 2020)

Folio005877

Los resultados de otras estaciones pueden observarse en Anexos Digitales (OE 2 Modelo Eco-Hidrológico Integrado/Modelo Hidrológico WEAP/Datos de entrada y Resultados/Anexo 2-8), parte de este informe.

4.3.4.2 *Caudales Simulados en puntos de control ambiental*

Adicionalmente, la siguiente tabla resume los caudales estacionales del año promedio obtenidos para los puntos de control de caudal ambiental, en donde, por sobre todo, es posible concluir que la estacionalidad del flujo es la correcta para todos los puntos obtenidos, y se debe tener en cuenta que la mayor fortaleza de las simulaciones está justamente en la estacionalidad y en el flujo base que viene de las calibraciones, pero que claramente existen operaciones en el sistema que harán que algunos puntos comprometan su disponibilidad hídrica, como por ejemplo, "NA río San Pedro", ubicado aguas debajo de una importante extracción que prácticamente seca el río. Gracias a las campañas a terreno efectuadas por el equipo, esto pudo cotejarse.

Tabla 4.35 Estacionalidad Año Promedio Puntos Caudal Ambiental para el periodo histórico (1981 - 2017) en el esquema de calibración del modelo operacional.

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
NA AYQUINA	0.58	0.60	0.45	0.37	0.35	0.38	0.38	0.40	0.38	0.49	1.01	0.75
NA CALAMA ALTO	1.22	1.37	1.25	1.20	1.20	1.08	1.01	1.04	1.12	1.51	2.27	1.79
NA CALAMA BAJO	0.39	0.59	0.55	0.61	0.57	0.36	0.26	0.19	0.19	0.27	0.84	0.66
NA CALAMA MEDIO	1.24	1.39	1.26	1.21	1.22	1.09	1.03	1.06	1.15	1.54	2.31	1.83
NA CALINA	0.63	0.70	0.79	0.82	0.79	0.75	0.73	0.72	0.72	0.92	1.05	0.81
NA CHIU CHIU	0.25	0.39	0.41	0.45	0.46	0.41	0.38	0.42	0.57	0.82	0.80	0.58
NA CONFLUENCIA QUEBRADA AMARGA	0.32	0.60	0.72	0.98	0.81	0.28	0.17	0.09	0.06	0.15	0.74	0.54
NA COYA	0.46	0.65	0.64	0.67	0.64	0.42	0.32	0.25	0.22	0.32	0.91	0.69
NA LASANA	0.42	0.51	0.58	0.63	0.65	0.60	0.57	0.62	0.85	1.13	1.13	0.80
NA PALPANA	0.52	0.57	0.62	0.65	0.62	0.62	0.60	0.59	0.58	0.73	0.86	0.66
NA QUILLAGUA	0.31	0.60	0.71	0.97	0.80	0.27	0.16	0.09	0.05	0.15	0.74	0.53
NA RIO SALADO	0.82	0.86	0.67	0.54	0.51	0.53	0.51	0.54	0.52	0.69	1.42	1.09
NA RIO SAN PEDRO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N AYQUINA	0.58	0.60	0.45	0.37	0.35	0.38	0.38	0.40	0.38	0.49	1.01	0.75
N CALAMAS	1.08	1.20	1.05	0.99	0.96	0.91	0.89	0.91	1.04	1.44	2.15	1.68
N CALINA	0.57	0.65	0.74	0.78	0.74	0.71	0.69	0.68	0.66	0.86	1.00	0.75
N CHIU CHIU	0.31	0.41	0.45	0.52	0.52	0.45	0.47	0.49	0.68	0.93	0.91	0.67

Folio005878

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
N COYA1	0.19	0.18	0.18	0.17	0.18	0.18	0.18	0.17	0.16	0.16	0.17	0.17
N COYA2	0.50	0.70	0.70	0.74	0.70	0.48	0.37	0.31	0.30	0.39	0.98	0.75
N LASANA	0.59	0.67	0.71	0.78	0.76	0.70	0.74	0.78	1.04	1.31	1.32	0.97
N PALPANA	0.10	0.08	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11	0.10	0.10
N QUILLAGUA	0.48	0.76	0.87	1.13	0.96	0.43	0.32	0.24	0.22	0.32	0.91	0.70

Por último, se debe recordar que el sistema hidrológico posee una influencia preponderante respecto del sistema subterráneo. Esto es importante porque el balance hídrico de la cuenca y los procesos que ocurren dentro de ella, son representativos de sistemas áridos, por lo que la evaporación, evapotranspiración y los procesos de infiltración y afloramientos tienden a ser dominantes y a modular la respuesta estacional, dando un flujo base más estable.

En este caso, el modelo implementado en WEAP es una plataforma en donde los flujos subterráneos son estimados en base al modelo hidrogeológico de KP (2014a, 2014b), el cual también alimenta el modelo operacional que se construyó. A través del análisis de sus resultados, estos flujos son ligados en WEAP a parámetros operacionales o a forzantes naturales, cuando es estrictamente necesario.

La situación de modelación “ideal” sería que existiese una interacción constante entre el modelo subterráneo y el modelo superficial, aspecto que sobrepasa los alcances del presente trabajo.

4.3.4.3 *Embalse Conchi*

Parte de la calibración ha sido mantener en vista elementos topológicos de control de flujo. La obra de regulación más importante en la cuenca corresponde al embalse Conchi. Si bien no se tiene la regla de operación de la obra, se utilizaron los parámetros internos de WEAP, en particular un factor de “Buffer” para todo el volumen útil, que trata de representar factores de entrega según el nivel del embalse.

Cabe destacar que fue necesario incluso definir períodos temporales de entrega debido a la disparidad de los caudales en la salida. La Figura 4.65 muestra el ajuste entre el volumen simulado y el observado disponible a la fecha desde los reportes de embalse de la DGA.

Folio005879

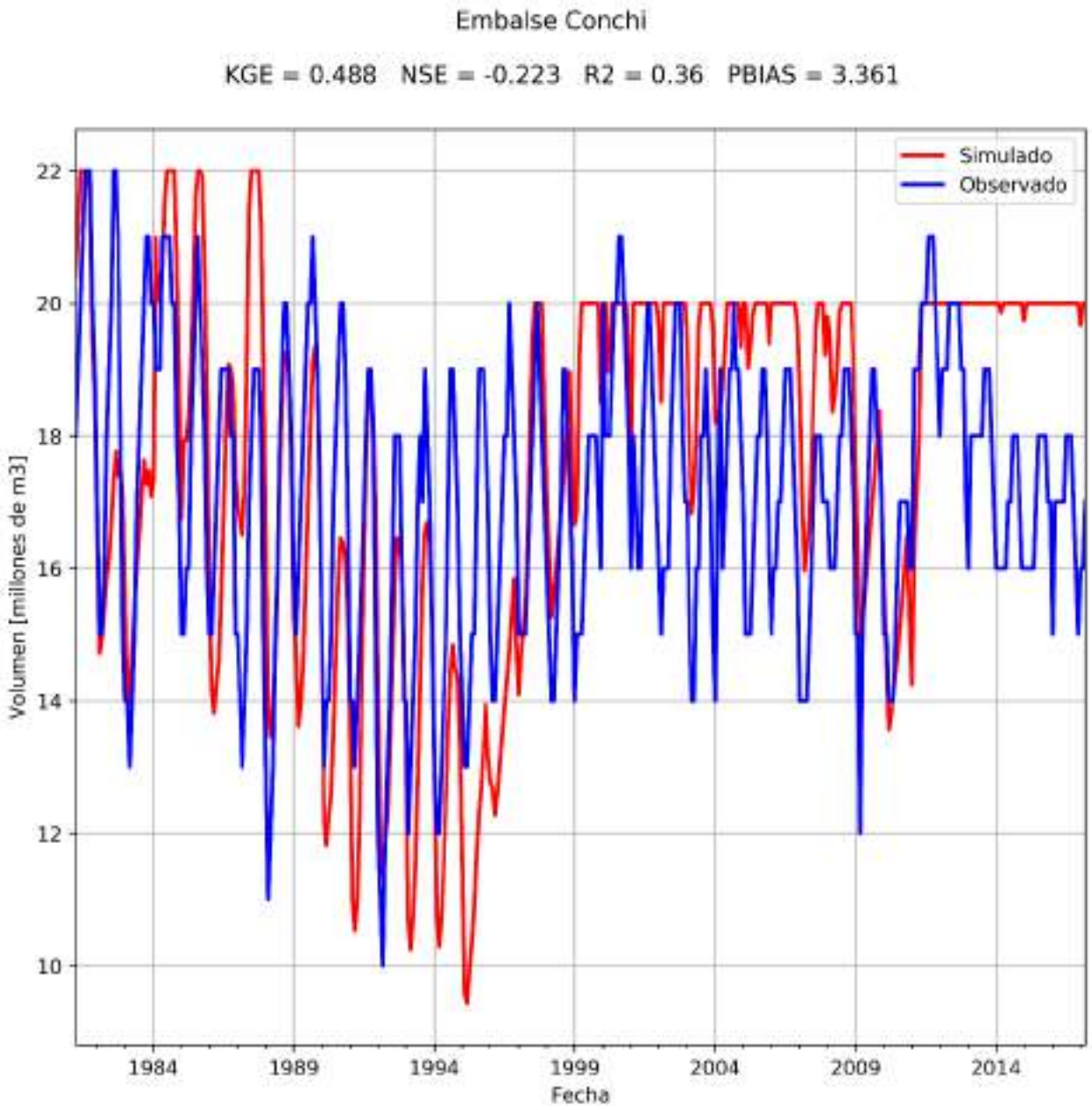


Figura 4.65 Resultados Calibración Embalse Periodo Histórico 1981 -2017.

Dado que el embalse funciona con los caudales simulados en la parte, logra reproducir la tendencia a la baja desde el año 1988 y la posterior recuperación hacia el año 1998. Posterior a esa fecha el volumen simulado tiende a recuperarse al 100% en la variabilidad interanual y no descender de los 16 Mm3, mientras que los volúmenes observados llegan a los 14 Mm3. La caída de almacenamiento desde el 2008 al 2010 y su recuperación al 2013 es correctamente representada, pero pasada esa fecha el embalse no ha sido presionado para liberar los volúmenes que se observan entre los años 2014 a 2017.

Folio005880

4.3.4.4 *Acuíferos*

Otro aspecto sensible a evaluar es el comportamiento de los acuíferos. Se debe recordar que estas aproximaciones topológicas deben ser interpretadas como "cajas de balance", en donde se han rescatado los flujos más relevantes que provienen de la modelación numérica de KP (2014a y 21014b). Las recargas, flujos entre acuíferos e infiltraciones han sido aproximadas teniendo en consideración el balance ya reproducido por dicho estudio.

La Tabla 4.36 presenta el balance hídrico del acuífero en su totalidad, sumando en efecto todos sus balances.

Tabla 4.36 Resumen del Balance de todos los acuíferos considerados bajo el esquema de calibración el periodo histórico (1981 -2017). El signo ** significa que no se consideran las entradas ni salidas subterráneas.

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Entradas												
Entrada subterránea	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
Recarga PP	3.63	3.59	3.60	3.60	3.60	3.60	3.58	3.59	3.75	4.33	4.33	3.88
Recarga ríos	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.18	0.17
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.21	0.22	0.19	0.14	0.10	0.07	0.10	0.14	0.24	0.57	1.23	1.28
Salidas												
Salida subterránea	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34
Pozos	-1.95	-1.77	-1.73	-1.72	-1.75	-1.81	-1.86	-1.99	-1.96	-2.02	-2.12	-2.05
Afloramientos WEAP	-0.77	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.76	-0.76	-0.76	-0.75	-0.77	-0.78	-0.77
Overflow	-1.94	-1.93	-1.94	-1.95	-1.93	-1.90	-1.88	-1.88	-1.98	-2.34	-2.33	-2.13
Totales												
Total Entradas**	4.02	4.00	3.97	3.93	3.88	3.85	3.87	3.90	4.17	5.07	5.74	5.33
Total Salidas**	-4.66	-4.46	-4.42	-4.42	-4.43	-4.47	-4.49	-4.62	-4.69	-5.13	-5.24	-4.94
Balance	-0.64	-0.46	-0.44	-0.50	-0.55	-0.62	-0.63	-0.72	-0.52	-0.06	0.50	0.39

Lo más relevante en este sentido es que de acuerdo a lo simulado, el balance es negativo, por lo que hay un vaciamiento del volumen del acuífero de la cuenca del orden de 0.328 m^3/s anuales.

A continuación, se ahonda en el balance de cada sector modelado.

La Tabla 4.37 presenta el balance hídrico del sector AC-01. En este caso es factible constatar que el acuífero se encuentra prácticamente en equilibrio (balance casi nulo, con muy poca señal de

Folio005881

aumento en los meses de Abril-Junio, probablemente están dentro del margen de error de la simulación).

Tabla 4.37 Balance Acuífero AC-01 para el periodo histórico (1981 -2017) bajo el esquema de calibración

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Entradas												
Recarga PP	0.83	0.80	0.81	0.81	0.80	0.80	0.79	0.80	0.89	1.22	1.20	0.97
Recarga ríos	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salidas												
Salida subterránea	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10
Pozos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Afloramientos WEAP	-0.09	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.09	-0.10	-0.10	-0.09
Overflow	-0.62	-0.61	-0.61	-0.61	-0.61	-0.62	-0.62	-0.62	-0.71	-1.02	-1.00	-0.78
Totales												
Total Entradas	0.83	0.81	0.81	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.90	1.22	1.20	0.97
Total Salidas	-0.81	-0.79	-0.80	-0.80	-0.79	-0.81	-0.80	-0.80	-0.90	-1.22	-1.20	-0.97
Balance	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

La Tabla 4.38, presenta el balance del sector AC-02, donde es posible comentar que existe un balance negativo entre los meses de abril a diciembre, lo que cambia entre enero y marzo, pues ahí se concentra el grueso de la recarga. De todas maneras, el promedio anual del balance indica una condición de equilibrio (0.031 m3/s promedio anual).

Folio005882

Tabla 4.38 Balance Acuífero AC-02 para el periodo histórico (1981 -2017) bajo el esquema de calibración

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Entrada												
Entrada subterránea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga PP	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.73	0.74	0.80	1.06	1.08	0.86
Recarga ríos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.32	0.34	0.30	0.25	0.21	0.17	0.19	0.19	0.30	0.63	1.29	1.35
Salidas												
Salida subterránea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pozos	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	-1.27	-1.28	-1.28
Afloramientos WEAP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Overflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales												
Total Entradas	1.07	1.08	1.04	0.99	0.95	0.91	0.92	0.93	1.10	1.69	2.37	2.21
Total Salidas	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	-1.28	-1.28	-1.28
Balance	-0.16	-0.15	-0.19	-0.24	-0.28	-0.32	-0.31	-0.30	-0.13	0.41	1.10	0.94

La Tabla 4.39 muestra el balance del sector AC-03, el cual se muestra en perfecto equilibrio.

Tabla 4.39 Balance Acuífero AC-03 para el periodo histórico (1981 -2017) bajo el esquema de calibración.

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Entrada												
Entrada subterránea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga PP	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95
Recarga ríos	0.16	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	-0.11	-0.12	-0.12	-0.12	-0.11	-0.10	-0.09	-0.06	-0.06	-0.07	-0.07	-0.07
Salidas												
Salida subterránea	-0.44	-0.44	-0.44	-0.44	-0.44	-0.44	-0.44	-0.44	-0.44	-0.44	-0.44	-0.44
Pozos	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01	-0.03	-0.07	-0.11	-0.14	-0.12	-0.07	-0.06	-0.03
Afloramientos WEAP	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21

Folio005883

Overflow	-1.32	-1.33	-1.33	-1.33	-1.32	-1.28	-1.26	-1.26	-1.27	-1.32	-1.33	-1.35
Totales												
Total Entradas	1.99	1.99	1.99	1.99	2.00	2.00	2.02	2.05	2.04	2.03	2.03	2.02
Total Salidas	-1.99	-1.99	-1.99	-1.99	-2.00	-2.00	-2.02	-2.05	-2.04	-2.03	-2.03	-2.02
Balance	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

La Tabla 4.40 presenta el balance para el sector AC-04, en donde se aprecia un balance negativo a una tasa de 0.09 m3/s a nivel anual, pero a diferencia de los otros sectores este desbalance es constante para todos los meses exceptuando el mes de Abril.

Tabla 4.40 Balance Acuífero AC-04 para el periodo histórico (1981 -2017) bajo el esquema de calibración

	Flujo (m^3/s)											
	A	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**
Entrada												
Entrada subterránea	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Recarga PP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga ríos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salidas												
Salida subterránea	-0.39	-0.39	-0.39	-0.39	-0.39	-0.39	-0.39	-0.39	-0.39	-0.39	-0.39	-0.39
Pozos	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10
Afloramientos WEAP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Overflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales												
Total Entradas	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Total Salidas	-0.48	-0.49	-0.49	-0.49	-0.49	-0.49	-0.49	-0.49	-0.49	-0.49	-0.49	-0.49
Balance	-0.08	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09

La Tabla 4.41 presenta el balance para el acuífero AC-05, en donde es posible apreciar que al igual que el acuífero anterior, el balance es negativo durante todo el año, debido al uso intensivo que se le comienza a dar al acuífero.

Folio005884

Tabla 4.41 Balance Acuífero AC-05 para el periodo histórico (1981 -2017) bajo el esquema de calibración

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Entrada												
Entrada subterránea	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Recarga PP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga ríos	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salidas												
Salida subterránea	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21
Pozos	-0.47	-0.30	-0.25	-0.25	-0.25	-0.27	-0.28	-0.38	-0.37	-0.44	-0.55	-0.51
Afloramientos WEAP	-0.24	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.24	-0.24	-0.24
Overflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales												
Total Entradas**	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Total Salidas**	-0.92	-0.74	-0.68	-0.68	-0.69	-0.70	-0.72	-0.82	-0.80	-0.88	-1.00	-0.95
Balance	-0.38	-0.19	-0.14	-0.14	-0.14	-0.16	-0.17	-0.27	-0.25	-0.34	-0.45	-0.41

En el caso del acuífero AC-06, la siguiente tabla resume que la condición de balance es de equilibrio parcial, con una tasa de descenso menor de -0.01 m3/s.

Tabla 4.42 Balance Acuífero AC-06 para el periodo histórico (1981 -2017) bajo el esquema de calibración

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	A	J	A	S	A	N	A	E	A	M
Entradas												
Entrada subterránea	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Recarga PP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga ríos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salidas												
Salida subterránea	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10

Folio005885

Pozos	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
Afloramientos WEAP	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09
Overflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales												
Total Entradas	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Total Salidas	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21
Balance	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01

Para el acuífero AC-07, muestra un escenario muy similar al acuífero precedente por cuanto existe un vaciamiento a una tasa de 0.13 m3/s anual.

Tabla 4.43 Balance Acuífero AC-07 para el periodo histórico (1981 -2017) bajo el esquema de calibración

	Flujo (m^3/s)											
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Entradas												
Entrada subterránea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga PP	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Recarga ríos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salidas												
Salida subterránea	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
Pozos	-0.11	-0.11	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12
Afloramientos WEAP	-0.08	-0.07	-0.07	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.07	-0.07	-0.08	-0.07
Overflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales												
Total Entradas	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Total Salidas	-0.24	-0.23	-0.24	-0.24	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24
Balance	-0.13	-0.12	-0.13	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.13	-0.13	-0.14	-0.13

En el caso del acuífero AC-08, la siguiente tabla comunica primero una disminución sustancial de la recarga, el único flujo de entrada es el que proviene del acuífero precedente y en términos de balance este es prácticamente estable, con una leve tasa anual de aumento de 0.04 m^3/s.

Folio005886

Tabla 4.44 Balance Acuífero AC-08 para el periodo histórico (1981 -2017) bajo el esquema de calibración

	Flujo (m^3/s)											
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Entradas												
Entrada subterránea	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Recarga PP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga ríos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salidas												
Salida subterránea	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
Pozos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Afloramientos WEAP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Overflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales												
Total Entradas	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total Salidas	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06
Balance	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

Finalmente, la Tabla 4.45, presenta el balance de la última caja acuífera considerada. Como se aprecia se tiene un balance positivo, pues recibe todos los flujos de las cajas eventualmente, en una tasa de 0.05 m^3/s.

Folio005887

Tabla 4.45 Balance Acuífero AC-09 para el periodo histórico (1981 -2017) bajo el esquema de calibración

	Flujo (m^3/s)											
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Entradas												
Entrada subterránea	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Recarga PP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga ríos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salidas												
Salida subterránea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pozos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Afloramientos WEAP	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06
Overflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales												
Total Entradas	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Total Salidas	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06
Balance	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Folio005888

Con el propósito de mostrar la variación de los almacenamientos, se presenta la Figura 4.66 que resume la variación del volumen normalizado (Vol/Vol Total) para la parte alta y baja de la cuenca.

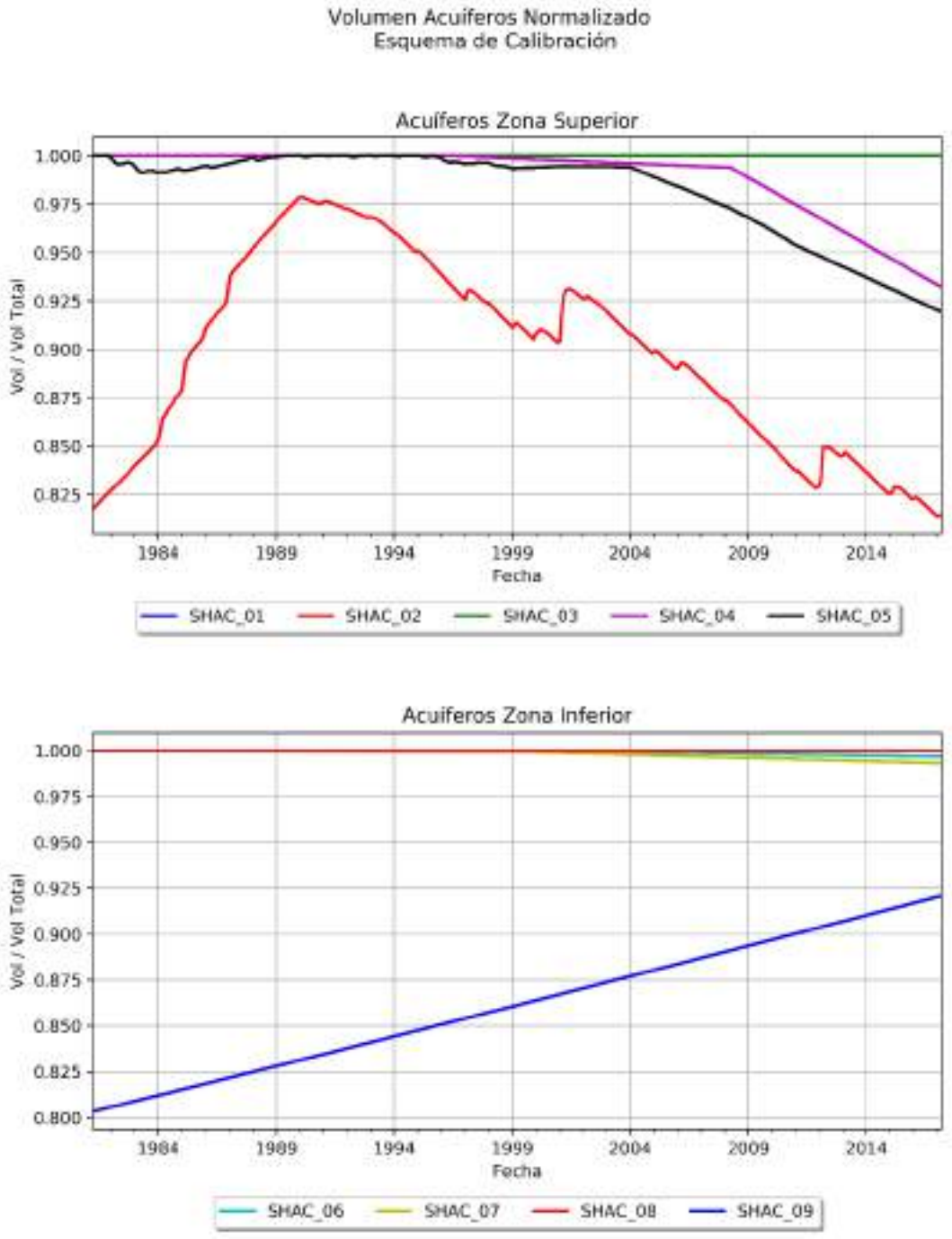


Figura 4.66. Variación del Volumen normalizado de los acuíferos en el proceso de calibración.

Como se puede apreciar, la variación del almacenamiento es dinámica según la hidrología, y en este sentido las señales de los almacenamientos están correlacionadas con la ocurrencia de las

Folio005889

extracciones en la cuenca. Notar que todos los gráficos empiezan entre 0.8 – 0.825, lo que representa del orden del 80% de la capacidad de almacenamiento, valor que fue también calibrado en la fase de ajuste.

Los acuíferos de la parte alta, salvo el SHAC-03, presentan una variación estable hasta el año 2004, para luego decaer hacia el 2017 debido al uso intensivo de la cuenca. La parte baja comunica almacenamientos más estables, pero las caídas son del orden del 2 a 3%, salvo para el SHAC-09, que corresponde a la desembocadura del Loa, que recibe todos los aportes de flujo.

El acuífero con mayor variación corresponde al SHAC-02, donde se ve un aumento del almacenamiento hasta el año 1991 (Podría por ejemplo empezar con una condición de llenado inicial más alta), para luego decaer linealmente hasta el año 2017, mezclada con recuperaciones puntuales, debido probablemente a eventos de crecida particulares. Esto último, debido a que las señales de recarga más relevantes o de mayor intensidad están separadas aproximadamente 10 años, entre el 2002 y 2012.

4.3.5 Escenarios de Cambio Climático para la cuenca

4.3.5.1 *Supuestos considerados en los escenarios*

Dada la calibración del sistema, se reemplazaron las series de tiempo de las variables meteorológicas: Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa y Viento que se encuentran debidamente “escaladas” para cada subcuenca definida en la modelación.

El período de reemplazo fue desde el año 1981 hasta el año 2060, y, por ende, se generaron las series de caudales para cada uno de los puntos, para el GCM CSIRO y MIROC.

Las otras series de tiempo fueron mantenidas como constantes, de acuerdo a lo que han informado en el último año de estadística.

Debido a que este es un estudio de escenarios con cambio climático, las comparaciones hacia el futuro sólo pueden hacerse a través de estadísticos de comparación, debido a que no hay una correlación temporal exacta. Es así que se han construidos las siguientes tablas y gráficos que resumen para cada estación DGA usada en la calibración los estadísticos de variación más relevantes hacia la ventana futura, como también los comportamientos del embalse Conchi y los acuíferos para analizar la tendencia a futuro.

En el caso particular de caudales se optó por comparar a la ventana 2017-2053, de manera de respetar el número de años de la calibración (36 años).

Folio005890

4.3.5.2 *GCM: CSIRO*

4.3.5.2.1 Caudal

La siguiente tabla compara los estadísticos más relevantes obtenidos en las estaciones fluviométricas para la ventana futura.

Como se puede apreciar en la tabla resumen, para el modelo CSIRO se obtiene una reducción sistemática del promedio de caudales en el futuro para todas las estaciones consideradas. En promedio esta reducción es de un 52%.

La desviación estándar disminuye prácticamente en todas las estaciones, salvo en Quillagua y Desembocadura. El comportamiento del mínimo en la serie también experimenta reducciones para todas las estaciones consideradas, no así el valor máximo de la serie que para las mismas dos estaciones anteriores presenta un aumento del orden del 50%. Aun así, a nivel de cuenca, el valor mínimo tiene un promedio de reducción del 37 % y el valor máximo de un 12%.

Respecto de la variabilidad, presentada a través del coeficiente de variación, presenta fuertes aumentos, en algunos casos es duplicado (aumentos por sobre el 100%) alcanzando un aumento promedio del 39%. Este resultado está en línea con lo reportado en la literatura en que si bien puede haber tendencias a la disminución del monto de una variable (en este caso disponibilidad hídrica), en términos de variabilidad (asociada a eventos extremos) se tiene que estos podrían aumentar en el futuro.

Esto principalmente se puede deber al comportamiento de la precipitación, en el sentido que lloverá menos, pero los eventos extremos serán más intensos.

Del mismo modo, la Tabla 4.47, presenta las variaciones de caudal en los puntos de control “ambientales” definidos para la evaluación de la metodología. Como se puede apreciar, los puntos y sus variaciones son una extensión de lo que sucede en los tramos representativos por sus estaciones fluviométricas de control.

Folio005891

Tabla 4.46 Estadísticos para la línea base y ventana futura (2017-2053) de las series de caudales asociadas a los puntos de control fluviométricos DGA para el modelo GCM CSIRO.

Est./Per. MCG	CSIRO: 1981-2017					CSIRO: 2017-2053					Variación [%]				
Estadístico	P	DE	Min	Max	CV	P	DE	Min	Max	CV	P	DE	Min	Max	CV
Rio Loa antes Agrícola Quillagua	0.833	1.380	0.060	10.990	1.656	0.406	1.498	0.049	16.072	3.694	-51%	9%	-19%	46%	123%
Rio Loa Antes Embalse Conchi	0.922	0.523	0.327	5.056	0.568	0.510	0.314	0.204	3.922	0.617	-45%	-40%	-37%	-22%	9%
Rio Loa Antes Represa Lequena	0.102	0.052	0.035	0.558	0.511	0.049	0.031	0.018	0.340	0.636	-52%	-40%	-48%	-39%	24%
Rio Loa en Desembocadura	0.722	1.376	0.005	10.886	1.906	0.314	1.487	0.004	15.928	4.743	-57%	8%	-22%	46%	149%
Rio Loa en Escorial	1.639	1.306	0.314	12.339	0.797	0.680	0.690	0.127	9.215	1.015	-59%	-47%	-60%	-25%	27%
Rio Loa en Finca	0.812	1.158	0.121	10.352	1.427	0.294	0.570	0.082	8.231	1.940	-64%	-51%	-32%	-20%	36%
Rio Loa en Yalquincha	1.615	1.301	0.297	12.284	0.806	0.662	0.690	0.108	9.195	1.043	-59%	-47%	-64%	-25%	29%
Rio Loa Salida Embalse Conchi	0.791	0.556	0.083	4.899	0.704	0.404	0.350	0.033	3.775	0.866	-49%	-37%	-60%	-23%	23%
Rio Loa San Salvador M. Elena	0.825	1.157	0.149	10.349	1.403	0.309	0.569	0.113	8.232	1.843	-63%	-51%	-24%	-20%	31%
Rio Salado en A.J Loa	0.878	0.768	0.249	7.483	0.874	0.536	0.426	0.202	5.487	0.796	-39%	-45%	-19%	-27%	-9%
Rio Salado en Sifon Ayquina	0.636	0.555	0.200	5.518	0.872	0.414	0.297	0.154	4.015	0.719	-35%	-46%	-23%	-27%	-18%

Donde: P=promedio; DE=Desviación estándar; Min: Mínimo; Max: Máximo; CV: Coef. De Variación (DE/P).

Tabla 4.47. Variación de la estacionalidad del año Promedio para puntos de Caudal Ambiental respecto del periodo histórico (1981 - 2017) bajo el modelo CSIRO.

Punto de Control	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	Anual
NA AYQUINA	-38.2%	-40.6%	-33.3%	-25.0%	-21.4%	-29.5%	-32.6%	-33.3%	-40.0%	-41.1%	-50.8%	-44.9%	-35.9%
NA CALAMA ALTO	-62.6%	-63.9%	-61.7%	-61.8%	-60.7%	-68.4%	-69.4%	-70.0%	-48.0%	-54.7%	-59.2%	-59.5%	-61.7%
NA CALAMA BAJO	-79.3%	-77.8%	-79.3%	-82.6%	-77.6%	-85.2%	-90.7%	-78.8%	-82.1%	-63.6%	-65.5%	-69.8%	-77.7%
NA CALAMA MEDIO	-61.7%	-63.2%	-60.7%	-61.4%	-60.5%	-67.4%	-68.3%	-69.1%	-48.1%	-54.3%	-59.2%	-59.4%	-61.1%
NA CALINA	-45.8%	-44.2%	-46.2%	-45.4%	-44.6%	-43.2%	-43.4%	-45.2%	-45.9%	-50.5%	-54.5%	-48.5%	-46.4%
NA CHIU CHIU	-52.6%	-58.9%	-58.3%	-56.1%	-58.5%	-66.1%	-63.3%	-67.3%	-13.8%	-36.6%	-52.1%	-41.0%	-52.0%
NA CONFLUENCIA	-77.4%	-47.9%	-48.2%	-40.9%	-47.7%	-88.9%	-91.2%	-85.7%	-80.0%	-54.2%	-68.8%	-68.8%	-66.6%
NA COYA	-73.8%	-75.5%	-76.0%	-78.8%	-76.3%	-83.6%	-81.6%	-77.1%	-58.1%	-45.0%	-64.1%	-62.6%	-71.1%
NA LASANA	-70.2%	-66.7%	-64.1%	-65.5%	-67.5%	-72.6%	-77.5%	-78.9%	-37.4%	-52.0%	-58.0%	-53.0%	-63.6%
NA PALPANA	-46.8%	-44.4%	-43.8%	-43.6%	-41.9%	-41.1%	-41.4%	-42.9%	-43.5%	-49.4%	-52.4%	-46.8%	-44.8%
NA QUILLAGUA	-78.8%	-48.4%	-48.6%	-41.3%	-48.1%	-90.6%	-93.9%	-95.0%	-92.9%	-60.9%	-70.5%	-71.4%	-70.0%
NA RIO SALADO	-42.3%	-42.4%	-38.0%	-33.3%	-29.0%	-33.9%	-35.6%	-38.1%	-39.3%	-41.0%	-50.6%	-45.7%	-39.1%
NA RIO SAN PEDRO	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
N AYQUINA	-38.2%	-40.6%	-33.3%	-25.0%	-21.4%	-29.5%	-32.6%	-33.3%	-40.0%	-41.1%	-50.8%	-44.9%	-35.9%
N CALAMAS	-47.8%	-50.7%	-48.9%	-49.2%	-48.0%	-51.7%	-50.9%	-52.3%	-29.1%	-42.3%	-51.9%	-49.0%	-47.7%
N CALINA	-50.7%	-49.3%	-50.6%	-49.5%	-49.4%	-47.6%	-48.1%	-50.0%	-51.3%	-55.1%	-57.8%	-53.8%	-51.1%
N CHIU CHIU	-66.7%	-65.0%	-62.7%	-63.4%	-65.2%	-71.7%	-73.7%	-77.2%	-27.0%	-46.2%	-54.1%	-50.6%	-60.3%
N COYA1	-5.3%	0.0%	-5.6%	0.0%	-5.6%	-5.6%	-5.6%	0.0%	6.3%	12.5%	5.9%	5.9%	0.3%
N COYA2	-68.6%	-71.8%	-71.7%	-74.5%	-71.7%	-75.3%	-72.7%	-66.7%	-47.4%	-41.7%	-60.0%	-60.2%	-65.2%
N LASANA	-60.0%	-57.6%	-56.4%	-57.1%	-58.5%	-62.8%	-66.7%	-69.3%	-33.3%	-47.3%	-52.6%	-47.1%	-55.7%
N PALPANA	-54.5%	-55.6%	-50.0%	-54.5%	-50.0%	-50.0%	-55.6%	-55.6%	-55.6%	-54.5%	-54.5%	-58.3%	-54.1%
N QUILLAGUA	-67.6%	-45.9%	-46.5%	-39.9%	-45.5%	-78.6%	-75.5%	-69.4%	-53.1%	-41.5%	-62.8%	-60.6%	-57.2%

Folio005893

Como se puede observar, de la tabla anterior, la mayoría de los caudales promedio presenta fuertes reducciones entre el período 2017-2053 respecto del período histórico 1981-2017. Salvo el punto de control Coya, cuya variación anual es de 0.3%, la mayoría de los otros puntos de control experimentarán reducciones entre un 35% a 70% aproximadamente, lo que sin duda impone una condición desfavorable para los propósitos de la mantención de una caudal mínimo en los ríos.

Las siguientes figuras tienen por objetivo ilustrar el comportamiento del modelo en el período de calibración (1981-2017).

Como se puede apreciar, para la estación río Loa en represa Lequena (Figura 4.67), CSIRO tiene una sobrestimación del orden de 0.01 a 0.02 m^3/s en su estacionalidad. La curva de duración (CD) tiene un buen ajuste respecto de los datos simulados (importante, la comparación debe de realizarse con lo que simula el modelo con la estación observada). Se puede apreciar justamente como el modelo se ajusta bastante bien para las probabilidades entre el 20% y 90%, existiendo sobrestimaciones para probabilidades menores al 20% (caudales altos).

El ajuste es similar al alcanzado antes del embalse Conchi (Figura 4.68). En esta ocasión, a pesar de que el régimen es bien representado por el modelo, hay una sobrestimación entre 0.08 a 0.25 m^3/s aproximadamente que tiende a ser mayor en los meses de verano que en los de invierno. La CD en este caso se ajusta mejor entre las probabilidades entre un 50 a 95%, mientras que para las probabilidades menores al 50% existe sobrestimación de caudales.

En el caso de río Loa en Escorial (Figura 4.69), también existe una sobrestimación entre los rangos de 0.25 a 0.5 m^3/s. La estacionalidad sigue bien representada, y la sobrestimación es mayor entre los meses de abril a agosto y en el mes de diciembre. La CD está bien representada. Las mejores probabilidades representadas se encuentran dentro del rango 35 a 100%.

Finalmente, la Figura 4.70 presenta el cierre en Loa en Desembocadura, en donde se puede apreciar un comportamiento muy similar al de Loa en Escorial, salvo que la sobrestimación está acotada a 0.2 m3/s aproximadamente, representándose la estacionalidad simulada en el período de calibración. Adicionalmente, las probabilidades de excedencia mejor representadas están dentro del rango del 40 a 100%.

Folio005894

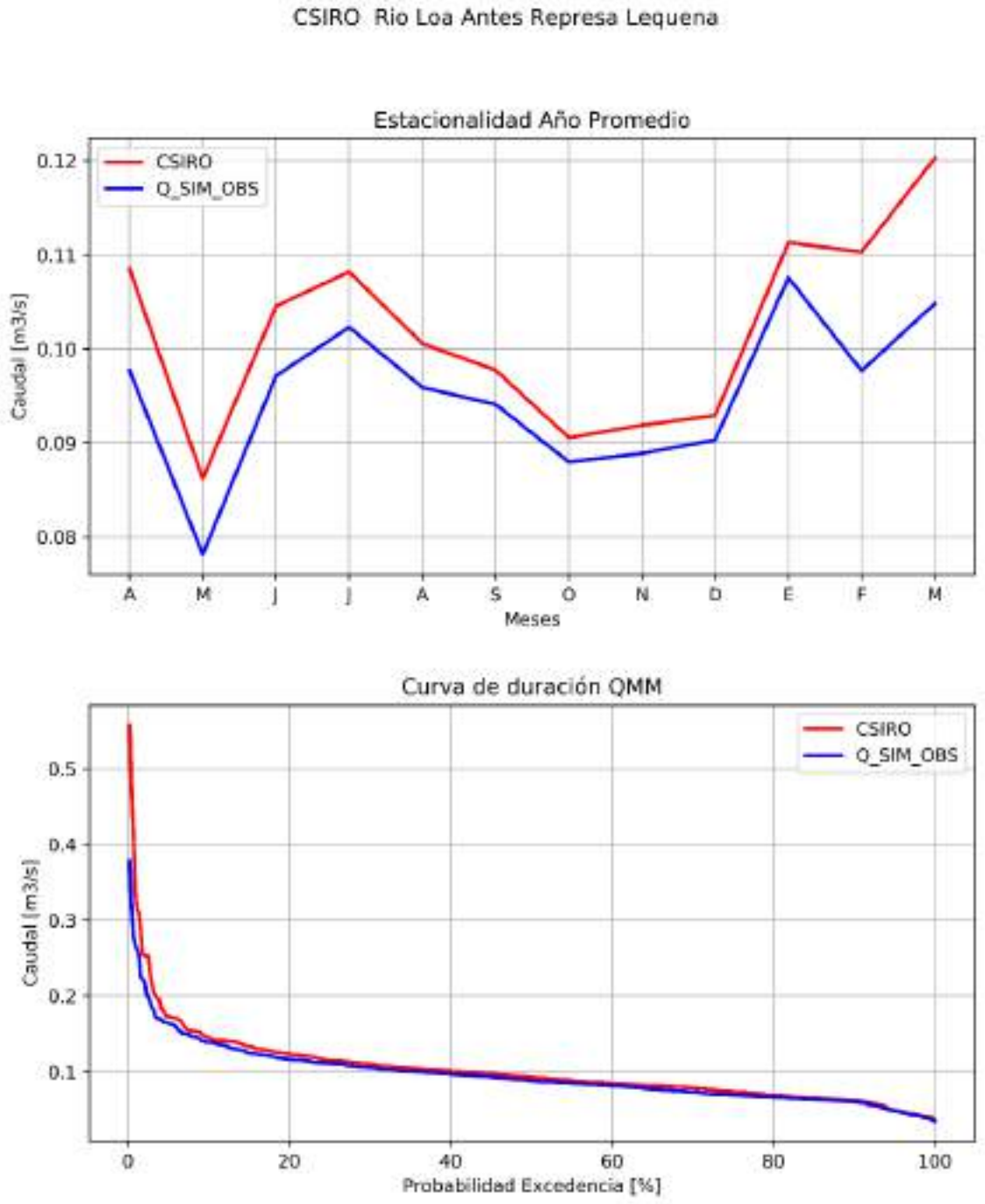


Figura 4.67 Resultados Estación Río Loa antes de represa Lequena bajo modelo CSIRO (Elaboración propia, 2020).

Folio005895

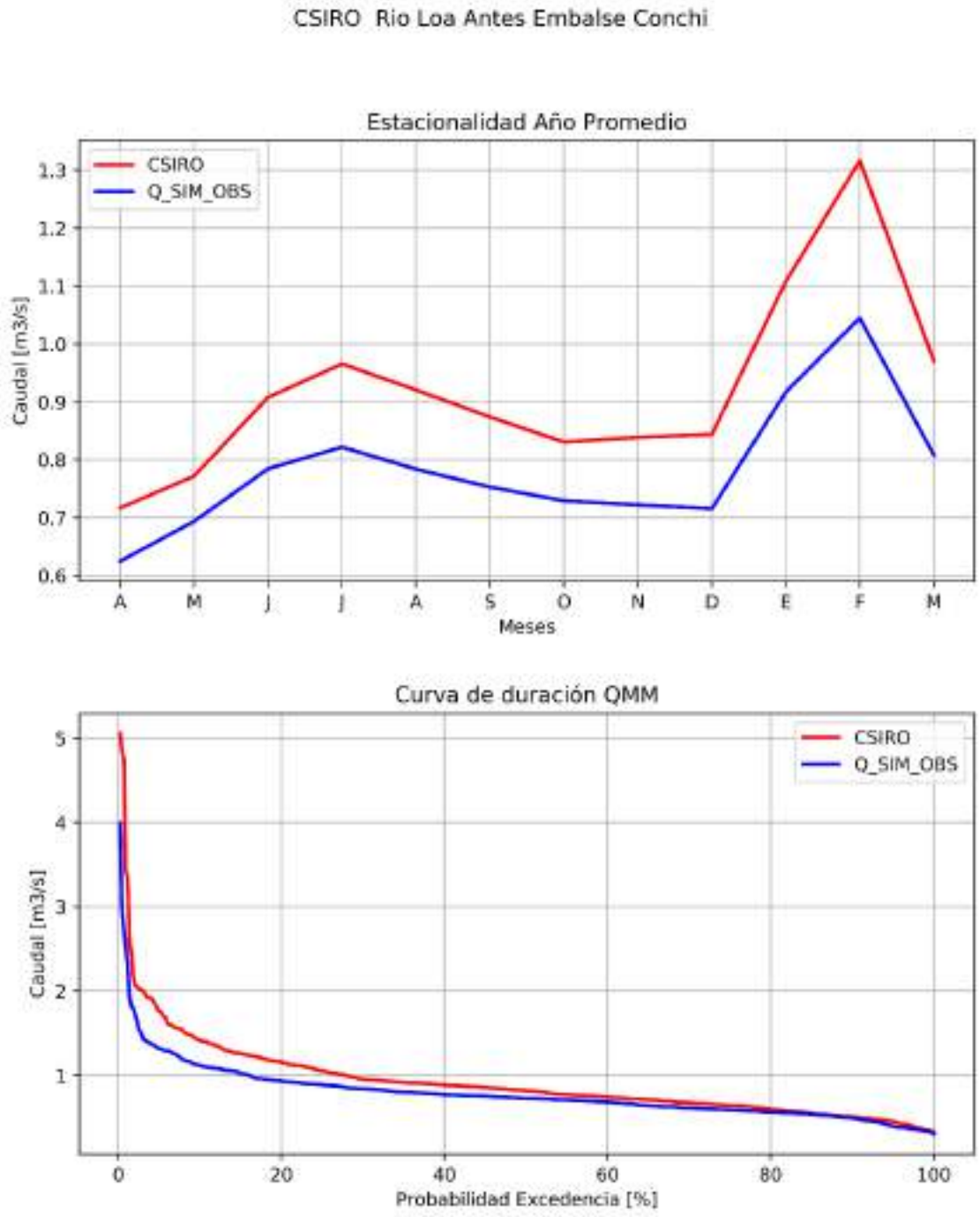


Figura 4.68 Resultados Estación Río Loa antes de embalse Conchi bajo modelo CSIRO (Elaboración propia, 2020)

Folio005896

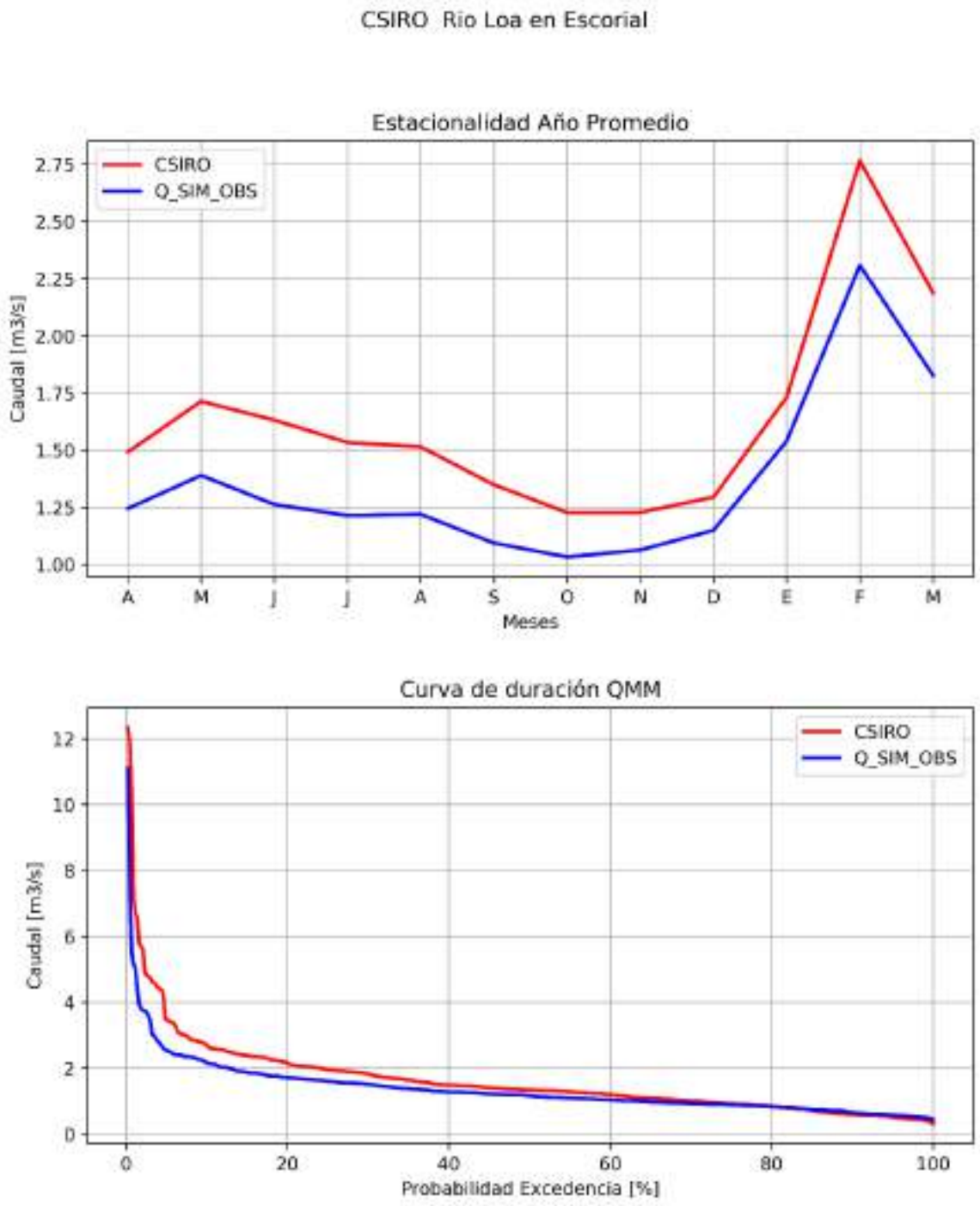


Figura 4.69 Resultados Estación Río Loa en Escorial bajo modelo CSIRO (Elaboración propia, 2020)

Folio005897

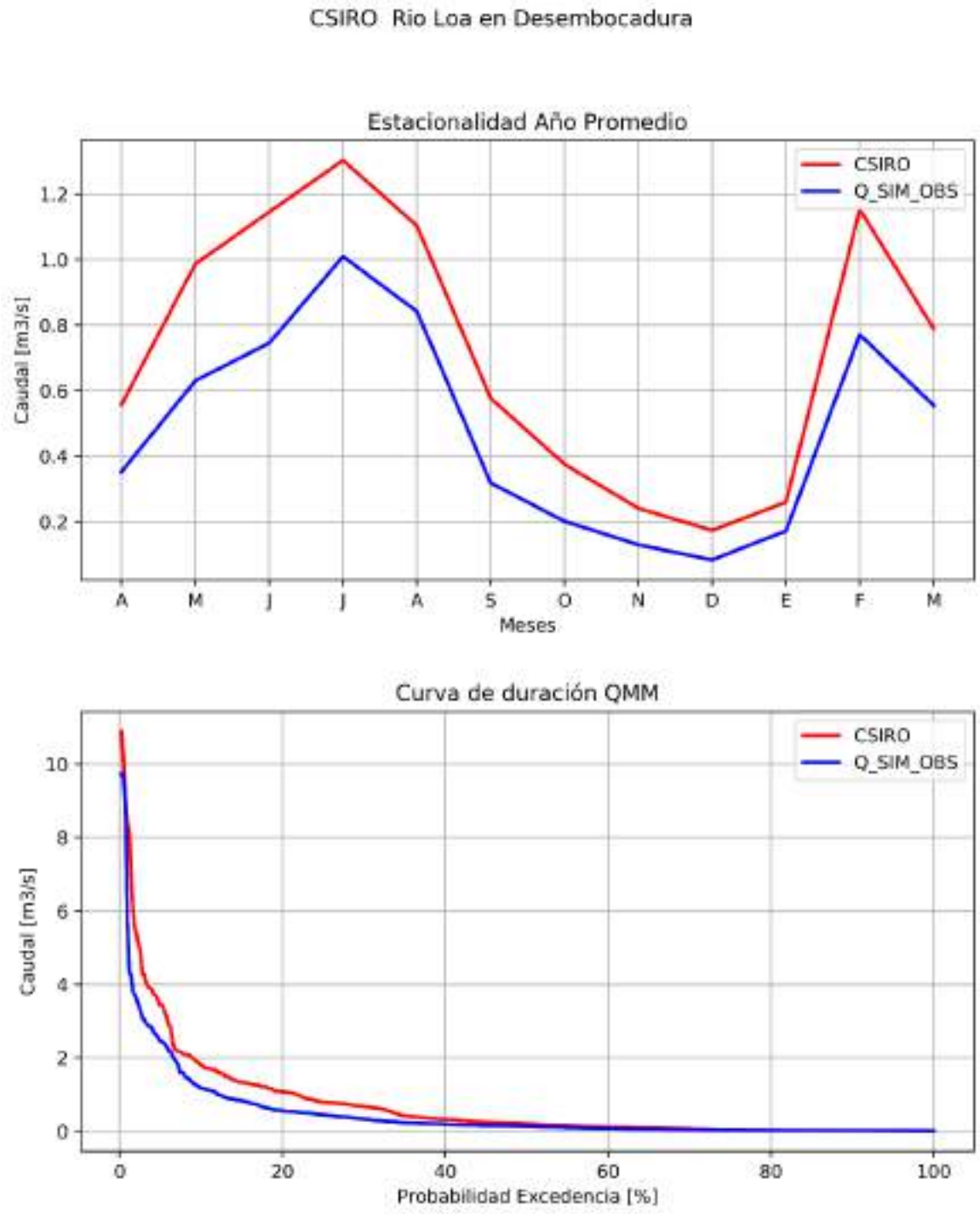


Figura 4.70 Resultados Estación Río Loa en Desembocadura bajo modelo CSIRO (Elaboración propia, 2020)

Folio005898

4.3.5.2.2 Embalse Conchi

El otro elemento topológico de interés resulta ser el embalse Conchi. La siguiente figura ilustra los caudales afluentes al embalse.

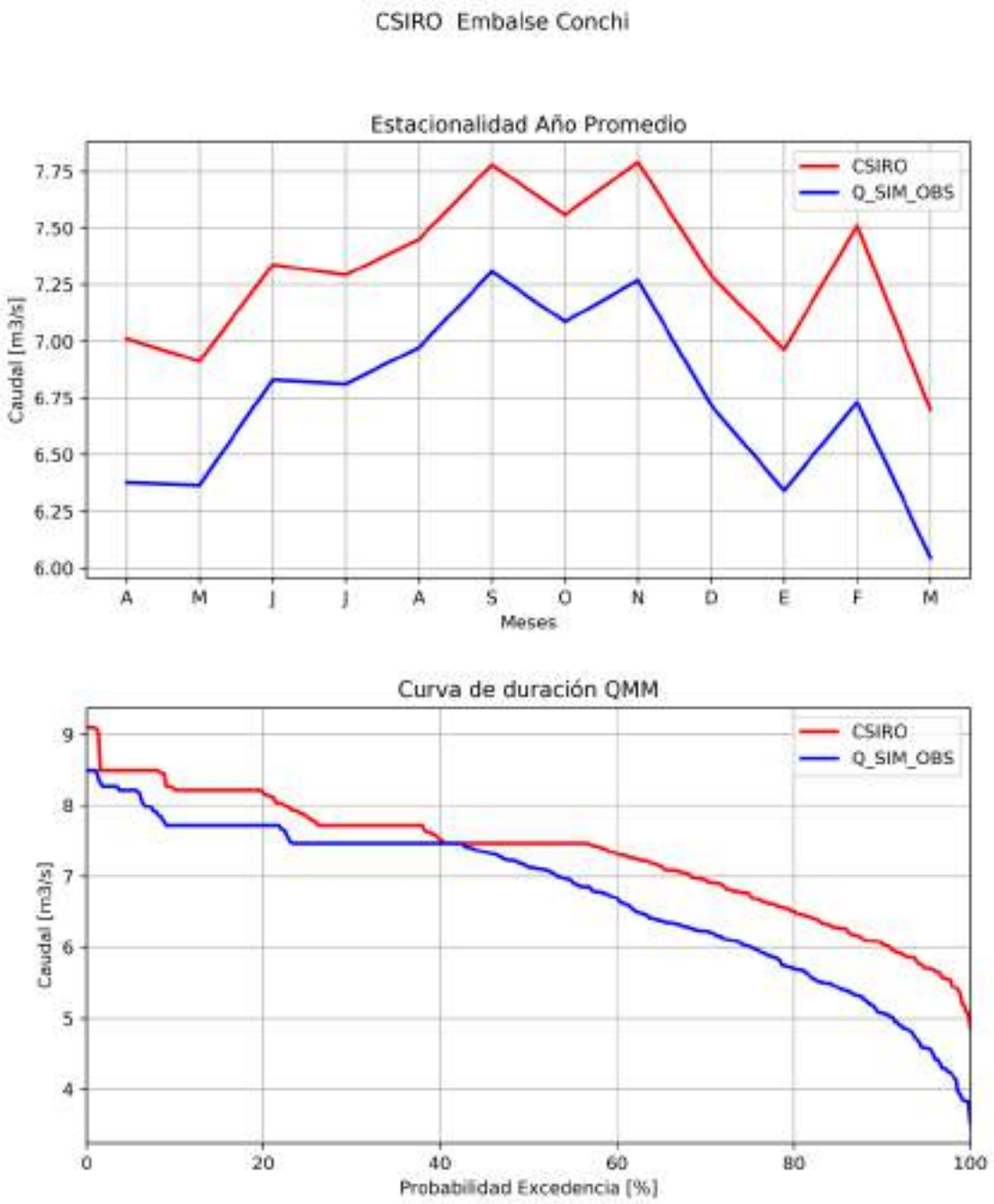


Figura 4.71 Resultados Embalse Periodo Histórico 1981 -2017 bajo el modelo CSIRO.

Folio005899

Como se puede apreciar, CSIRO sobrestima en la línea base el volumen embalsado. En comparación con la condición histórica y con MIROC, CSIRO tiende a sobrestimar entre 0.5 a 1.5 Mm3 mensuales.

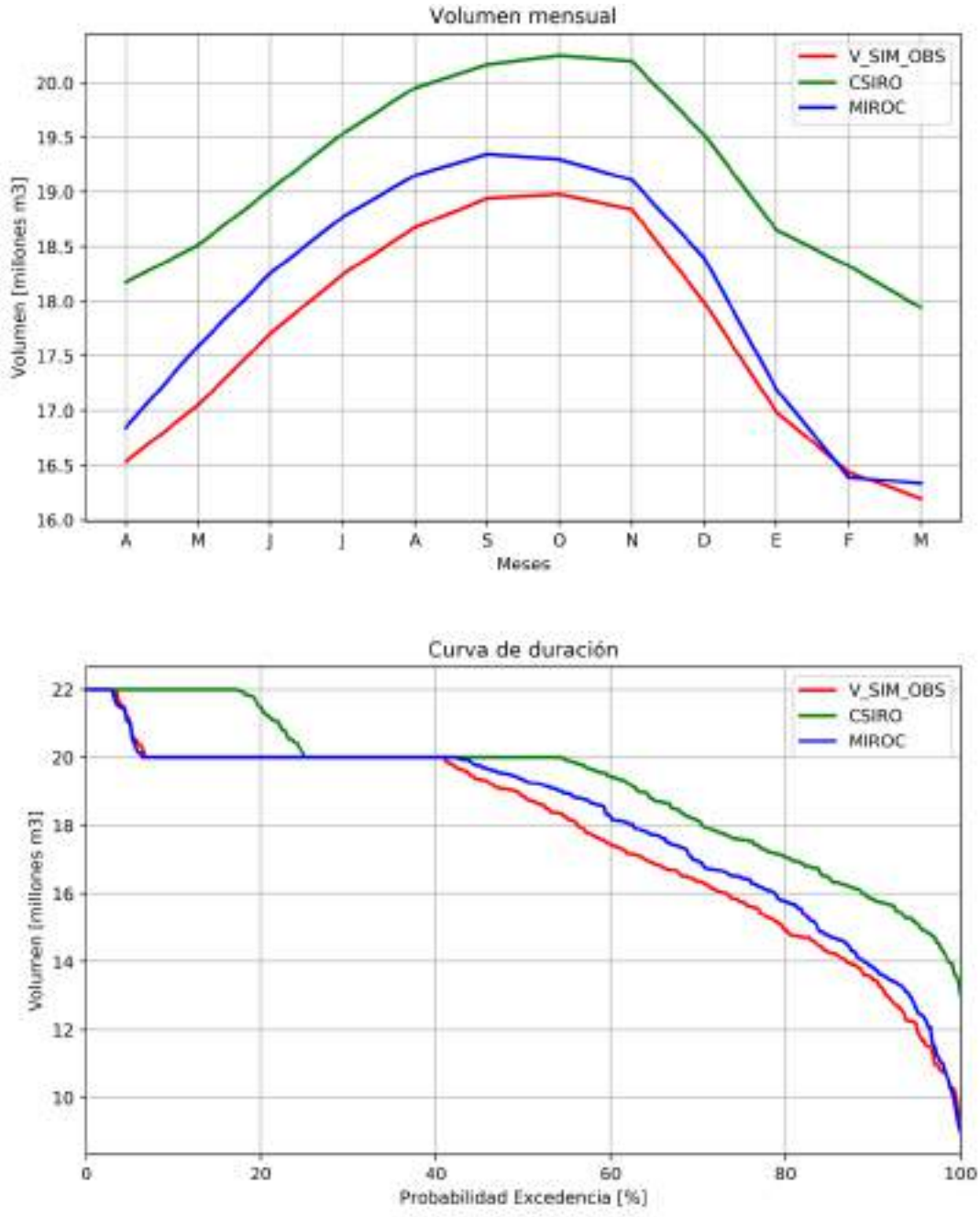


Figura 4.72. Resultados de Volúmenes embalsados Periodo Histórico 1981 -2017 bajo el modelo CSIRO, MIROC y Línea Base (SIM-OBS)

Sin embargo, para el periodo futuro, la siguiente figura ilustra que el modelo CSIRO resulta ser el que reduce el volumen de agua a embalsar en comparación con el modelo MIROC, por ende

Folio005900

tiende a ser el más conservador. Ambos respetan la estacionalidad en donde se embalsa, pero MIROC es claramente un modelo más optimista.

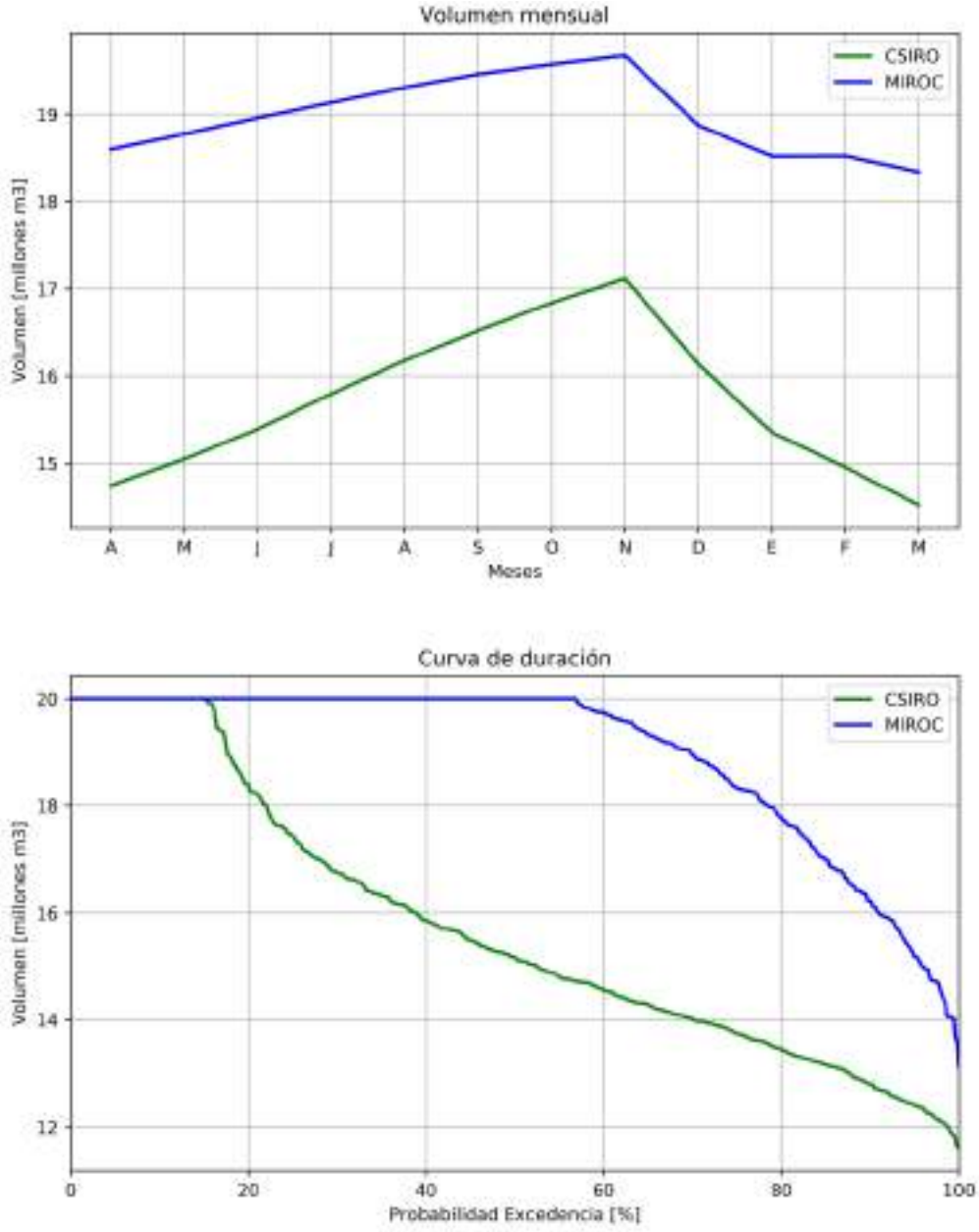


Figura 4.73. Volúmenes estacionales y curva de duración simulada con modelo CSIRO y MIROC para el período futuro (2017-2060).

Folio005901

4.3.5.2.3 Acuíferos

En el caso de los acuíferos, las siguientes tablas resumen el balance general de la cuenca, tanto para la condición histórica como para la condición futura.

Tabla 4.48 Resumen del Balance de todos los acuíferos considerados utilizando el modelo CSIRO en el periodo histórico (1981 -2017). El signo ** significa que no se consideran las entradas ni salidas subterráneas.

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Entradas												
Entrada subterránea	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
Recarga PP	3.62	3.59	3.60	3.60	3.60	3.59	3.58	3.59	3.81	4.41	4.38	3.89
Recarga ríos	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.18
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.13	0.27	0.26	0.21	0.16	0.13	0.14	0.26	0.37	1.33	1.94	1.33
Salidas												
Salida subterránea	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34
Pozos	-1.86	-1.76	-1.72	-1.73	-1.75	-1.80	-1.84	-1.91	-1.88	-1.88	-2.00	-1.90
Afloramientos WEAP	-0.77	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.76	-0.76	-0.76	-0.76	-0.77	-0.78	-0.77
Overflow	-1.94	-1.93	-1.94	-1.95	-1.93	-1.90	-1.90	-1.89	-2.03	-2.41	-2.37	-2.14
Totales												
Total Entradas**	3.93	4.04	4.04	4.00	3.94	3.90	3.90	4.03	4.36	5.93	6.51	5.40
Total Salidas**	-4.57	-4.45	-4.41	-4.42	-4.43	-4.46	-4.50	-4.56	-4.67	-5.06	-5.16	-4.82
Balance	-0.64	-0.41	-0.37	-0.42	-0.49	-0.56	-0.59	-0.53	-0.31	0.87	1.35	0.58

En el caso de la condición histórica, es factible ver que el balance resulta negativo entre los meses de abril a diciembre, siendo solo positivo en los meses de lluvias de verano (EFM).

La condición futura del balance para el modelo CSIRO es presentada en la tabla siguiente. Como se puede apreciar, los flujos entre abril a diciembre son “más negativos” por lo que se concluye un mayor vaciamiento en esos meses, mientras que los meses en donde el balance era originalmente positivo, presenta un fuerte cambio de signo, por lo que se concluye que bajo este modelo la cuenca se encuentra en una tasa de vaciamiento del orden de 2 m^3/s promedio anual.

Folio005902

Tabla 4.49 Resumen del Balance de todos los acuíferos considerados utilizando el modelo CSIRO en el periodo futuro (2017 – 2060). El signo ** significa que no se consideran las entradas ni salidas subterráneas

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Entradas												
Entrada subterránea	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
Recarga PP	3.60	3.59	3.58	3.62	3.59	3.59	3.58	3.60	3.68	3.99	4.09	3.79
Recarga ríos	0.18	0.18	0.18	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.16	0.16	0.16	0.16
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.13	0.16	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.69	0.88	0.46
Salidas												
Salida subterránea	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34
Pozos	-3.42	-3.38	-3.40	-3.39	-3.40	-3.47	-3.49	-3.51	-3.26	-3.23	-3.24	-3.23
Afloramientos WEAP	-0.77	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.76	-0.76	-0.76	-0.75	-0.77	-0.78	-0.76
Overflow	-2.01	-2.01	-1.99	-2.01	-2.00	-1.99	-1.99	-1.99	-2.03	-2.19	-2.22	-2.10
Totales												
Total Entradas**	3.91	3.93	3.92	3.94	3.89	3.89	3.87	3.89	3.98	4.84	5.13	4.41
Total Salidas**	-6.19	-6.13	-6.14	-6.16	-6.15	-6.22	-6.24	-6.26	-6.03	-6.19	-6.24	-6.09
Balance	-2.28	-2.20	-2.23	-2.22	-2.26	-2.33	-2.37	-2.36	-2.06	-1.35	-1.11	-1.69

Finalmente, la siguiente tabla resume las variaciones porcentuales para ambos períodos de análisis. Tal como se puede apreciar las variaciones porcentuales son negativas de abril a diciembre, y cambian de signo respecto de la condición histórica (positiva a negativa) para los meses de enero a marzo.

Tabla 4.50. Resumen de las variaciones porcentuales asociadas al balance hídrico para la condición histórica y futura para el modelo CSIRO.

Flujos / Meses	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	Anual
Entradas	VARIACIÓN ENTRADAS												
Entrada subterránea	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Recarga PP	-0.6%	0.0%	-0.6%	0.6%	-0.3%	0.0%	0.0%	0.3%	-3.4%	-9.5%	-6.6%	-2.6%	-1.9%
Recarga ríos	0.0%	0.0%	-5.3%	-10.5%	-5.3%	0.0%	0.0%	0.0%	-11.1%	-15.8%	-15.8%	-11.1%	-6.2%
Recarga Canales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Recarga Operacional	0.0%	-40.7%	-38.5%	-28.6%	-18.8%	-7.7%	-21.4%	-53.8%	-62.2%	-48.1%	-54.6%	-65.4%	-36.7%
Salidas	VARIACIÓN SALIDAS												
Salida subterránea	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pozos	83.9%	92.0%	97.7%	96.0%	94.3%	92.8%	89.7%	83.8%	73.4%	71.8%	62.0%	70.0%	83.9%
Afloramientos WEAP	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-1.3%	0.0%	0.0%	-1.3%	-0.2%
Overflow	3.6%	4.1%	2.6%	3.1%	3.6%	4.7%	4.7%	5.3%	0.0%	-9.1%	-6.3%	-1.9%	1.2%
Totales	VARIACIONES TOTALES												
Total Entradas**	-0.5%	-2.7%	-3.0%	-1.5%	-1.3%	-0.3%	-0.8%	-3.5%	-8.7%	-18.4%	-21.2%	-18.3%	-6.7%
Total Salidas**	35.4%	37.8%	39.2%	39.4%	38.8%	39.5%	38.7%	37.3%	29.1%	22.3%	20.9%	26.3%	33.7%
Balance	-256.3%	-436.6%	-502.7%	-428.6%	-361.2%	-316.1%	-301.7%	-345.3%	-564.5%	-255.2%	-182.2%	-391.4%	-361.8%

Folio005904

Finalmente, la Figura 4.74, resume la variación de los volúmenes a futuro para el modelo CSIRO, donde se puede apreciar que los SHACS 2, 4 y 5 son los que acumulan un mayor descenso, llegando al 40% de la capacidad de almacenamiento.

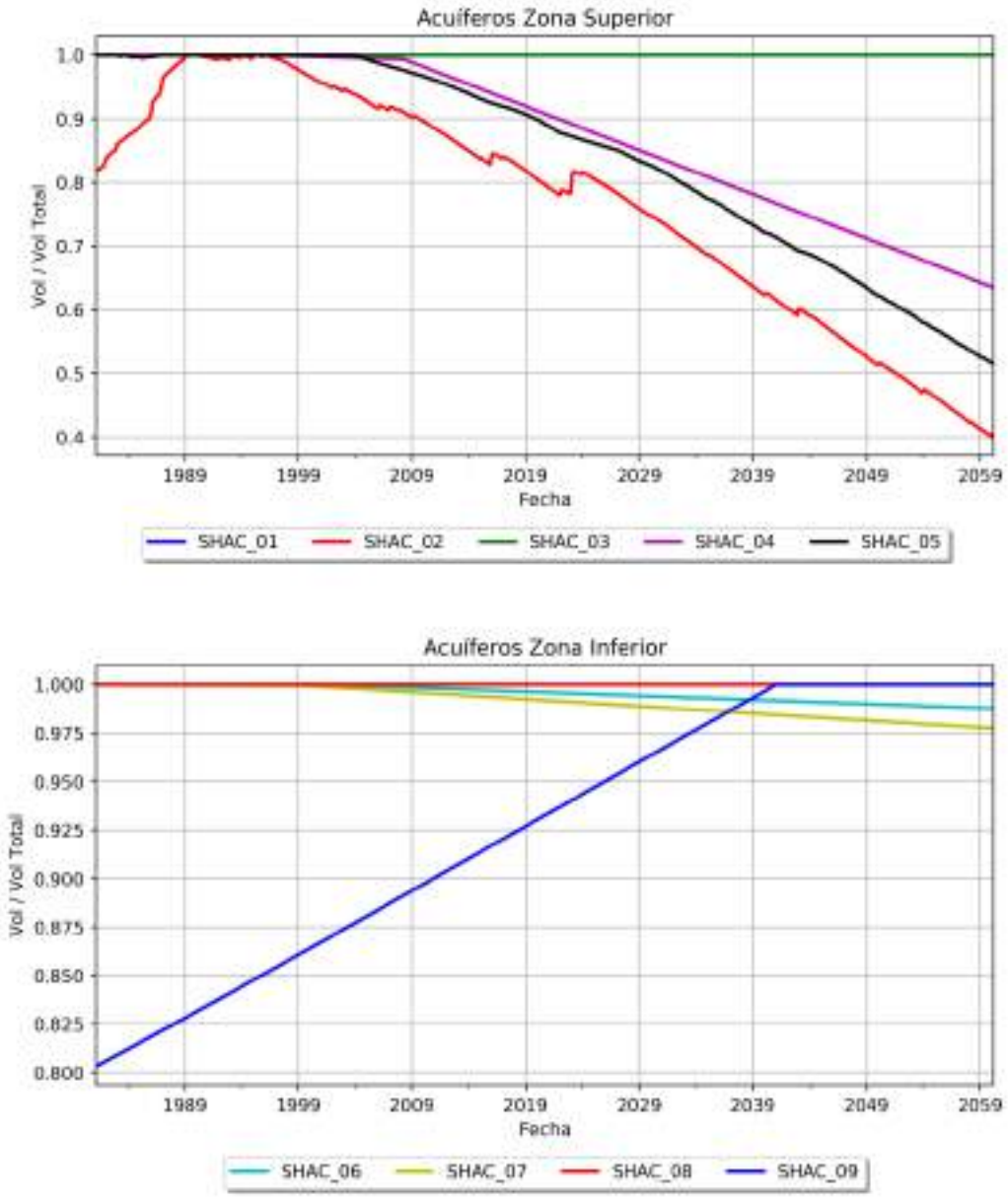


Figura 4.74. Variación de los volúmenes normalizados de los acuíferos considerados en la modelación en el período 1981-2060 para el modelo CSIRO.

Folio005905

4.3.5.3 *GCM: MIROC*

4.3.5.3.1 Caudal

La siguiente tabla (Tabla 4.51) compara los estadísticos más relevantes obtenidos en las estaciones fluviométricas para la ventana futura, utilizando el modelo MIROC.

Como se puede apreciar en la tabla resumen, para el modelo MIROC se obtiene una reducción heterogénea del promedio de caudales. En el futuro, para algunas de las estaciones consideradas, hay aumentos de disponibilidad que pueden llegar a un 30%, mientras que hay otras estaciones que presentan un reducción de un 20% aproximadamente.

La desviación estándar aumenta prácticamente en todas las estaciones, salvo en las estaciones de la parte alta (Lequena y antes del embalse Conchi). El comportamiento del mínimo en la serie también experimenta reducciones para algunas de las estaciones consideradas (15 a 45%), mientras que el aumento de este valor mínimo está concentrado en el río Salado y a la salida del embalse.

El valor máximo de la serie aumenta para casi todas las estaciones anteriores y es del orden del 150%. La única estación que experimenta una reducción del máximo es Lequena con un 67%.

Respecto de la variabilidad, presentada a través del coeficiente de variación, esta presenta fuertes aumentos, en algunos casos es duplicado (aumentos por sobre el 100%) alcanzando un aumento promedio del 45% a nivel promedio cuenca, aunque existen dos estaciones, Lequena y antes del embalse Conchi, que presentan reducciones.

Este resultado está en línea con lo reportado en la literatura en que si bien puede haber tendencias a la disminución del monto de una variable (en este caso disponibilidad hídrica), en términos de variabilidad (asociada a eventos extremos) se tiene que estos podrían aumentar en el futuro.

Esto principalmente se puede deber al comportamiento de la precipitación, en el sentido que lloverá menos, pero los eventos extremos serán más intensos. Sin embargo, el grado de intervención del sistema es también un factor importante a tener en consideración.

Del mismo modo, la Tabla 4.52, presenta las variaciones de caudal en los puntos de control “ambientales” definidos para la evaluación de la metodología. Como se puede apreciar, los puntos y sus variaciones son una extensión de lo que sucede en los tramos representativos por sus estaciones fluviométricas de control, existiendo un comportamiento heterogéneo, a diferencia de CSIRO, donde la reducción era sistemática.

Tabla 4.51 Estadísticos para la línea base y ventana futura (2017-2053) de las series de caudales asociadas a los puntos de control fluviométricos DGA para el modelo GCM CSIRO.

Est./Per. MCG	CSIRO: 1981-2017					CSIRO: 2017-2053					Variación [%]				
Estadístico	P	DE	Min	Max	CV	P	DE	Min	Max	CV	P	DE	Min	Max	CV
Rio Loa antes Agrícola Quillagua	0.484	0.807	0.078	7.459	1.665	0.615	2.415	0.066	39.881	3.926	27%	199%	-15%	435%	136%
Rio Loa Antes Embalse Conchi	0.762	0.220	0.339	2.365	0.289	0.746	0.259	0.352	3.442	0.347	-2%	18%	4%	46%	20%
Rio Loa Antes Represa Lequena	0.099	0.050	0.037	0.605	0.511	0.061	0.025	0.021	0.200	0.413	-39%	-50%	-44%	-67%	-19%
Rio Loa en Desembocadura	0.372	0.802	0.004	7.328	2.154	0.486	2.412	0.004	39.738	4.967	30%	201%	-15%	442%	131%
Rio Loa en Escorial	1.269	0.578	0.521	4.699	0.456	1.096	0.807	0.364	8.122	0.736	-14%	40%	-30%	73%	61%
Rio Loa en Finca	0.475	0.460	0.156	3.640	0.969	0.488	0.762	0.136	7.219	1.560	3%	66%	-13%	98%	61%
Rio Loa en Yalquincha	1.244	0.573	0.506	4.670	0.460	1.078	0.807	0.345	8.104	0.748	-13%	41%	-32%	74%	63%
Rio Loa Salida Embalse Conchi	0.647	0.368	0.000	2.220	0.569	0.623	0.264	0.141	3.316	0.425	-4%	-28%	> 100%	49%	-25%
Rio Loa San Salvador M. Elena	0.487	0.460	0.175	3.655	0.944	0.499	0.763	0.142	7.239	1.527	2%	66%	-19%	98%	62%
Rio Salado en A.J Loa	0.677	0.429	0.194	3.435	0.634	0.800	0.531	0.356	6.415	0.664	18%	24%	84%	87%	5%
Rio Salado en Sifon Ayquina	0.496	0.300	0.158	2.461	0.605	0.590	0.377	0.280	4.716	0.640	19%	26%	77%	92%	6%

Donde: P=promedio; DE=Desviación estándar; Min: Mínimo; Max: Máximo; CV: Coef. De Variación (DE/P).

Tabla 4.52. Variación de la estacionalidad del año Promedio (2017-2053) para puntos de Caudal Ambiental respecto del periodo histórico (1981 - 2017) bajo el modelo MIROC.

Punto de Control	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	Anual
NA AYQUINA	10.7%	15.8%	21.4%	31.3%	45.2%	23.5%	21.2%	13.9%	2.7%	0.0%	1.2%	8.8%	16.3%
NA CALAMA ALTO	-14.9%	-0.8%	-6.7%	-7.9%	-1.8%	-23.5%	-31.6%	-36.4%	-19.6%	-38.0%	-26.0%	-13.5%	-18.4%
NA CALAMA BAJO	18.5%	25.6%	-20.4%	-39.6%	-18.4%	-60.6%	-69.6%	-58.8%	-30.0%	-38.1%	29.6%	50.0%	-17.6%
NA CALAMA MEDIO	-16.2%	-0.8%	-6.6%	-7.8%	-1.8%	-24.0%	-32.0%	-35.6%	-20.0%	-37.9%	-26.4%	-13.9%	-18.6%
NA CALINA	-1.6%	2.9%	-3.9%	-6.2%	-3.9%	-5.4%	-8.5%	-9.9%	-7.1%	-12.1%	-10.3%	0.0%	-5.5%
NA CHIU CHIU	32.0%	64.3%	38.9%	26.2%	15.6%	-2.4%	0.0%	-31.3%	-3.6%	-41.6%	-50.0%	2.1%	4.2%
NA CONFLUENCIA	50.0%	46.8%	21.4%	77.9%	42.6%	-52.2%	-37.5%	-25.0%	50.0%	-25.0%	26.7%	96.4%	22.7%
NA COYA	8.6%	17.3%	-21.1%	-34.4%	-17.9%	-45.9%	-37.5%	-36.8%	-5.6%	-17.2%	14.5%	52.3%	-10.3%
NA LASANA	0.0%	51.2%	14.0%	1.5%	1.6%	-20.3%	-30.5%	-42.2%	-11.3%	-38.3%	-41.0%	3.0%	-9.4%
NA PALPANA	9.6%	12.5%	6.6%	4.7%	10.0%	8.3%	5.3%	1.7%	3.6%	-2.8%	-3.7%	4.8%	5.0%
NA QUILLAGUA	45.0%	47.8%	21.7%	78.8%	43.3%	-54.5%	-50.0%	-33.3%	0.0%	-33.3%	25.0%	89.3%	15.0%
NA RIO SALADO	10.1%	13.4%	16.1%	22.9%	40.0%	23.4%	17.8%	12.2%	4.1%	-3.3%	1.7%	6.1%	13.7%
NA RIO SAN PEDRO	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
N AYQUINA	10.7%	15.8%	21.4%	31.3%	45.2%	23.5%	21.2%	13.9%	2.7%	0.0%	1.2%	8.8%	16.3%
N CALAMAS	11.0%	25.2%	19.4%	12.9%	18.9%	2.3%	-3.7%	-10.3%	5.2%	-23.1%	-15.0%	3.4%	3.9%
N CALINA	-1.8%	1.6%	-4.2%	-7.8%	-4.1%	-5.8%	-9.1%	-10.6%	-9.4%	-14.1%	-12.0%	0.0%	-6.4%
N CHIU CHIU	17.9%	64.5%	27.9%	11.8%	5.8%	-13.0%	-27.1%	-34.0%	1.6%	-37.6%	-39.4%	5.5%	-1.4%
N COYA1	-5.3%	0.0%	0.0%	0.0%	-5.6%	-5.6%	-5.6%	0.0%	6.3%	12.5%	5.9%	5.9%	0.7%
N COYA2	12.8%	17.5%	-17.5%	-29.9%	-14.5%	-39.5%	-30.0%	-24.0%	-11.5%	-16.7%	13.0%	41.2%	-8.2%
N LASANA	-5.3%	28.1%	13.0%	2.6%	1.3%	-13.9%	-25.3%	-33.8%	-11.2%	-37.4%	-39.0%	-4.7%	-10.5%
N PALPANA	-40.0%	-37.5%	-40.0%	-40.0%	-50.0%	-50.0%	-44.4%	-44.4%	-44.4%	-36.4%	-36.4%	-36.4%	-41.7%
N QUILLAGUA	19.4%	35.5%	17.6%	64.7%	34.9%	-36.8%	-29.2%	-26.3%	0.0%	-13.8%	17.7%	57.8%	11.8%

Folio005908

Como se puede observar, de la tabla anterior, la mayoría de los caudales promedio presenta fuertes reducciones entre el período 2017-2053 respecto del período histórico 1981-2017. Salvo el punto de control Coya, cuya variación anual es de 0.3%, la mayoría de los otros puntos de control experimentarán reducciones entre un 35% a 70% aproximadamente, lo que sin duda impone una condición desfavorable para los propósitos de la mantención de una caudal mínimo en los ríos.

Las siguientes figuras tienen por objetivo ilustrar el comportamiento del modelo en el período de calibración (1981-2017).

Como se puede apreciar, para la estación río Loa en represa Lequena (Figura 4.75), CSIRO tiene una subestimación del orden de 0.005 a 0.001 m^3/s en su estacionalidad aproximadamente. La curva de duración (CD) tiene un buen ajuste respecto de los datos simulados (importante, la comparación debe de realizarse con lo que simula el modelo con la estación observada). Se puede apreciar justamente como el modelo se ajusta bastante bien para las probabilidades entre el 5% y 100%, existiendo sobrestimaciones para probabilidades menores al 5% (caudales altos).

El ajuste es similar al alcanzado antes del embalse Conchi (Figura 4.76). En esta ocasión, a pesar de que el régimen es bien representado por el modelo, hay una subestimación entre 0.01 a 0.1 m^3/s aproximadamente que tiende a ser mayor en los meses de verano que en los de invierno. La CD en este caso se ajusta mejor entre las probabilidades entre un 30 a 90%, mientras que para las probabilidades menores al 30% existe subestimación de caudales y una sobrestimación para probabilidades mayores al 95% (menor relevancia).

En el caso de río Loa en Escorial (Figura 4.77), también existe una subestimación entre los rangos de 0.05 a 0.1 m^3/s. La estacionalidad sigue bien representada, y la sobrestimación es mayor ocurre entre los meses de verano, mientras que se mantiene bien acotada en el período "abril-noviembre". La CD está bien representada. Las mejores probabilidades representadas se encuentran dentro del rango 20 a 100%, con una subestimación para probabilidades menores al 20%.

Finalmente, la Figura 4.78 presenta el cierre en Loa en Desembocadura, en donde se puede apreciar un comportamiento muy similar al de Loa en Escorial, salvo que la subestimación está acotada al rango entre 0.15 a 0.4 m3/s (Mes de diciembre la máxima variación) aproximadamente, representándose la estacionalidad simulada en el período de calibración. Adicionalmente, las probabilidades de excedencia mejor representadas están dentro del rango del 20 a 100%.

Folio005909

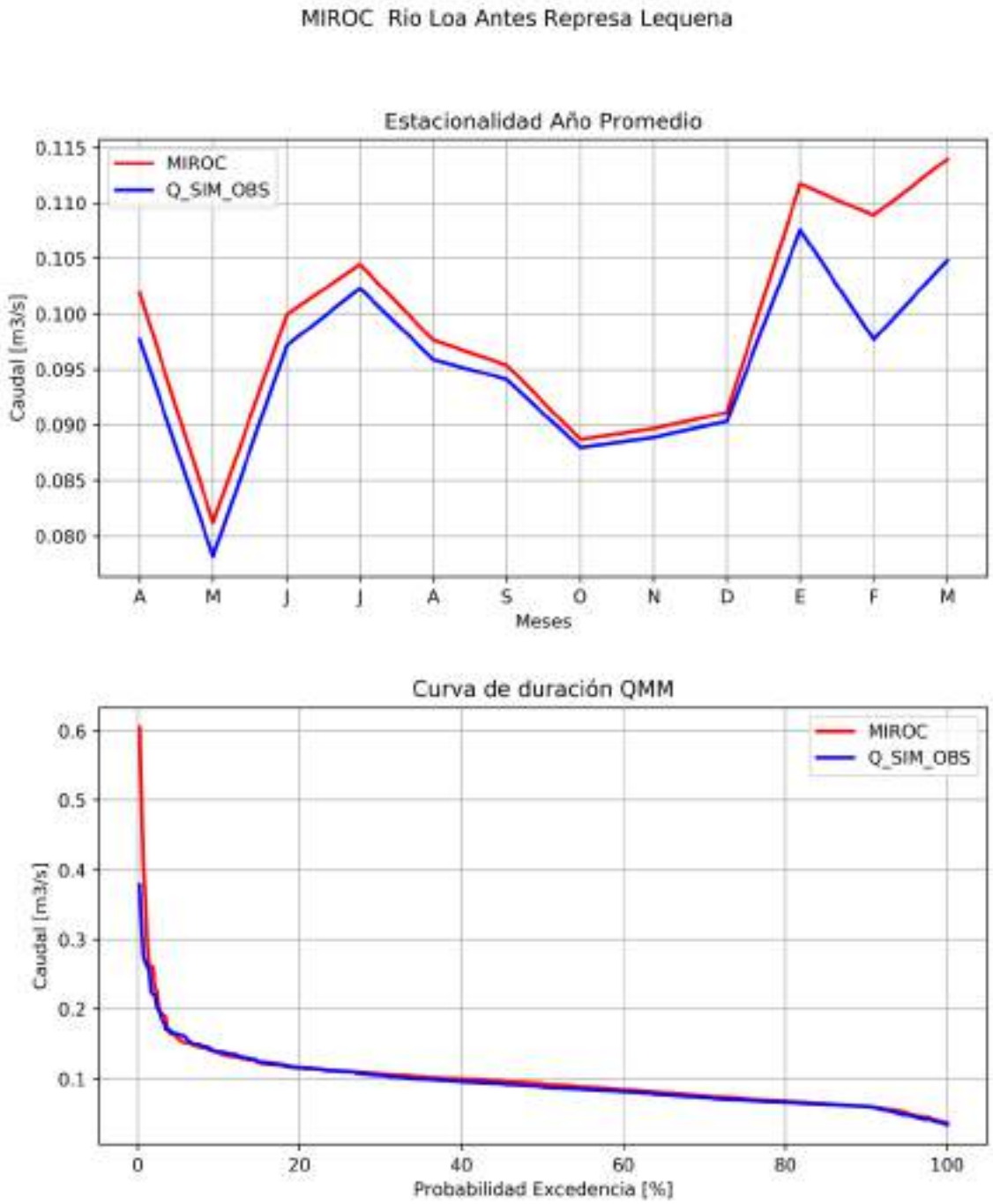


Figura 4.75 Resultados Estación Río Loa antes de represa Lequena bajo modelo MIROC (Elaboración propia, 2020).

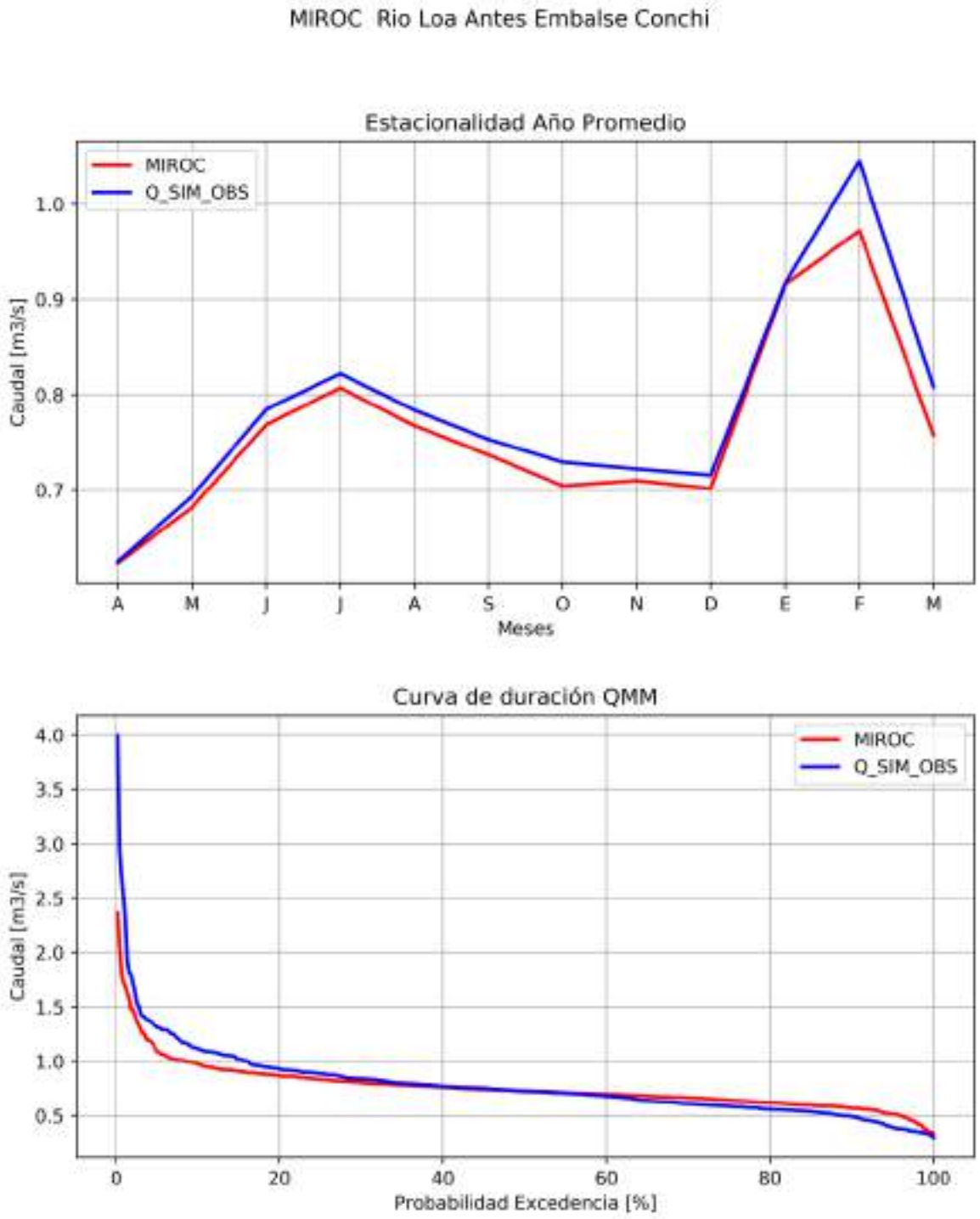


Figura 4.76 Resultados Estación Río Loa antes de embalse Conchi bajo modelo MIROC (Elaboración propia, 2020)

Folio005911

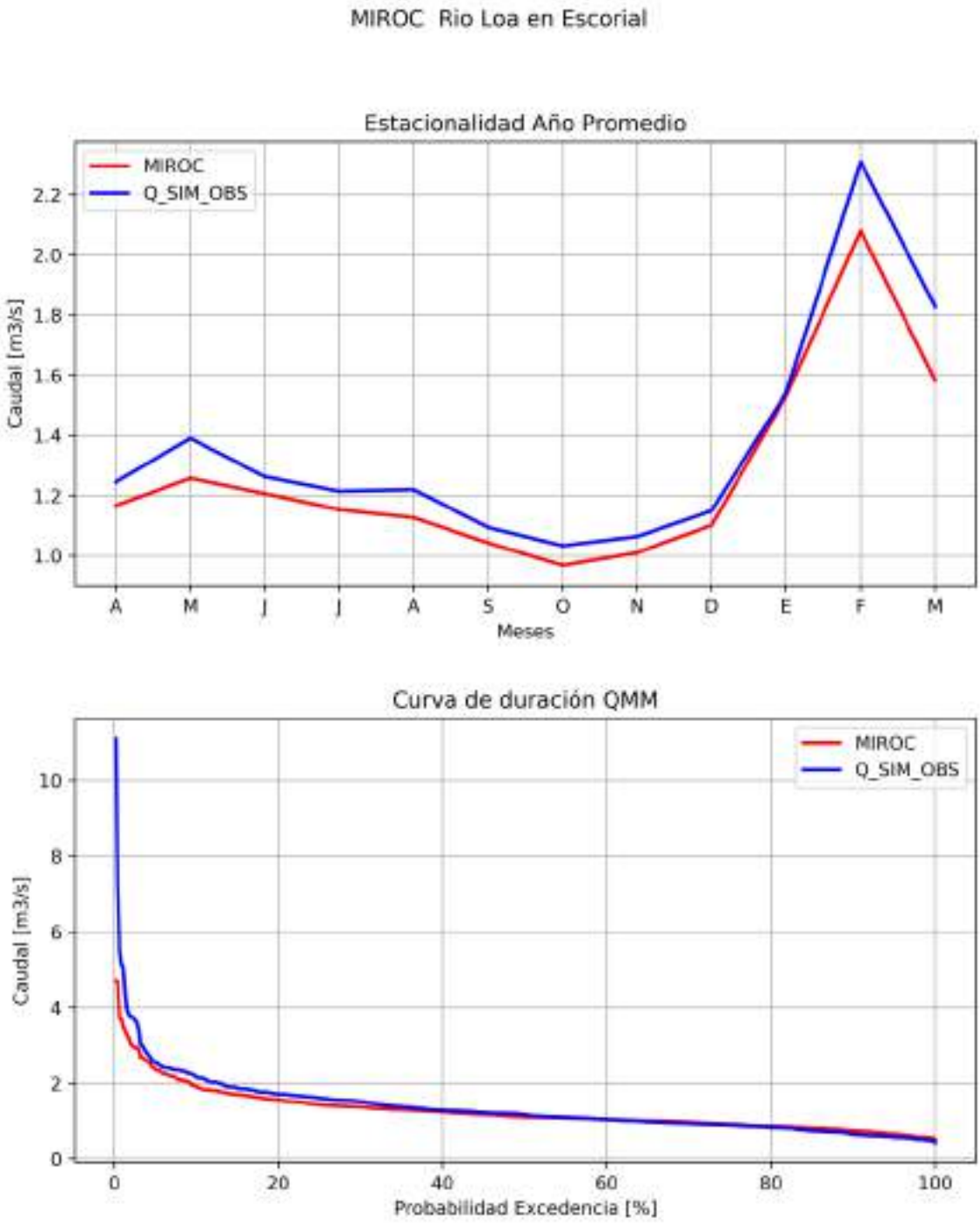


Figura 4.77 Resultados Estación Río Loa en Escorial bajo modelo CSIRO (Elaboración propia, 2020)

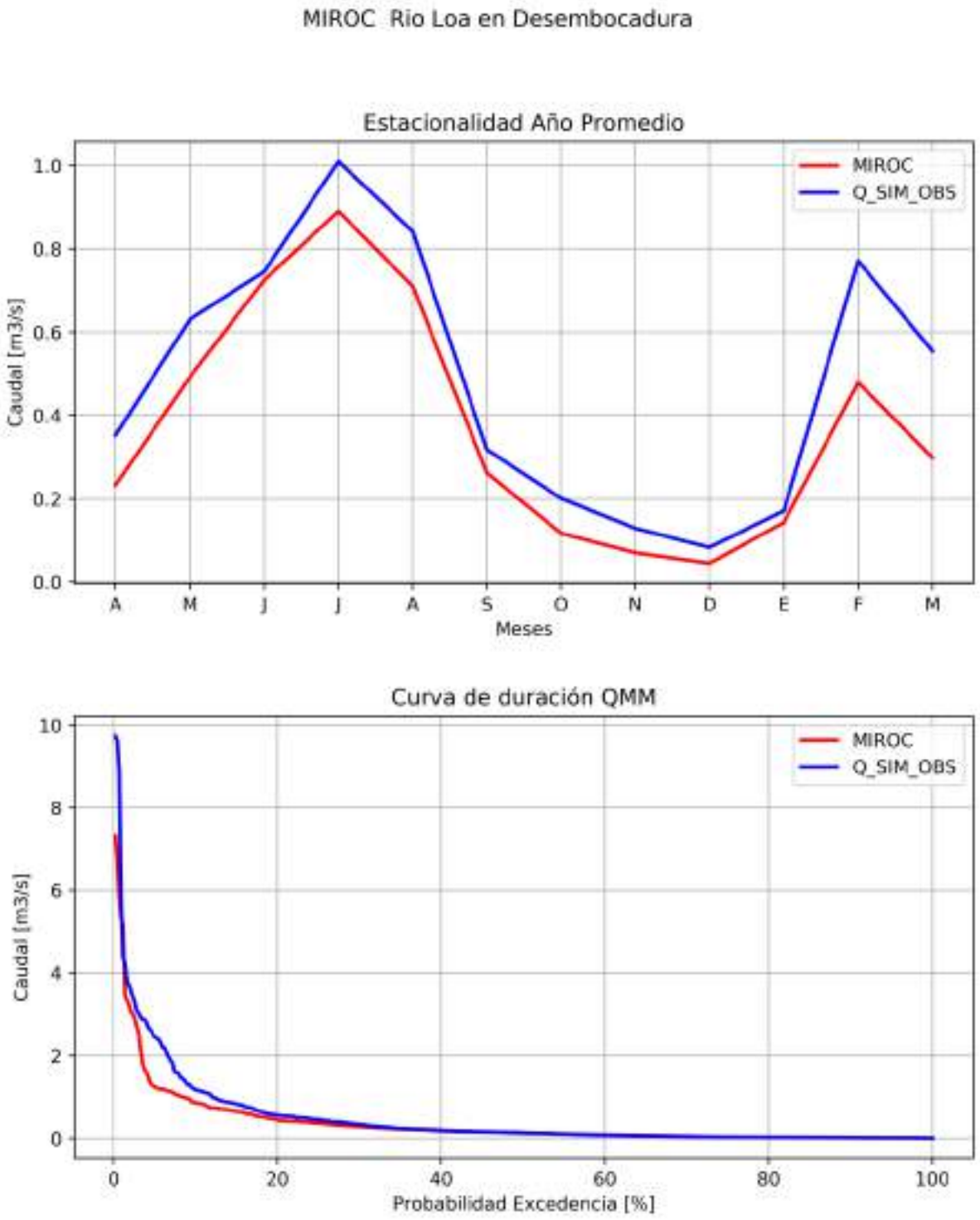


Figura 4.78 Resultados Estación Río Loa en Desembocadura bajo modelo CSIRO (Elaboración propia, 2020)

Folio005913

4.3.5.3.2 Embalse Conchi

La situación del embalse Conchi ya fue explicada en el acápite 2.5.2.2 en donde se presentaron los resultados comparativos tanto ente MIROC como CSIRO, en donde se demuestra que MIROC es un modelo bastante más optimista respecto de la condición base y de lo proyectado por CSIRO.

4.3.5.3.3 Acuíferos

En el caso de los acuíferos, las siguientes tablas resumen el balance general de la cuenca, tanto para la condición histórica como para la condición futura, al igual que en el caso del modelo CSIRO.

Tabla 4.53 Resumen del Balance de todos los acuíferos considerados utilizando el modelo MIROC en el periodo histórico (1981 -2017). El signo ** significa que no se consideran las entradas ni salidas subterráneas.

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Entradas												
Entrada subterránea	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
Recarga PP	3.63	3.59	3.59	3.60	3.60	3.59	3.58	3.59	3.77	4.37	4.29	3.90
Recarga ríos	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.10	0.17	0.16	0.13	0.10	0.08	0.08	0.16	0.38	1.11	1.38	0.69
Salidas												
Salida subterránea	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34
Pozos	-1.92	-1.76	-1.72	-1.72	-1.74	-1.80	-1.84	-1.96	-1.99	-2.01	-2.04	-2.03
Afloramientos WEAP	-0.77	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.76	-0.76	-0.76	-0.76	-0.78	-0.79	-0.77
Overflow	-1.94	-1.94	-1.94	-1.95	-1.93	-1.90	-1.88	-1.88	-1.99	-2.36	-2.32	-2.14
Totales												
Total Entradas**	3.91	3.94	3.94	3.92	3.88	3.86	3.85	3.93	4.33	5.65	5.86	4.76
Total Salidas**	-4.63	-4.45	-4.41	-4.42	-4.42	-4.47	-4.48	-4.60	-4.74	-5.15	-5.14	-4.94
Balance	-0.72	-0.51	-0.47	-0.50	-0.54	-0.61	-0.63	-0.67	-0.40	0.51	0.72	-0.18

Tabla 4.54 Resumen del Balance de todos los acuíferos considerados utilizando el modelo MIROC en el periodo futuro (2017 – 2060). El signo ** significa que no se consideran las entradas ni salidas subterráneas

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Entradas												
Entrada subterránea	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
Recarga PP	3.64	3.60	3.59	3.62	3.60	3.59	3.58	3.59	3.78	4.29	4.29	3.95
Recarga ríos	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.18
Recarga Canales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recarga Operacional	0.24	0.25	0.24	0.20	0.17	0.15	0.15	0.17	0.20	0.80	0.88	0.58
Salidas												
Salida subterránea	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34	-1.34
Pozos	-3.18	-3.12	-3.11	-3.10	-3.10	-3.18	-3.20	-3.23	-3.08	-3.07	-3.07	-3.07

Folio005914

	Flujo (m^3/s)											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Afloramientos WEAP	-0.77	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.76	-0.76	-0.76	-0.76	-0.78	-0.79	-0.77
Overflow	-2.05	-2.04	-2.03	-2.05	-2.03	-2.01	-2.01	-2.01	-2.12	-2.40	-2.37	-2.22
Totales												
Total Entradas**	4.06	4.03	4.01	4.00	3.94	3.92	3.91	3.95	4.15	5.28	5.35	4.71
Total Salidas**	-6.00	-5.90	-5.89	-5.90	-5.89	-5.95	-5.96	-5.99	-5.95	-6.24	-6.22	-6.07
Balance	-1.93	-1.88	-1.88	-1.90	-1.94	-2.03	-2.05	-2.05	-1.80	-0.96	-0.87	-1.35

Finalmente, la siguiente tabla resume las variaciones porcentuales para ambos períodos de análisis. Tal como se puede apreciar las variaciones porcentuales son negativas de abril a marzo, y acumulan una reducción promedio anual (vaciamiento) de un 200% aproximadamente.

Tabla 4.55. Resumen de las variaciones porcentuales asociadas al balance hídrico para la condición histórica y futura para el modelo MIROC.

Flujos / Meses	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	Anual
Entradas	VARIACIÓN ENTRADAS												
Entrada subterránea	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Recarga PP	0.3%	0.3%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	-1.8%	0.0%	1.3%	0.1%
Recarga ríos	0.0%	0.0%	-5.3%	-5.3%	-5.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.6%	5.6%	5.9%	0.1%
Recarga Canales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Recarga Operacional	140.0%	47.1%	50.0%	53.8%	70.0%	87.5%	87.5%	6.3%	-47.4%	-27.9%	-36.2%	-15.9%	34.6%
Salidas	VARIACIÓN SALIDAS												
Salida subterránea	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pozos	65.6%	77.3%	80.8%	80.2%	78.2%	76.7%	73.9%	64.8%	54.8%	52.7%	50.5%	51.2%	67.2%
Afloramientos WEAP	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Overflow	5.7%	5.2%	4.6%	5.1%	5.2%	5.8%	6.9%	6.9%	6.5%	1.7%	2.2%	3.7%	5.0%
Totales	VARIACIONES TOTALES												
Total Entradas**	3.8%	2.3%	1.8%	2.0%	1.5%	1.6%	1.6%	0.5%	-4.2%	-6.5%	-8.7%	-1.1%	-0.4%
Total Salidas**	29.6%	32.6%	33.6%	33.5%	33.3%	33.1%	33.0%	30.2%	25.5%	21.2%	21.0%	22.9%	29.1%
Balance	-168.1%	-268.6%	-300.0%	-280.0%	-259.3%	-232.8%	-225.4%	-206.0%	-350.0%	288.2%	220.8%	-650.0%	-202.6%

Folio005916

Finalmente, la Figura 4.79, resume la variación de los volúmenes a futuro para el modelo CSIRO, donde se puede apreciar que los SHACS 2, 4 y 5 son los que acumulan un mayor descenso, llegando al 43% de la capacidad de almacenamiento.

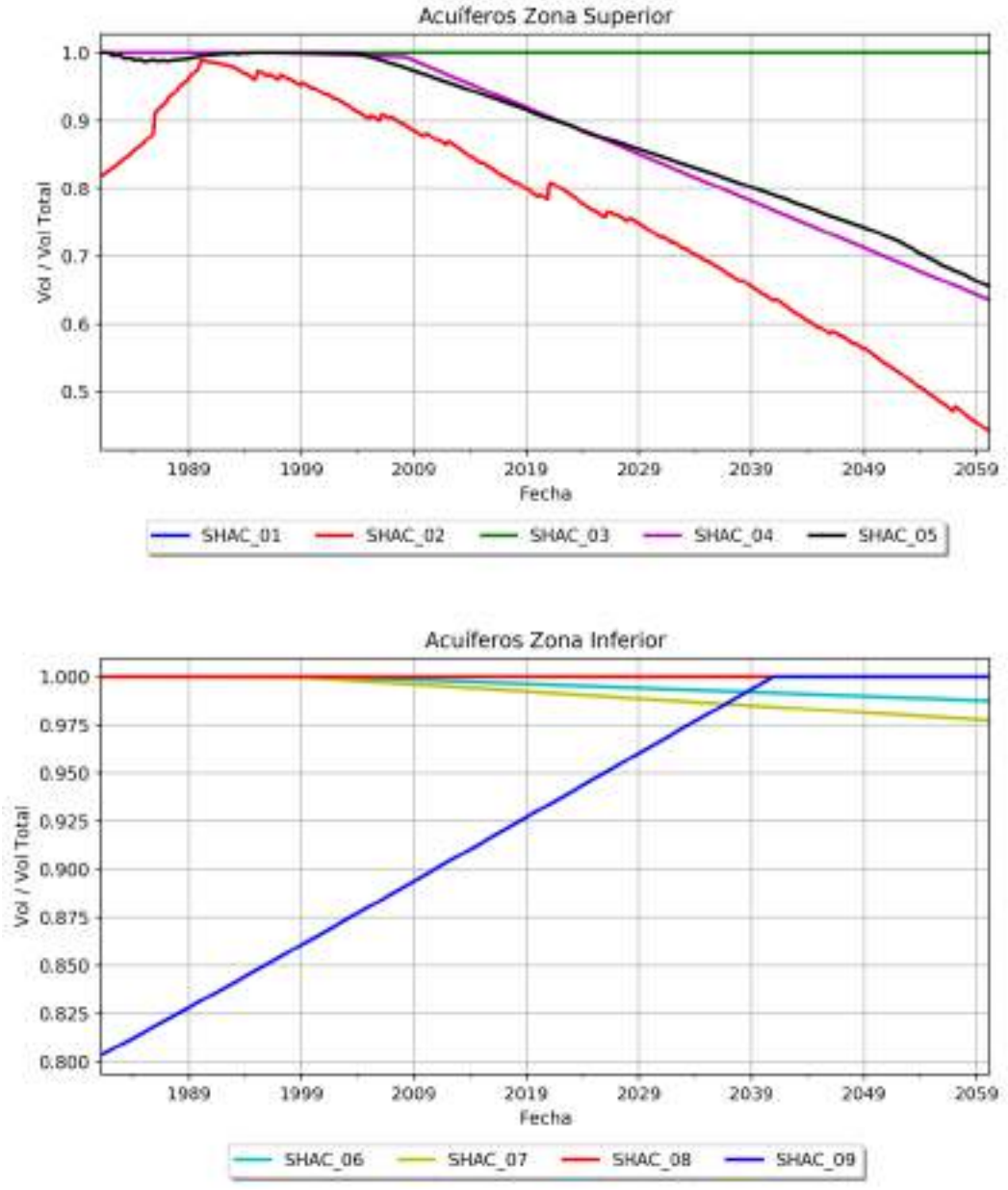


Figura 4.79. Variación de los volúmenes normalizados de los acuíferos considerados en la modelación en el período 1981-2060 para el modelo MIROC.

Folio005917

4.3.6 Brechas y Recomendaciones

En general, la modelación hidrológica es siempre un desafío por cuanto no sólo se estima la oferta hídrica natural de un sistema, sino que también como este opera en toda la cuenca. En este sentido, el trabajo realizado por KP (2014a, 2014b) constituyeron enormes aportes a la creación de la topología del sistema, permitiendo identificar zonas de demanda, afloramientos, e infiltraciones las que posteriormente fueron utilizadas para calibrar las que aquí se reprodujeron.

Este trabajo se nutrió de la experiencia de ese predecesor y del conocimiento adquirido de la cuenca que tiene el Centro de Ecología Aplicada en la cuenca a través de sus numerosas campañas de terreno.

A pesar de eso, el modelo creado es un modelo hidrológico-operacional, y en cuencas donde también existe una importante componente subterránea es ideal avanzar hacia una línea de modelación integrada superficial-subterránea. En ese sentido, esta es una brecha del presente estudio y a la vez una recomendación, para que el próximo esfuerzo se encamine hacia un acople directo (celda a celda) o bien indirecto (a través de la integración de flujos) entre dos modelos numéricos.

En este sentido, las condiciones de borde del modelo subterráneo de KP (2014a, 2014b) se han mantenido en el modelo superficial, pero claramente los flujos entre acuíferos como los flujos que podrían salir hacia la desembocadura podrían tener una calibración justamente a través de la integración entre ambos sistemas.

Cabe destacar que este trabajo a abordado el lineamiento más complejo, en el sentido que el modelo no inicia con una condición de borde de caudal impuesta, sino que toda la parte alta de la cuenca es simulada a través de una modelación hidrológica, teniendo en cuenta la información actualizada de meteorología del CR2, el CR2MET, producto obtenido a través de los respaldos del estudio de actualización del balance hídrico de la DGA (2017).

Otro aspecto a mejorar, bajo un esquema de modelación integrada será comparar la variación de los volúmenes con zonas de balance acuífero (“Zone Budget” en modflow) en las mismas extensiones espaciales, asi como comparar las variaciones de volúmenes con series de pozos de observación (niveles estáticos y dinámicos).

Finalmente, uno de los supuestos del modelo ha sido la mantención en el tiempo de las demandas. Si bien este es un supuesto no conservador, se debe tener conciencia también de la disponibilidad actual de la cuenca y que primero se debiese asegurarse la correcta gestión de los recursos actuales, antes de evaluar la intensificación del uso de los acuíferos o algún curso superficial.

Folio005918

Dado eso, un aspecto a evaluar entonces sería la creación de escenarios que evalúen proyecciones de demanda futuras para tener una mejor comprensión del rango de incertidumbre de la disponibilidad.

Respecto del embalse Conchi, es deseable conocer en el futuro cual es la regla de operación de dicha obra para poder implementarla y así actualizar el modelo.

4.3.7 Conclusiones

Respecto de los objetivos de este trabajo, cabe enumerar los siguientes aspectos relevantes que se han cumplido durante el desarrollo de esta modelación:

1. Topología: El modelo actual está basado con las interacciones más actualizadas, y considera las extracciones, demandas, ríos e interacciones simplificadas entre ríos y acuíferos. Han sido considerado además los canales de riego existentes.
2. Plataforma: El modelo ha sido implementado en plataforma WEAP, utilizando para ello los modelos hidrológicos que tiene incorporado la plataforma para obtener un producto autocontenido.
3. Meteorología: Se ha usado el producto CR2MET, que viene respaldado en el estudio de Actualización del Balance Hídrico de Chile, particularmente en la macrozona Norte. Sobre ese estudio, y siguiendo sus subproductos, se han incorporado la información a escala mensual de precipitación, temperatura, viento y humedad relativa. Adicionalmente se ha hecho un diagnóstico completo de dicha información entregando un anexo digital del desempeño de dicha información.
4. Acuíferos: Los volúmenes de los acuíferos utilizados aquí son los utilizados por el estudio de KP (2014a y 2014b), los que se entienden son obtenidos a partir del modelo hidrogeológico implementado en dicho estudio.
5. Incorporación de evaluación del escenario de cambio climático RCP 8.5, para dos modelos de circulación general (GCM por sus siglas en inglés), el modelo MIROC y el modelo CSIRO, de tal manera de abordar la incertidumbre asociada a las estimaciones.
6. Estimación de las series de caudales medios mensuales en los puntos de control ambiental requeridos para este trabajo.
7. Análisis de la obra de regulación de la cuenca, el embalse Conchi, considerando los dos escenarios de cambio climático, como el trabajo que significó la interpretación de una regla de operación para dicha obra.

En este sentido, existen ya brechas y recomendaciones planteadas en el punto anterior conducentes a mejorar el presente trabajo con información medida.

Llama la atención la necesidad de contar con puntos de control fluviométricos con mayor longitud de registro, que permitan validar cuencas intermedias y operaciones de extracciones superficiales. Adicionalmente, puede ser relevante la inclusión de campañas

Folio005919

de afloramientos e infiltraciones a lo largo del cauce para mejorar la comprensión del sistema.

En este sentido el punto de control ambiental corresponde al río San Pedro, en donde luego de una extracción superficial, el río queda prácticamente seco.

Es recomendable también, a la luz de poder mejorar el modelo, conocer un estado de las estaciones fluviométricas, particularmente después de los eventos acaecidos los años 2015 y 2016, en donde en otros sectores del país se reportaron grandes aluviones, causando una merma considerable a los sistemas de registro.

Teniendo en consideración todos los avances y limitaciones del presente trabajo, se puede concluir que los resultados de la modelación actual permiten evaluar la variación de los puntos de control de caudales ambientales tanto en el período histórico como futuro, siendo deseable, en un trabajo posterior, incorporar dos aspectos fundamentales: una modelación numérica integrada, sea esta directa o indirecta; la evaluación de otros escenarios de modelación que consideren proyecciones de la demanda como también se incorporen otros modelos de cambio climático para tratar de reducir la incertidumbre.

Bajo todo aspecto, la condición más desfavorable, y por ende conservadora, estaría representada por el modelo CSIRO, pese a que el modelo que mejor se ajustó en el período de calibración fue el modelo MIROC.

Folio005920

4.4 Determinación del Caudal Ambiental

Para la construcción de la Guía metodológica para la estimación del caudal ambiental, se desarrolló una metodología basada en la teoría y entendimiento general de un caudal ambiental, y bajo la definición desarrollada en la Declaración de Brisbane en el año 2007: *"los caudales ambientales (o ecológicos) son los flujos de agua, el momento de su aplicación y la calidad de las aguas precisos para mantener los ecosistemas de agua dulce y de los estuarios, así como los medios de subsistencia y bienestar de las personas que dependen del ecosistema"*. Esta definición es la misma que la utilizada en la Guía Metodológica para Determinar el Caudal Ambiental para Centrales Hidroeléctricas en el SEIA (SEA, 2016), pero a diferencia de esa guía, en la cual se busca poder realizar una evaluación ambiental de un proyecto en concreto, la presente tiene como objetivo el poder determinar un caudal ambiental asociado al sistema en su condición original, o en un punto más cercano a ella y que muchas veces no está dado por la actual condición del sistema. Así, determinando un escenario base desde el cual iniciar cualquier análisis de disponibilidad del recurso y condición del sistema (y de las otras partes que de él dependen), será posible realizar una evaluación igualitaria y comparable de todos los servicios ecosistémicos prestados y de las demandas externas de recursos (tanto actuales como futuras). Lo anterior posibilita el análisis de disponibilidad de recursos como la priorización de ellos, y evitar poner en riesgo los servicios y funciones críticas del ecosistema (O´Keeffe, 2012; Harwood et al., 2017).

A continuación, se muestran las principales actividades asociadas a la determinación de los caudales ambientales del río Loa. Lo anterior, es complementado con un análisis de distintas proyecciones futuras considerando escenarios de cambio climático. Además, mediante un modelo eco-hidrológico integral, se realizará un análisis económico costo-beneficio de la implementación de distintos caudales ambienales en la cuenca.

La metodología para el desarrollo de la estimación del caudal ambiental propiamente tal, corresponden a los primeros 5 pasos de los análisis incluidos en el desarrollo y evaluación del caudal ambiental antes indicados (ver Figura 4.80).

Folio005921

Figura 4.80. Pasos asociados a la determinación del caudal ambiental (Fuente: Elaboración propia).

A continuación, se desarrollan las etapas requeridas para la determinación del "caudal ambiental en base a una condición base natural del río".

4.4.1 Etapa 1: Recopilación/levantamiento de información para la descripción del sistema fluvial.

El cálculo de caudal ambiental se realiza enfocado en los sectores de mayor relevancia ambiental del sistema fluvial, basado en los servicios ecosistémicos presentes. Para ello, es indispensable realizar una caracterización del sistema con el objetivo de conservar sus características al determinar el régimen de caudal ambiental. Esta caracterización se encuentra desarrollada en el Capítulo 3: "Desarrollo OE-1" de este estudio. Donde se incluye una caracterización hidrológica, morfológica (macroescala y mesoescala) y ecológica. Para la determinación de la hidrología actual del sistema, debido a la longitud del río, se utilizan 10 puntos de referencia, definidos en un inicio según la caracterización presentada en el Capitulo 3, y cuyas coordenadas se presenta en la Tabla 4.56:

Folio005922

Tabla 4.56: Puntos de interés para determinación de caudal actual.

Punto de interés	Este(m)	Norte(m)
Palpana	533.092	7.617.230
Calina	540.297	7.575.031
Ayquina	570.703	7.535.726
Lasana	539.314	7.540.148
ChiuChiu	535.913	7.531.169
Calama Alto	513.448	7.516.324
Calama Medio	510.217	7.518.003
Calama Bajo	507.279	7.513.651
Coya	445.638	7.523.186
Quillagua	445.000	7.603.406

Luego, para definir la hidrología de los puntos de interés, se seleccionaron las estaciones fluviométricas de la Tabla 4.57, utilizando como criterio elegir aquellas que están en estado activo y que se encuentran más cercanas a los puntos mencionados.

Tabla 4.57: Estaciones fluviométricas consideradas en el cálculo del caudal actual según punto de interés.

Punto de interés	Estaciones fluviométricas consideradas	Rango de años con datos
Palpana	Río Loa antes represa Lequena	1967-2017
Calina	Río Loa en vado Santa Bárbara (DOH)	2006-2017
Ayquina	Río Salado en sifón Ayquina	1975-2017
Lasana	Río Loa en salida embalse Conchi	1976-2017
ChiuChiu	Río Salado A.J. Loa, Río Loa en Angostura	2002-2013, 2012-2017
Calama Alto	Río Loa en Escorial	1964-2017
Calama Medio	Río Loa en Escorial, Río Loa en Finca	1965-2017, 1971-2017
Calama Bajo	Río Loa en Finca	1971-2017
Coya	Río Loa D.J. San Salvador (Chacance)	1984-2015
Quillagua	Río Loa antes zona agrícola Quillagua	1998-2012

A partir de la información recopilada de las estaciones fluviométricas, se realiza un análisis de frecuencia que permite determinar los caudales mensuales según diferentes probabilidades de excencia, los cuales se presentan gráficamente desde la Figura 4.81 a la Figura 4.90. El caudal actual mensual con probabilidad de excedencia del 50% para cada punto y el nombre de la estación fluviométrica representativa se detallan en la Tabla 4.58.

Folio005923

Tabla 4.58: Caudal actual mensual en m3/s con probabilidad de excedencia del 50% según punto de interés.

Punto de interés	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Palpana	0,51	0,52	0,55	0,57	0,56	0,59	0,56	0,50	0,46	0,51	0,56	0,53
Calina	0,82	0,84	0,82	0,84	0,82	0,77	0,77	0,74	0,71	0,86	0,93	0,94
Ayquina	0,21	0,23	0,24	0,24	0,22	0,21	0,18	0,15	0,17	0,27	0,39	0,27
Lasana	1,78	1,76	1,77	1,76	1,76	1,71	1,73	1,69	1,69	1,80	1,86	1,92
ChiuChiu	1,43	1,41	1,42	1,41	1,41	1,37	1,39	1,36	1,35	1,44	1,49	1,54
Calama Alto	1,55	1,60	1,66	1,83	1,76	1,71	1,59	1,47	1,46	1,80	2,64	1,68
Calama Medio	0,98	1,12	1,24	1,33	1,26	1,09	0,97	0,88	0,86	1,08	1,63	1,09
Calama Bajo	0,41	0,64	0,83	0,83	0,76	0,47	0,35	0,28	0,27	0,36	0,61	0,50
Coya	0,58	0,86	1,03	1,30	1,18	0,95	0,68	0,51	0,43	0,41	0,93	0,62
Quillagua	0,28	0,73	1,52	1,94	1,67	1,19	0,66	0,30	0,25	0,19	0,22	0,15

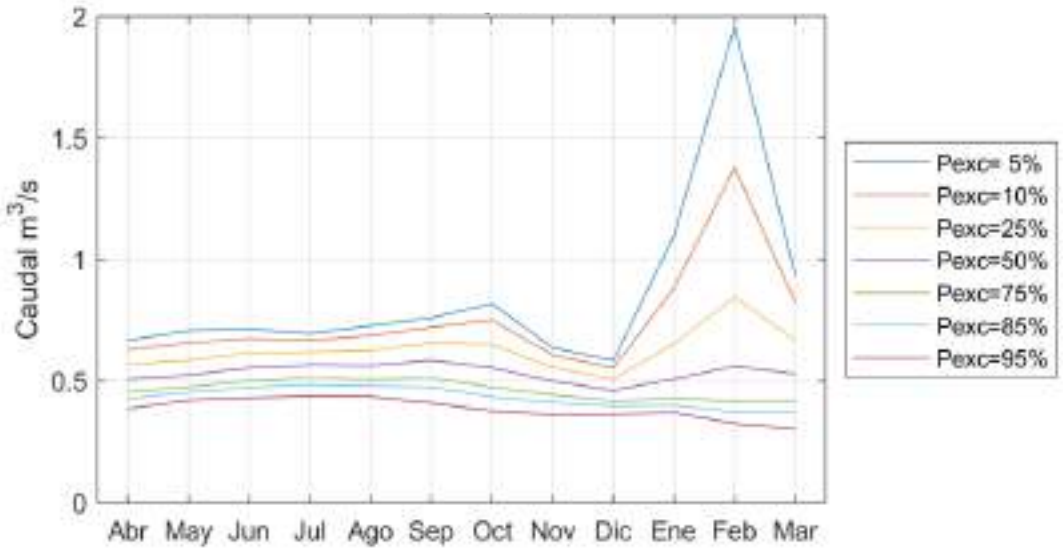


Figura 4.81: Caudal medio mensual en m3/s según probabilidad de excedencia construido a partir de datos fluviométricos en punto Palpana.

Folio005924

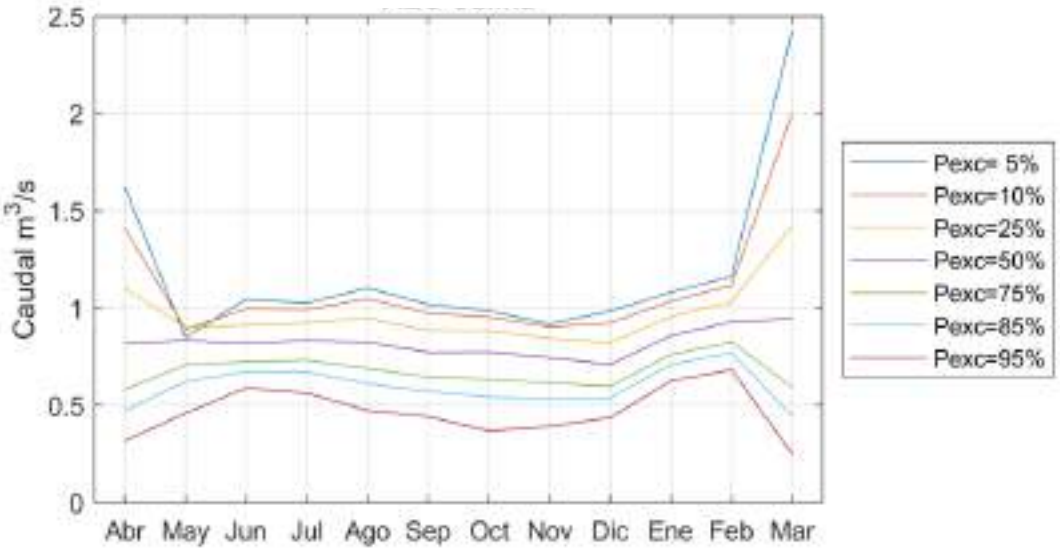


Figura 4.82: Caudal medio mensual en m3/s según probabilidad de excedencia construido a partir de datos fluviométricos en punto Calina.

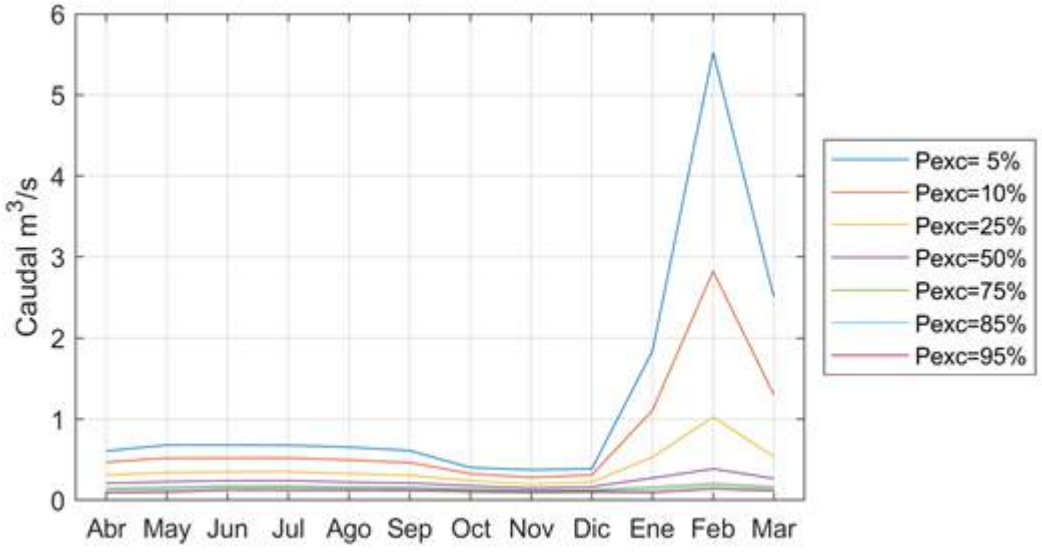


Figura 4.83: Caudal medio mensual en m3/s según probabilidad de excedencia construido a partir de datos fluviométricos en punto Ayquina.

Folio005925

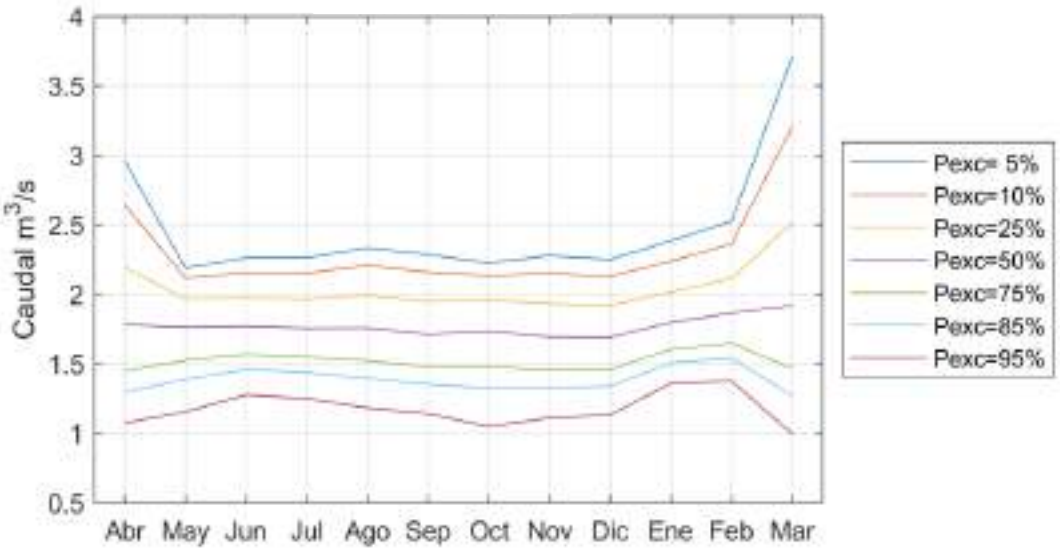


Figura 4.84: Caudal medio mensual en m3/s según probabilidad de excedencia construido a partir de datos fluviométricos en punto Lasana.

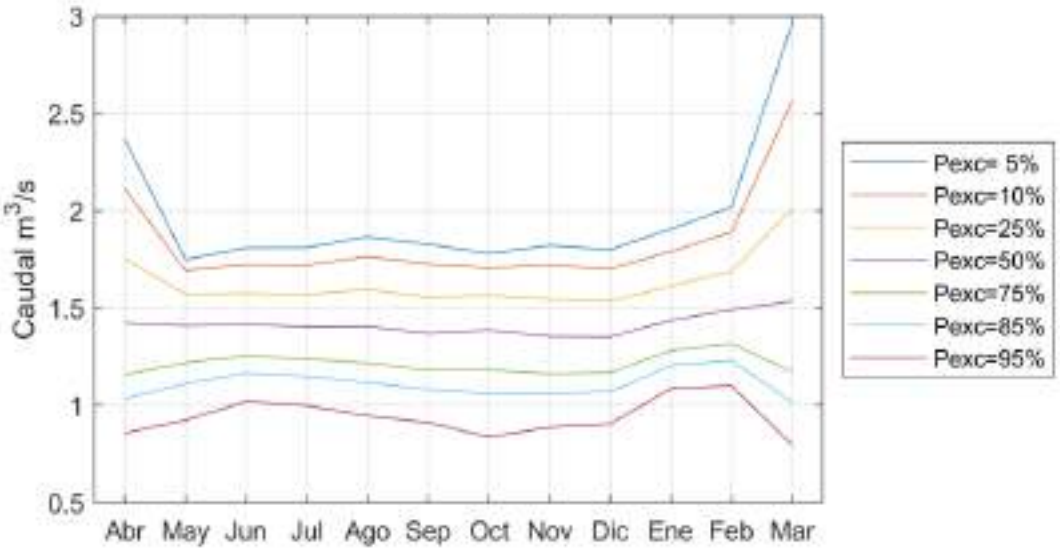


Figura 4.85: Caudal medio mensual en m3/s según probabilidad de excedencia construido a partir de datos fluviométricos en punto ChiuChiu.

Folio005926

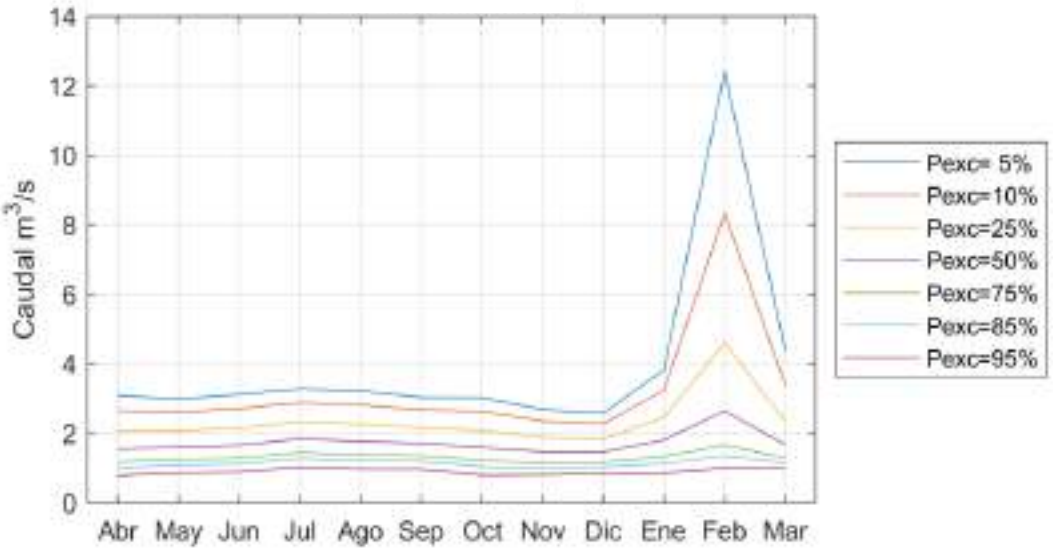


Figura 4.86: Caudal medio mensual en m3/s según probabilidad de excedencia construido a partir de datos fluviométricos en punto Calama Alto.

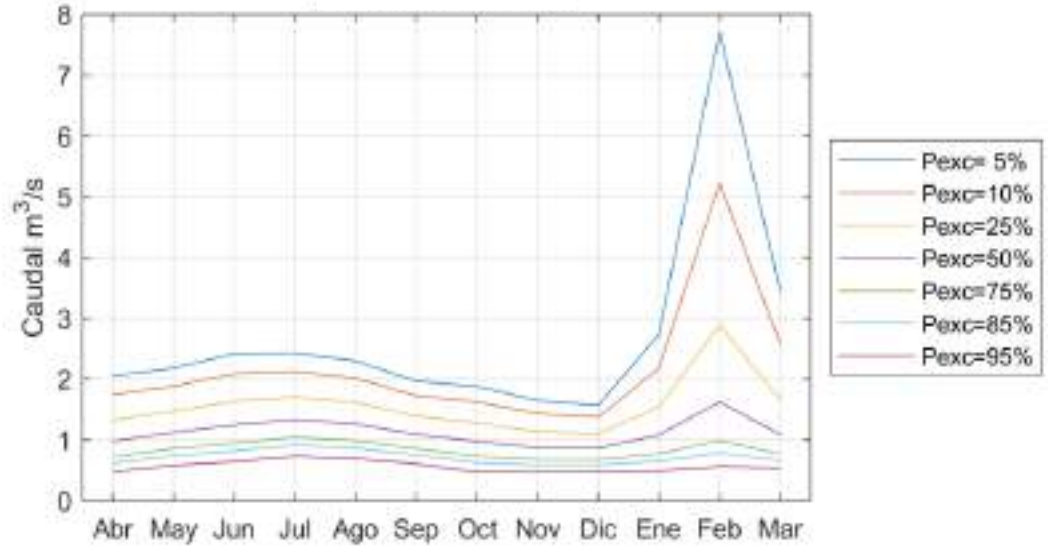


Figura 4.87: Caudal medio mensual en m3/s según probabilidad de excedencia construido a partir de datos fluviométricos en punto Calama Medio.

Folio005927

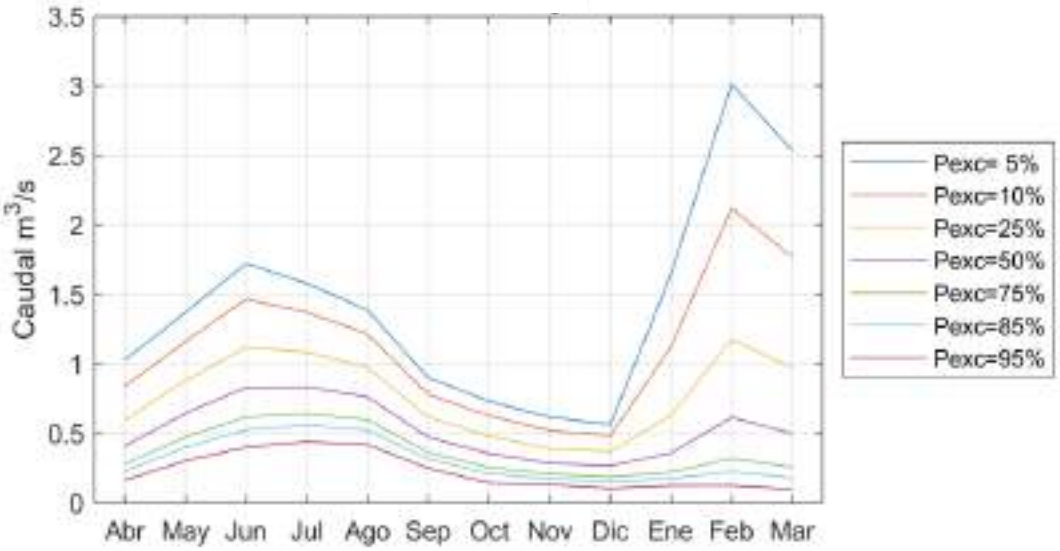


Figura 4.88: Caudal medio mensual en m3/s según probabilidad de excedencia construido a partir de datos fluviométricos en punto Calama Bajo.

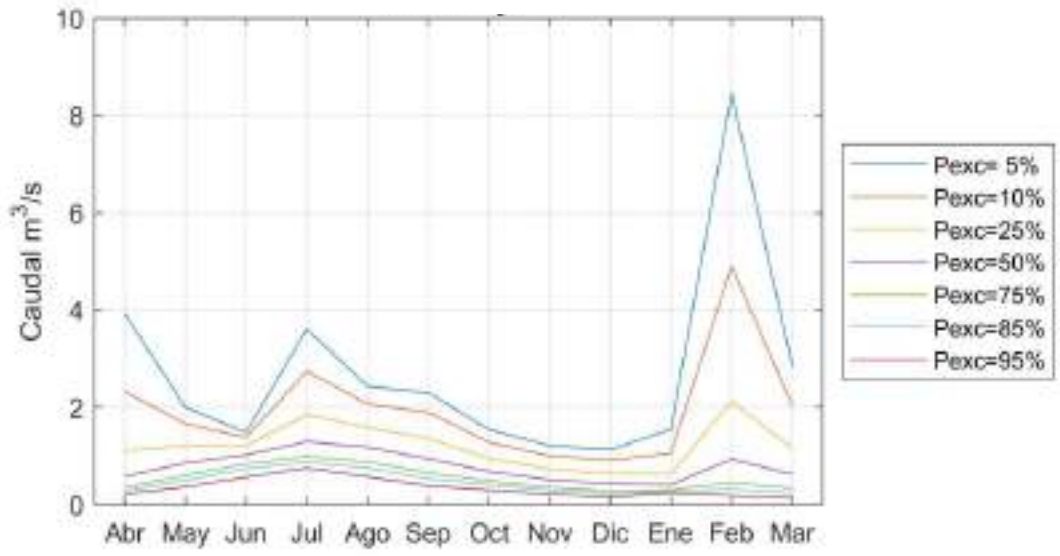


Figura 4.89: Caudal medio mensual en m3/s según probabilidad de excedencia construido a partir de datos fluviométricos en punto Coya.

Folio005928

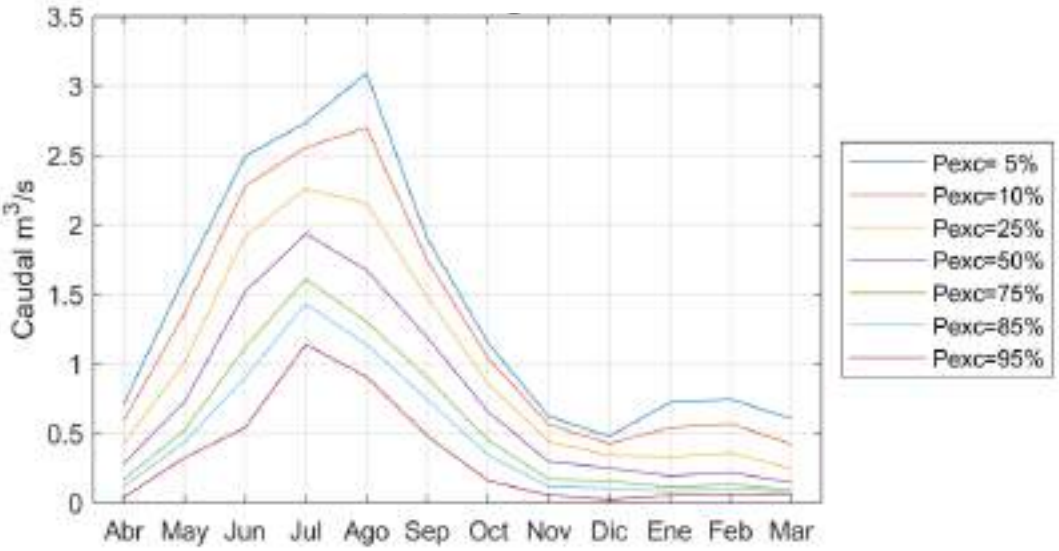


Figura 4.90: Caudal medio mensual en m3/s según probabilidad de excedencia construido a partir de datos fluviométricos en punto Quillagua.

4.4.2 Etapa 2: Definición de variables relevantes del sistema y determinación de la condición no alterada o "natural" del sistema

4.4.2.1 *Estimación de la Hidrología natural del sistema*

Con el fin de determinar la condición natural del sistema, es necesario realizar el levantamiento de todas las alteraciones de régimen natural del río, ya sean extracciones o reincorporaciones de caudal. Al identificar las alteraciones, según su derecho, periocidad y tipo, será necesario determinar la ubicación de estos, con lo cual poder construir el diagrama unifilar del río. De este modo, para un punto en particular a lo largo del río, se define el caudal natural como la suma entre el caudal acumulado por extracciones aguas arriba y el caudal medio mensual actual.

De las extracciones observadas actualmente, se identifican usos sociales (agua potable), uso industrial y uso en riego, cuyas demandas se detallan en las tablas Tabla 4.28, Tabla 4.29, y Tabla 4.32.

Dado lo anterior, en la Tabla 4.59 se presenta el caudal acumulado que en un régimen natural, se reincorpora a cada punto de interés definido anteriormente.

Folio005929

Tabla 4.59: Caudal reincorporado mensual en m3/s a cada AEC

Punto de interés	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Palpana	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calina	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Ayquina	1,77	1,77	1,76	1,76	1,77	1,80	1,83	1,85	1,84	1,80	1,80	1,75
Lasana	1,42	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,42	1,43	1,44	1,43	1,42
ChiuChiu	1,60	1,55	1,55	1,55	1,54	1,54	1,57	1,60	1,65	1,69	1,68	1,61
Calama Alto	3,37	3,32	3,30	3,31	3,31	3,34	3,40	3,45	3,50	3,49	3,48	3,36
Calama Medio	3,68	3,57	3,49	3,46	3,48	3,54	3,63	3,73	3,81	3,94	3,97	3,81
Calama Bajo	4,14	3,97	3,85	3,80	3,83	3,92	4,04	4,18	4,29	4,52	4,59	4,37
Coya	4,58	4,38	4,22	4,17	4,20	4,31	4,46	4,63	4,76	5,07	5,17	4,90
Quillagua	4,64	4,44	4,28	4,23	4,26	4,37	4,52	4,69	4,82	5,13	5,23	4,96

Este caudal reincorporado se calcula a partir de la información de extracciones industriales presentada en la Tabla 4.29 y las demandas de riego históricas por zona de riego presentadas en la Figura 4.57 considerando pérdidas por infiltración, evaporación y la reincorporación de parte del flujo según las proporciones mostradas en la Tabla 4.31.

Al sumar las reincorporaciones presentadas en la Tabla 4.59 con el caudal actual presentado en el acápite anterior, se obtienen los hidrogramas de caudal medio mensual para cada punto presentados desde la Figura 4.91 a la Figura 4.100.

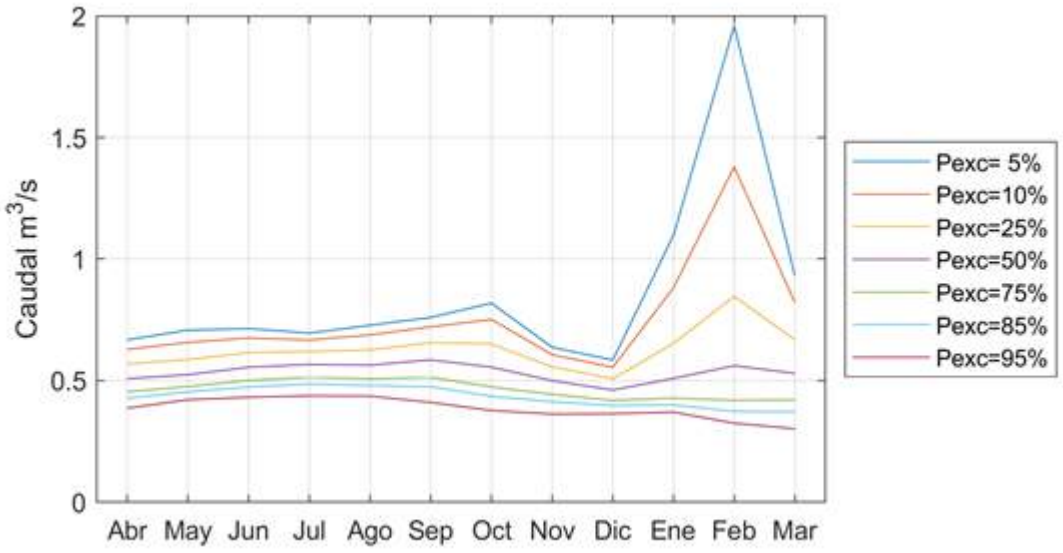


Figura 4.91: Caudal natural mensual en m3/s según probabilidad de excencia para punto Palpana.

Folio005930

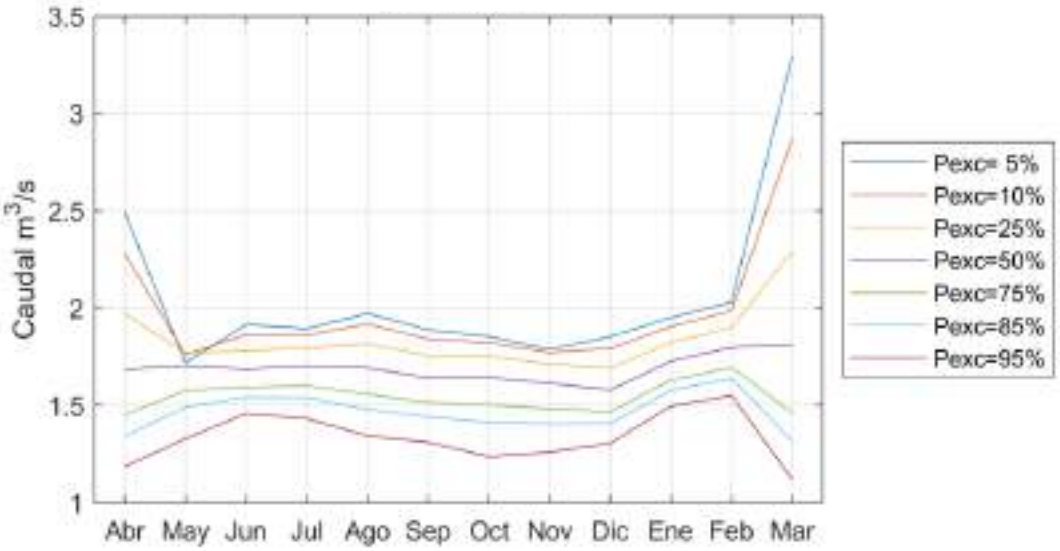


Figura 4.92: Caudal natural mensual en m3/s según probabilidad de excencia para punto Calina.

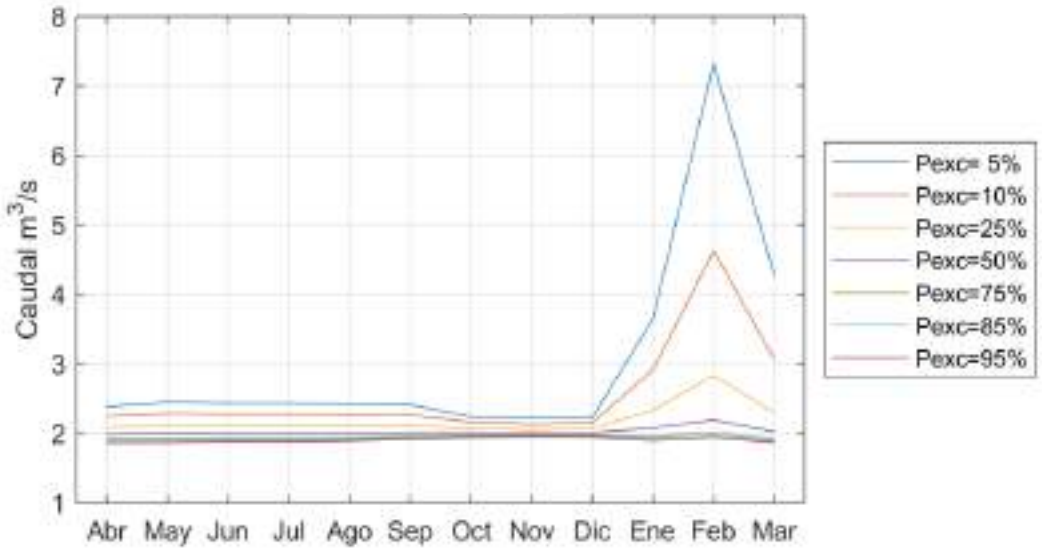


Figura 4.93: Caudal natural mensual en m3/s según probabilidad de excencia para punto Ayquina.

Folio005931

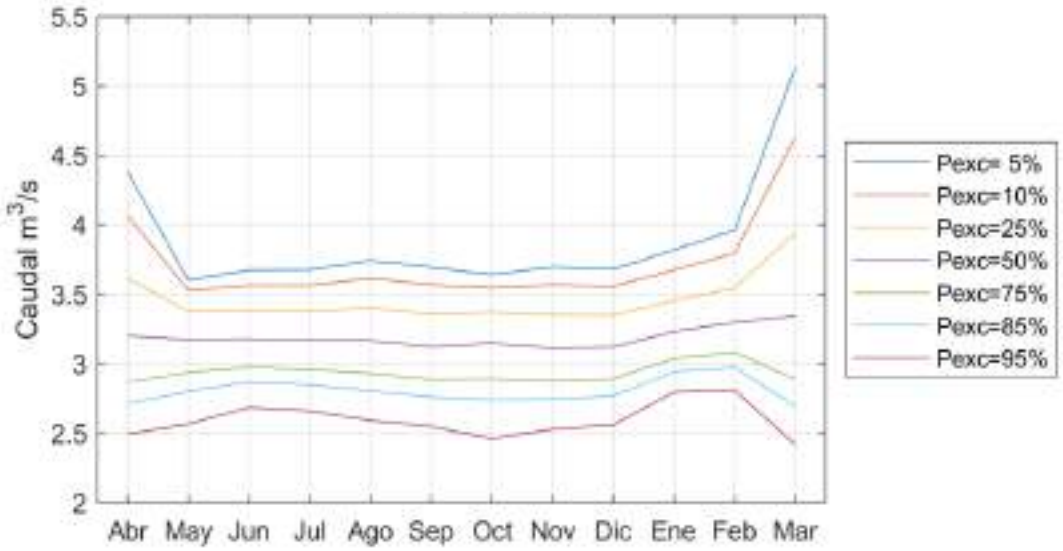


Figura 4.94: Caudal natural mensual en m3/s según probabilidad de excencia para punto Lasana.

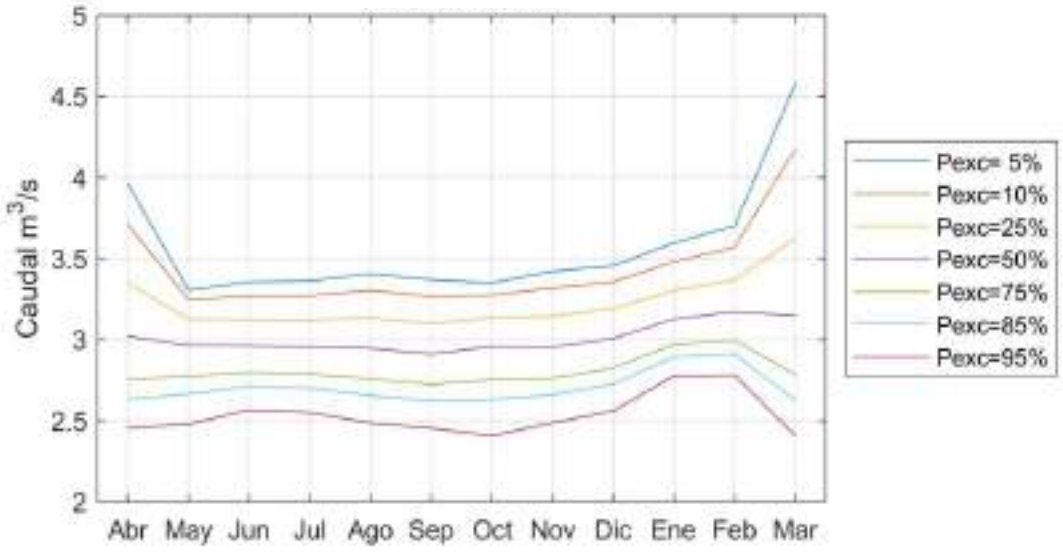


Figura 4.95: Caudal natural mensual en m3/s según probabilidad de excencia para punto ChiuChiu.

Folio005932

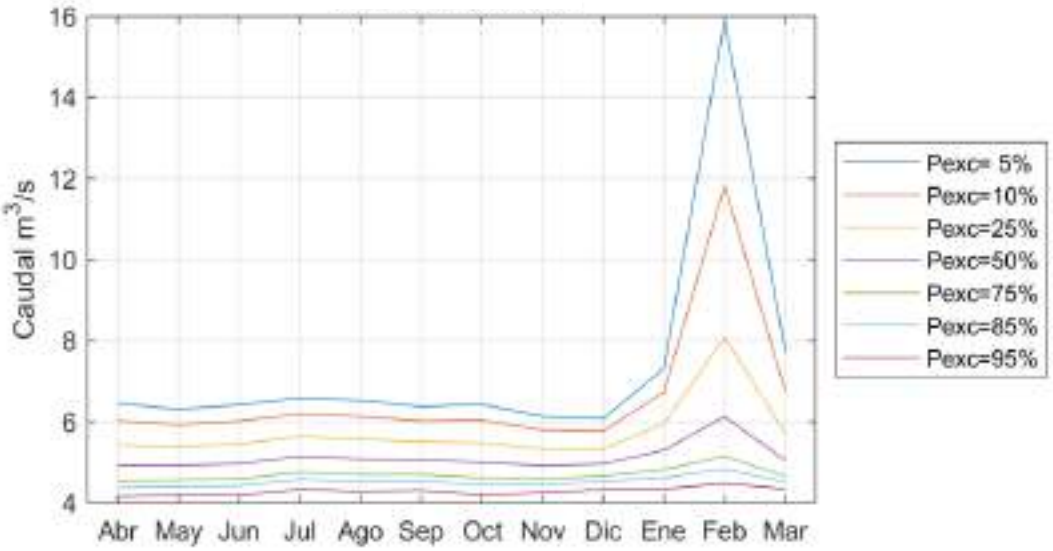


Figura 4.96: Caudal natural mensual en m3/s según probabilidad de excencia para punto Calama Alto.

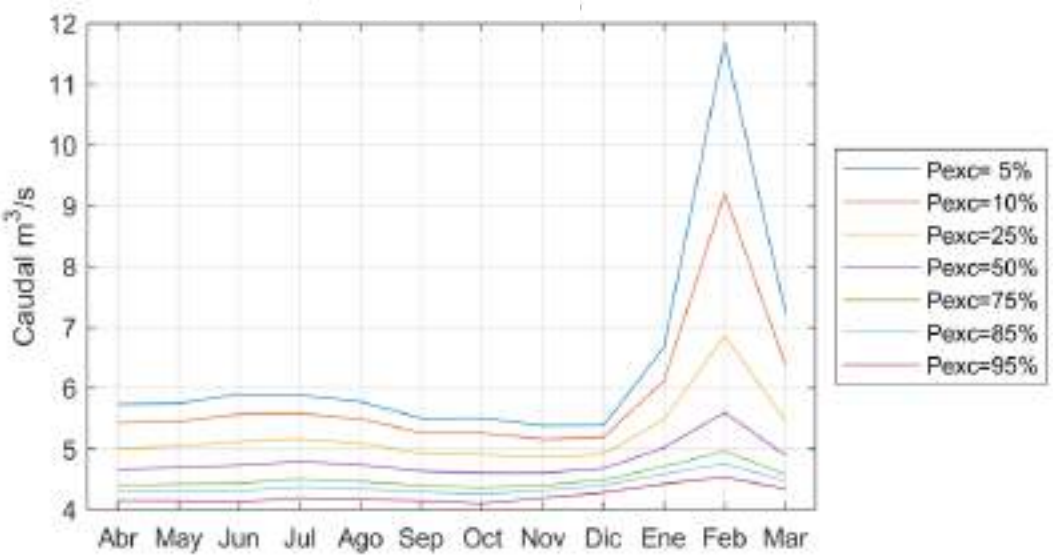


Figura 4.97: Caudal natural mensual en m3/s según probabilidad de excencia para punto Calama Medio.

Folio005933

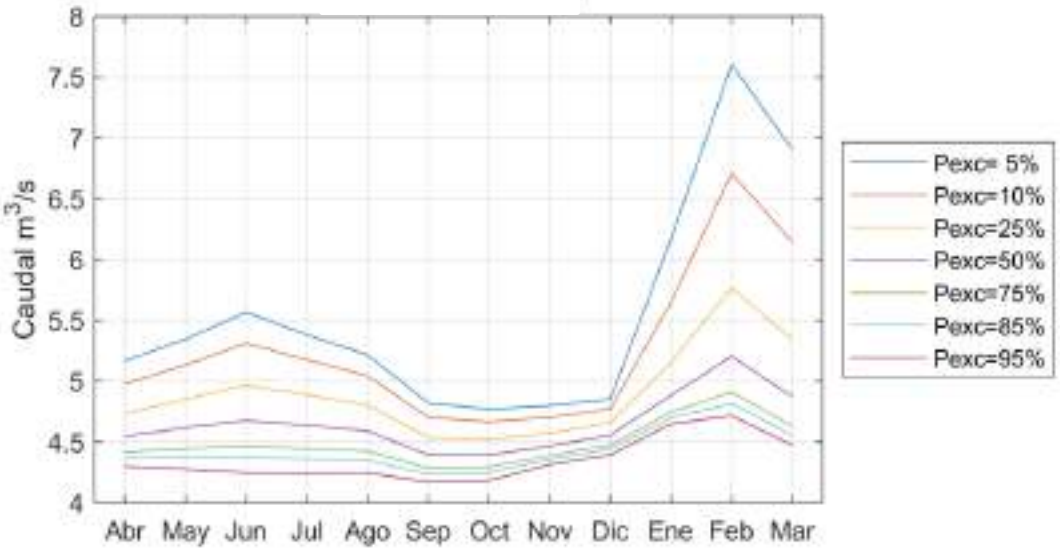


Figura 4.98: Caudal natural mensual en m3/s según probabilidad de excencia para punto Calama Bajo.

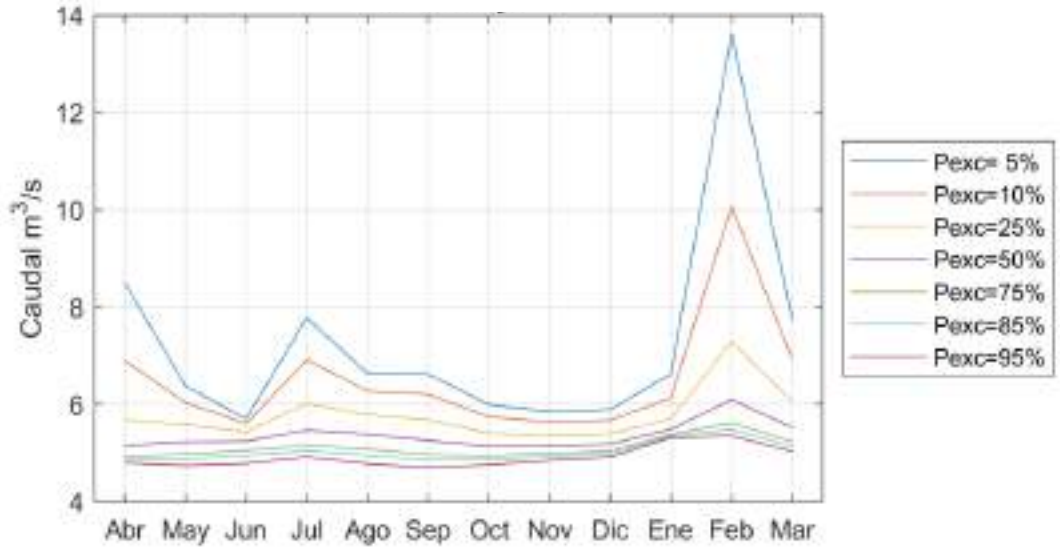


Figura 4.99: Caudal natural mensual en m3/s según probabilidad de excencia para punto Coya.

Folio005934

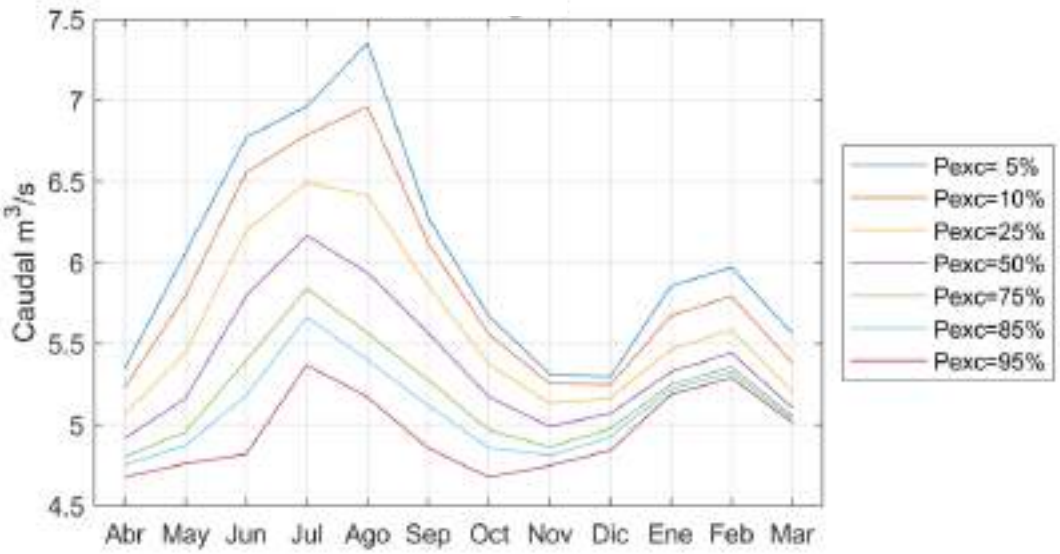


Figura 4.100: Caudal natural mensual en m3/s según probabilidad de excencia para punto Quillagua.

De este modo, en la Tabla 4.60 se presenta el caudal medio mensual según probabilidad de excedencia del 50% por punto de interés:

Tabla 4.60: Caudal medio mensual en m3/s según probabilidad de excedencia del 50% en puntos de interés.

Punto de interés	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Palpana	0,51	0,52	0,55	0,57	0,56	0,59	0,56	0,50	0,46	0,51	0,56	0,53
Calina	1,69	1,70	1,69	1,70	1,69	1,64	1,64	1,61	1,58	1,73	1,80	1,81
Ayquina	1,98	1,99	2,00	2,00	1,99	2,01	2,01	2,00	2,01	2,08	2,19	2,02
Lasana	3,20	3,17	3,18	3,17	3,17	3,12	3,15	3,11	3,12	3,23	3,30	3,34
ChiuChiu	3,02	2,96	2,96	2,96	2,95	2,91	2,96	2,95	3,01	3,13	3,17	3,15
Calama Alto	4,92	4,92	4,96	5,14	5,08	5,05	5,00	4,91	4,96	5,30	6,12	5,04
Calama Medio	4,66	4,69	4,73	4,79	4,74	4,63	4,60	4,60	4,68	5,02	5,60	4,89
Calama Bajo	4,55	4,62	4,68	4,64	4,59	4,39	4,39	4,47	4,56	4,88	5,20	4,87
Coya	5,15	5,23	5,24	5,47	5,39	5,26	5,14	5,15	5,19	5,49	6,10	5,52
Quillagua	4,92	5,16	5,80	6,17	5,94	5,57	5,17	4,99	5,07	5,33	5,44	5,10

Folio005935

4.4.3 Etapa 3: Análisis de la biota y servicios ecosistémicos del sistema

4.4.3.1 *Biota presente en el sistema*

Dentro de las especies identificadas en el ecosistema del río Loa, destaca la presencia de fauna como reptiles, anfibios, macroinvertebrados bentónicos y peces, además de vegetación acuática y ribereña.

En cuanto a los reptiles, éstos no dependen directamente del flujo de agua. Sino que dependen de la presencia o ausencia del río, ya que existiendo éste, por muy mínimo que sea su caudal, crea las condiciones para que existan mosquitos y otras condiciones que permitan su supervivencia. Su hábitat, al igual que el de aves, se encuentra en las laderas del cajón del río alejado del cuerpo de agua.

Por otro lado, tanto los anfibios como la vegetación acuática y ribereña, dependen de los niveles de agua y su variacíon. Los anfibios y vegetación acuática se alojan preferentemente en pozones que se crean en sectores del río con baja o nula velocidad de flujo, mientras que la vegetacíon ribereña se encuentra en las cercanías del cauce gobernada por el nivel freático del suelo, el que a su vez depende del nivel del río y morfología de las riberas. Por lo tanto, estas especies se desarrollan y adaptan a los niveles medios del río. Es por ello que toma importancia para estas especies respetar el régimen intra anual del río, más que la magnitud del caudal propiamente. Por ello se considera la variabilidad de la componente ecológica del caudal ambiental, que corresponde a una de las componentes más determinantes en el régimen del caudal ambiental, igual a la variabilidad intra anual del caudal “natural” del río. Esta condición de caudal natural se detalla en la Etapa 4 (acápite 4.4.4).

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, los modelos de preferencia hidráulica existentes, han utilizado una serie de variables para describir la hidráulica del microhabitat, incluida la velocidad media de la columna de agua, la velocidad a una distancia fija desde el fondo, el número de Froude, el número de rugosidad de Reynolds y el número de hemisferio. Todos los enfoques enfrentan la dificultad de describir el microhábitat real de macroinvertebrados, dado que los diversos taxones difieren en tamaño y comportamiento y ocupan diferentes posiciones alrededor de las piedras y en el sustrato. (Doledec et al, 2006). En consideración de ésto, es necesario realizar un análisis a escala de microhábitat en los distintos tramos del río, lo cual no es posible de realizar con la resolución de información levantada y disponible en la bibliografía. Corresponde a una labor inviable para un análisis a escala de cuenca y escapa de los alcances del proyecto. Además, en el estudio de Doledec et al (2006), se mencionan rangos de preferencia de las especies bentónicas en torno a los 0,25 y 0,80 m/s. Estas condiciones de velocidad, resultan bastante menos restrictivas que los caudales y alturas de escurrimiento que requieren las especies de fauna íctica en general. Al tener velocidades mayores a los 0,80 m/s en el cauce, siempre existirán zonas en la sección transversal, en particular en las orillas, en donde se tendrán velocidades

Folio005936

bajas, y considerando la heterogeneidad de la morfología del cauce, se tienen en un mismo tramo, zonas de altas y bajas velocidades a escala de microhábitat.

Por lo anteriormente descrito, para la determinación de las condiciones hidráulicas del río que garanticen un desarrollo ecosistémico completo, se utiliza la fauna íctica como indicador, por ser la única categoría de especie que depende directamente de las condiciones hidráulicas del río, tales como velocidad y profundidad, para el desarrollo de su hábitat a una escala de tramos y no microhábitat. De la información de especies de fauna íctica localizada en el río Loa descritas en el acápite 3.2 (OE-1), solo se recopiló información de las especies *Oncorhynchus mykiss* y *Basilichtys Semotylus.* La primera, que corresponde a una especie introducida, se considera por estar relacionada con el servicio ecosistémico de aprovisionamiento por pesca para la comunidad. La segunda en cambio, corresponde a la única especie de fauna íctica nativa identificada en el río Loa y que se encuentra en peligro de extinción.

Dada la escasa información de curvas de preferencia para ambas especies de peces, se llevó a cabo una revisión bibliográfica de información referente a las preferencias de hábitat de éstas. Luego, se digitalizaron las curvas de preferencia encontradas para los distintos rangos etarios de las especies para los parámetros de velocidad y altura de escurrimiento, para posteriormente elegir la que represente de mejor manera las preferencias según las geometrías hidráulicas del río.

4.4.3.1.1 Oncorhynchus mykiss

4.4.3.1.1.1 Revisión de información

- ***"Simulating Spawning and Juvenile Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) Habitat in Colorado River Bases on High-Flow Effects"*, Yao et al. 2017, Water*:*** Los autores propusieron un modelo para evaluar los efectos de crecidas en la velocidad del río, profundidad, cambio de sustrato de fondo, distribución de temperatura y, en consecuencia, como se ven afectados los hábitats de los rangos etarios de desove y juvenil de la trucha arcoíris, aguas abajo de la "*Presa del Cañón Glen"*. Para esto, simularon la altura, velocidad y distribución de temperatura del flujo mediante un modelo 2D de altura promedio CFD (*"Computational Fluid Dynamics"*), que, en conjunto con las curvas de preferencia, se utilizaron para estimar valores del área ponderada usable (WUA) y el índice de idoneidad general (OSI), para así obtener la sensibilidad del hábitat en el área de estudio. Las curvas de preferencia fueron extraídas de un estudio específico realizado en el Río Colorado por Jowett et al. (2007), seleccionando solo 4 parámetros de interés que afectan el hábitat: altura, velocidad, tipo de sustrato y temperatura.
- ***"Hydraulic Geometry and Longitudinal Patterns of Habitat Quantity and Quality for Rainbow Trout (Oncorhynchus Mykiss)", Laliberte et al. 2013, River Research***

Folio005937

***and Applications*:** Los autores desarrollaron predicciones en calidad y cantidad de hábitat para 3 rangos etarios de la trucha arcoíris, considerando un rango de caudales caracterizados por valores medios anuales entre 1 m^3/s y 50 m^3/s. El hábitat físico se generó al anidar un modelo hidrodinámico bidimensional (River2D) dentro de un sistema de geometría hidráulica, utilizando coeficientes publicados para cuencas de baja y alta pendiente. Con los resultados de profundidad, altura y curvas de preferencia, se obtuvieron predicciones del área ponderada útil (WUA) y de la proporción de perfil del río que presentaría condiciones óptimas de habitabilidad. Las curvas de preferencia consideradas se obtuvieron del estudio realizado por Addley et al. (2003) para 3 rangos etarios de la trucha arcoíris: "Young of the year" (YOY), juvenil y adulto, para los parámetros de altura y velocidad.

- ***"Hydraulic geometry as a physical template for the River Continuum: application to optimal flows and longitudinal trends in salmonid habitat"***, **Rosenfeld et al. 2007, NRC Research Press:** Los autores evaluaron si las relaciones de geometría hidráulica pueden usarse como modelo físico para predecir tendencias longitudinales en la disponibilidad del hábitat y en los flujos óptimos para diferentes rangos etarios de la trucha arcoíris. Las curvas de preferencia consideradas fueron las obtenidas por Raleigh et al. (1984) para los estadios de alevín, juvenil, adulto y desove de la trucha arcoíris, para los parámetros de altura y velocidad.
- ***"Generalized instream hábitat models" Lamouroux N. and Jowett I., 2005, NRC Research:*** Estudios realizados en Francia sugieren que se pueden obtener valores de hábitat ponderado en función del caudal, usando datos hidráulicos simplificados. Los autores sometieron a prueba esta afirmación utilizando 99 secciones de río y 9 taxas acuáticas en Nueva Zelanda. Los resultados de los modelos de hábitat generalizados predicen valores similares a los predichos por los modelos convencionales de datos hidráulicos simplificados.

4.4.3.1.1.2 Curvas de preferencia digitalizadas

Las distintas curvas de preferencia de hábitat para los parámetros de altura y velocidad de escurrimiento, en los rangos etarios de alevín, juvenil, adulto y desove, se adjuntan desde la Figura 4.101 a la Figura 4.104.

Folio005938

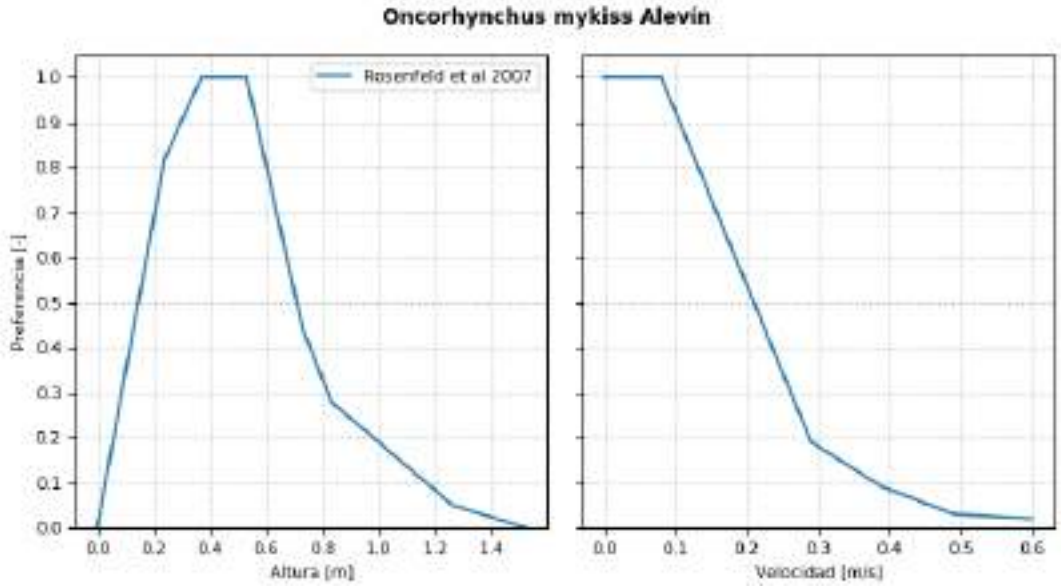


Figura 4.101: Curvas de preferencia de altura y velocidad, recopiladas para el Oncorhynchus mykiss en la etapa de alevín.

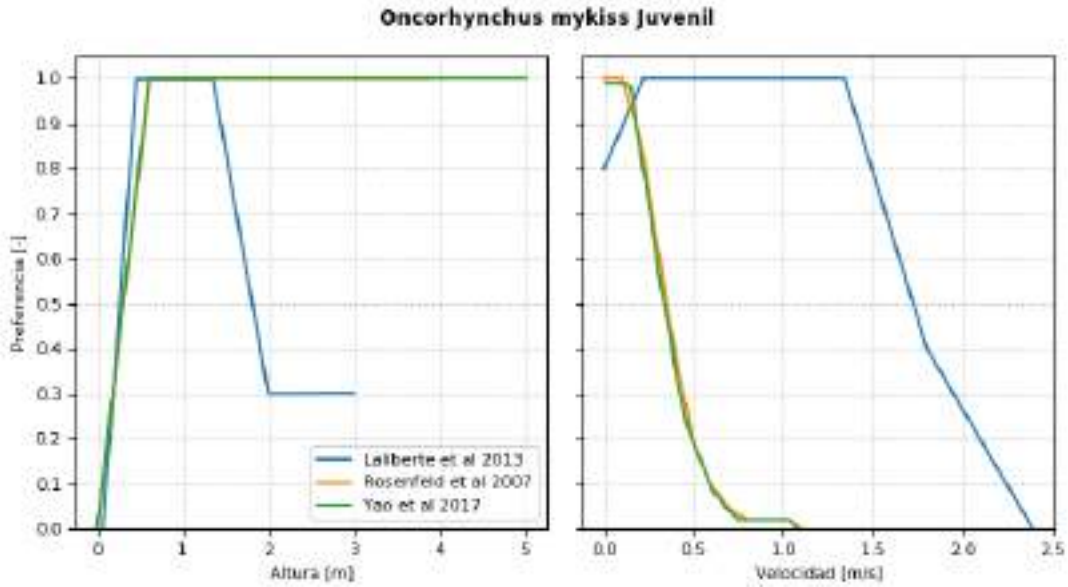


Figura 4.102: Curvas de preferencia de altura y velocidad, recopiladas para el Oncorhynchus mykiss en la etapa juvenil.

Folio005939

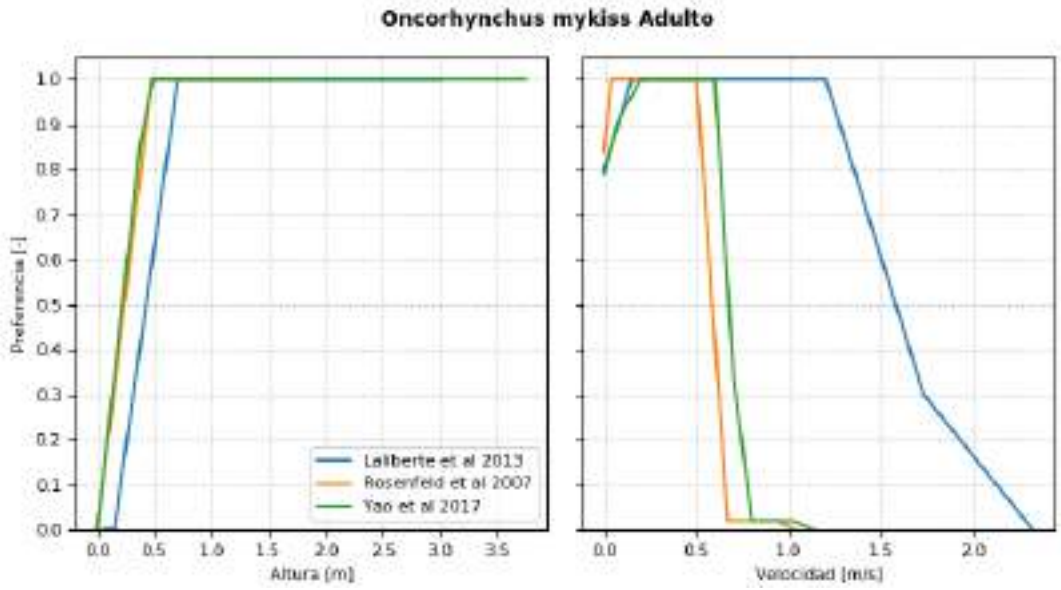


Figura 4.103: Curvas de preferencia de altura y velocidad, recopiladas para el Oncorhynchus mykiss en la etapa adulta.

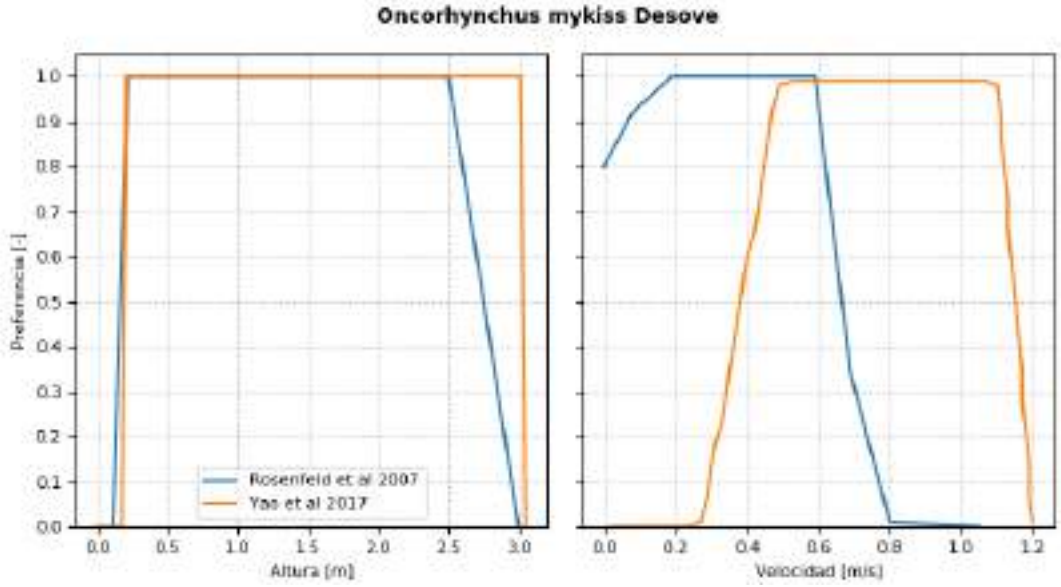


Figura 4.104: Curvas de preferencia de altura y velocidad, recopiladas para el Oncorhynchus mykiss en la etapa de desove.

Se consideró las curvas de preferencia presentadas por Rosenfeld et al (2007) como representativas de las preferencias de la Trucha Arcoíris a analizar, debido a que es el único autor de la recopilación de información que presenta curvas de preferencia para la etapa de alevín, por lo que, al considerar las curvas de preferencia en el resto de las etapas de vida de la trucha del mismo autor, se está respetando considerar las características de la misma muestra.

Folio005940

4.4.3.1.2 Basilichthys Semotylus

4.4.3.1.2.1 Revisión de información

- **"Determinación de caudales ecológicos en cuencas con fauna íctica nativa y en estado de conservación", DGA-CEA, 2008:** Se propuso un modelo conceptual para determinar el caudal ecológico de un río, incorporando un enfoque multiescalado y jerárquico. Para la evaluación de hábitat, se utilizó una nueva metodología en la obtención de curvas de preferencia, incorporando el análisis de la respuesta metabólica de los individuos ante los cambios de velocidad. Esta metodología fue aplicada en las cuencas del río Choapa (Norte), cuenca del río Bíobío (Centro) y cuenca del río San Pedro (Sur). En la cuenca norte se estudió el Pejerrey (*Basilichthys microleptidus*).

4.4.3.1.2.2 Curvas digitalizadas

Dado que la revisión de información no da cuenta de las curvas de preferencia para el *Basilichtys Semotylus*, se opta por una aproximación de estas a partir de la utilización de las condiciones hidráulicas del río en los sectores donde fue avistada la especie (Acápite 3.2 (OE-1)). Para esto, se desarrolla una modelación hidráulica en HEC-RAS con los caudales aforados en cada una de las áreas de evaluación, de manera que aquellas áreas donde se avistó la especie, son aquellas donde las condiciones hidráulicas generan sectores habitables para esta. Es con estas condiciones hidráulicas que se desarrollan histogramas de caudal vs profundidad y caudal vs velocidad para la especie, los cuales se aproximan a las curvas de preferencia de la especie, como se muestra en la Figura 4.105.

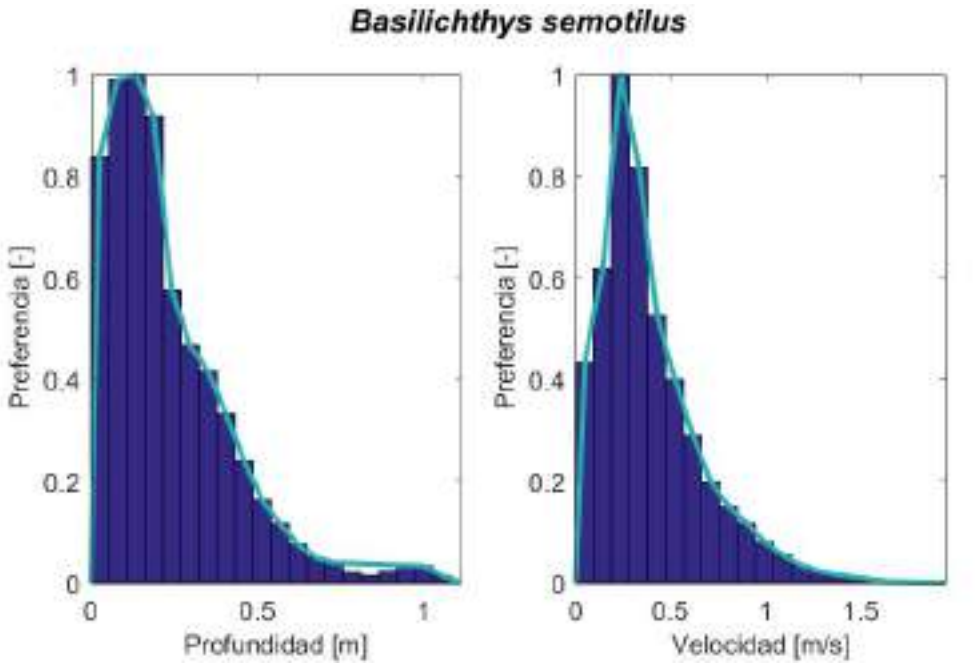


Figura 4.105: Curvas de preferencia de altura y velocidad, recopiladas para el Basilichthys Semotilus.

Folio005941

4.4.3.2 *Usos y Servicios Ecosistémicos en la cuenca*

De acuerdo con la revisión de antecedentes teóricos, se plantea como definición conceptual de los servicios ecosistémicos (SE) del río, a aquellos que brindan los ecosistemas: protección de la biodiversidad y conservación de los hábitats acuáticos, belleza escénica o paisajismo y el turismo asociado. La clasificación CICES propone tres categorías de servicios ecosistémicos, los cuales corresponden a:

- Servicios de aprovisionamiento
- Servicio de mantención o regulación
- Servicios culturales

Dentro de cada una de estas categorías se puede discriminar entre servicios bióticos y abióticos.

En el Capítulo 5: "Desarrollo OE-3" de este estudio, se realiza la identificación de los servicios ecosistémicos, los cuales se resumen a continuación:

Tabla 4.61. Consolidación de Servicios Ecosistémicos proporcionados por la cuenca del Río Loa.

Categoría	Ítem de consolidación	Clase CICES v 5.1
APROVISIONAMIENTO	Uso productivo agrícola	Plantas terrestres cultivadas (incluyendo hongos, algas) cultivadas con fines nutricionales
		Fibras y otros materiales de plantas cultivadas, hongos, algas y bacterias para uso directo o procesamiento
		Plantas cultivadas (incluyendo hongos, algas) cultivadas como fuente de energía
	Uso productivo pecuario	Animales criados para proporcionar nutrición.
		Fibras y otros materiales de animales criados para uso directo o procesamiento (excepto materiales genéticos)
		Animales criados para proporcionar energía (incluyendo mecánica)
	Agua potable	Agua de superficie para beber.
	Agua uso industrial	Aguas superficiales utilizadas como material (no para bebida)
	Agua generación de energía	Agua superficial de agua dulce utilizada como fuente de energía.
	Agua potable	Agua subterránea para beber
	Agua uso industrial	Agua subterránea utilizada como material (no para bebida)
	Agua generación de energía	Agua subterránea utilizada como fuente de energía.
	Ítem de consolidación	Clase CICES v 5.1
SERVICIOS DE MANTENCIÓN O REGULACIÓN (Biótico)	Depuración de residuos o basuras.	Bio-remediación por microorganismos, algas, plantas y animales.
	Secuestro y almacenamiento de carbono	Filtración / secuestro / almacenamiento / acumulación por microorganismos, algas, plantas y animales.
	Moderación de fenómenos extremos	Ciclo hidrológico y Regulación del flujo de agua (incluido el control de inundaciones)
	Moderación de fenómenos extremos	Protección contra incendios
	Polinización	Dispersión de semillas

Folio005942

Categoría	Ítem de consolidación	Clase CICES v 5.1
	Control biológico de plagas	Mantención de poblaciones y hábitats de viveros (incluida la protección de la reserva genética)
	Clima local y calidad del aire	Procesos climáticos y su efecto en la calidad del suelo.
	Prevención de la erosión y conservación de la fertilidad del suelo	Procesos de descomposición y fijación y su efecto en la calidad del suelo.
	Secuestro y almacenamiento de carbono	Regulación de la condición química de las aguas dulces por procesos vivos.
	Clima local y calidad del aire	Regulación de la composición química de la atmósfera.
	Clima local y calidad del aire	Regulación de la temperatura y la humedad, incluyendo ventilación y transpiración.
	Ítem de consolidación	Clase CICES v 5.1
REGULACIÓN Y MANTENCIÓN (Aiótico)	Depuración de residuos o basuras	Dilución por los ecosistemas marinos y de agua dulce.
	Depuración de residuos o basuras	Mediación por otros medios químicos o físicos (por ejemplo, mediante filtración, secuestro, almacenamiento o acumulación)
	Regulación de los flujos de agua	Flujos de líquidos
	Depuración de residuos o basuras	Mantenimiento y Regulación por procesos químicos y físicos naturales inorgánicos.
CULTURAL (Abiótico)	-	Características naturales, abióticas de la naturaleza que permiten interacciones físicas y experienciales activas o pasivas.
	-	Características naturales, abióticas de la naturaleza que permiten interacciones intelectuales.
	-	Características naturales, abióticas de la naturaleza que permiten interacciones espirituales, simbólicas y otras.
	-	Características naturales, abióticas o características de la naturaleza que tienen un valor de existencia o legado

4.4.4 Etapa 4: Definición de ecosistemas en condición de referencia (“natural”) y actual

4.4.4.1 *Aproximación Metodológica para las “Condiciones de Referencia”*

La gestión de los recursos hídricos en Chile ha estado orientada principalmente a los cursos de agua permanentes y de uso no consuntivo. De acuerdo con los antecedentes entregados en acápites anteriores, el desarrollo de la evaluación del estado ecológico y la determinación de caudales ambientales, definidos como la fuerza motora fundamental para la determinación de la integridad de los ríos y su biodiversidad, puede desarrollarse en consideración de algunas aproximaciones más innovadoras y que incorporan de mejor manera ríos afectados por usos no consuntivos y consuntivos.

Para el desarrollo de las evaluaciones ambientales del caudal se propone:

i) Definir la condición de ecosistemas históricos, concepto subyacente al desarrollo de las líneas base y condiciones de referencia, usadas en los estudios de impacto ambiental y así evaluar los cambios potenciales de la biodiversidad y servicios ecosistémicos. En este

Folio005943

concepto subyace también la idea de estabilidad y resiliencia de los ecosistemas, para retornar a un estado estable en el ambiente.

ii) Definir la condición de ecosistemas en ríos regulados y con desviaciones de parte de su caudal, pudiendo retornar a un estado ecológico que se aproxime a las condiciones históricas de los ecosistemas.

iii) Planteamiento de metas u objetivos ***mínimos*** para mantener la biodiversidad actual y los niveles de servicios ecosistémicos que hoy proveen los ríos, dado que es posible que algunos ecosistemas no puedan retornar a sus estados históricos.

iv) Analizar la biodiversidad y funcionamiento ecosistémico de los ríos mediante el uso de modelos conceptuales o hipótesis reconocidas en el ámbito de la ecología, que permitan explicar las respuestas potenciales de los sistemas fluviales desde un punto de vista ecológico.

El esquema permite relacionar el caudal, objeto de las demandas de uso del agua de los ríos, con las hipótesis de funcionamiento de los ríos como ecosistemas y de su biodiversidad, aceptadas en el ámbito de la ecología.

La descripción ecológica podría ser establecida en un documento denominado “modelo de referencia que sintetiza toda la información que es necesaria para el diseño y planificación de un proyecto de restauración (Clewell & Aronson, 2013.)

En Chile, la información de los ríos como ecosistemas tiene un desarrollo reciente, y solamente en la última década se ha desarrollado investigación desde el punto de vista biológico, y más recientemente desde el punto de vista ecológico. Por otra parte, la información de los aspectos hidrológicos se ha centrado especialmente en el registro de los caudales para su uso. El Ministerio de Obras Públicas (MOP), a través de la Dirección General de Aguas (DGA), es el organismo que registra los caudales para otorgamiento y administración de derechos de agua según tipo y uso.

En este contexto de información en Chile, y los antecedentes teóricos indicados anteriormente, es conveniente definir una aproximación a las condiciones de referencia de los ecosistemas de ríos, basados en el caudal ambiental, como un aspecto fundamental. Esto significa que los datos de caudales de los ríos, son básicos para desarrollar una aproximación de “caudales naturalizados” como condición de referencia de los ecosistemas. Simultáneamente, considerar la información de grupos de organismos que se usan como descriptores de la condición del río, como son los peces, macroinvertebrados bentónicos, diatomeas y plantas de la vegetación ripariana, todos conforman los componentes bióticos de los ecosistemas. Estos grupos se caracterizan en función de su composición y abundancia, asociados a características físicas y químicas tanto del caudal

Folio005944

como del sustrato. También pueden incluirse características geomorfológicas del río, tales como la formación de canales y su dinámica.

En Chile, la información referente a las características bióticas de los ríos sin intervención antrópica a lo largo de su eje longitudinal, es escasa. Los datos se han obtenido principalmente en las últimas décadas, y sólo para unos pocos ríos, mucho después que se iniciara el uso consuntivo de agua en sus cuencas. Así, es difícil determinar una "condición de referencia" que se aproxime a un estado natural o con una baja intervención antrópica, o de una condición histórica en relación con estos componentes. Por otra parte, ecológicamente la "condición de referencia" se origina en la idea de un estado estable único y que en la actualidad ha cambiado, aceptándose que pueden existir varios estados estables para un ecosistema. En este contexto de conocimiento, las observaciones actuales difícilmente pueden ser usadas como representativas de las condiciones no perturbadas o mínimamente perturbadas o históricas. Entonces, se propone considerar el estado actual, como un punto en un gradiente de cambio temporal de los ecosistemas ribereños. En los casos que existiera información documentada (descripciones pasadas), ella podría considerarse como (o parte de) la "condición de referencia". Por otra parte, los ecosistemas cambian a lo largo del eje longitudinal del río, tal como ha sido propuesto por la idea del "río continuo" (Vannote et al 1980), lo que implica obtener para varias localidades los antecedentes para establecer las "condiciones de referencia" respectivas de esos ecosistemas.

Dado que la aproximación de "condiciones de referencia" asume o supone un estado de estabilidad único de los ecosistemas, y la evidencia actual es que más bien ocurren múltiples estados estables, es más apropiado considerar que existen varios estados, que son fuertemente dependientes del "régimen de caudal actual". En relación con las características abióticas de los ríos, las condiciones de referencia pueden ser aspectos como el sustrato, propiedades fisicoquímicas del agua o el caudal con sus distintos componentes. Dada la existencia de registros de caudal, al menos de algunas décadas y en los principales ríos de Chile, sería conveniente usar el "régimen del caudal" como la variable con más información y establecer con ella una condición de referencia. En el caso que existan antecedentes sobre los componentes biológicos, se pueden establecer "condiciones de referencia" para grupos de organismos como peces, macrófitas, macroinvertebrados y diatomeas bentónicas.

4.4.4.1.1 Área de los Ecosistemas, Especies y Hábitat

Dada la importancia del caudal en los ecosistemas de ríos, el régimen del caudal es determinante para el área (espacio) que ocupan los ecosistemas a lo largo de los ejes longitudinales y laterales en los cursos de agua. Así, desde el punto de vista espacial, los ecosistemas tienen una extensión en concordancia con el régimen del caudal. Los cambios en el caudal pueden afectar la distribución de especies acuáticas como peces, macroinvertebrados, microalgas y vegetación ripariana. Por otra parte, el régimen del

Folio005945

caudal y las características físicas y químicas del agua, determinan la presencia de las especies acuáticas y, en consecuencia, su distribución espacial. La expresión espacial de las propiedades que determinan la presencia de las especies o grupos de especies, representan el *área del hábitat* para esos organismos.

Entonces, cambios en el régimen del caudal natural afectan la extensión o área de los ecosistemas y de las especies, teniéndose que distintos escenarios de caudal o del régimen del caudal, pueden proveer una "condición de referencia" de los ecosistemas y de la extensión del área de distribución de las especies a lo largo de los ríos.

Lo anterior permitirá estimar la distribución espacial de las especies en los ecosistemas acuáticos y riparianos, y sus localizaciones espaciales en función de sus características de hábitat en cada escenario, tomándose como condición de referencia la composición de especies presentes, e incluyendo aquellas especies posibles de estar presentes tanto en el eje longitudinal como lateral del río, en función de las características del hábitat de ellas, con la información actual disponible.

En términos prácticos, con la actual distribución de especies a lo largo del sistema, entendidas ellas como constitutivas de los ecosistemas y como "condición de referencia" del estado del mismo, se asumirá la posible expansión, contracción y/o desplazamiento de los espacios hoy por ellas ocupados, ante cambios en los caudales pasantes o régimen del caudal.

Con lo anterior, se utilizará la condición de referencia del caudal (naturalizado) para determinar la localización aproximada de los ecosistemas de referencia (distribución y o área del hábitat de las especies). Este resultado será comparable contra la condición dada por el régimen de caudal actual o cualquier otro escenario futuro propuesto.

Es esta condición de referencia (dada por el caudal, la distribución de especies y la condición del hábitat para ellas) la que será utilizada para la definición del régimen de caudal ambiental.

Finalmente, la evaluación del estado del sistema se basará en evaluar tanto la condición de las diferentes especies como la distribución de ellas, pudiéndose evaluar y comparar los diferentes escenarios (inclusive escenarios futuros de gestión).

4.4.4.2 *Determinación de Áreas de Evaluación de la Condición (AEC)*

Considerando la existencia de una definición para el tipo y extensión de los ecosistemas potenciales a lo largo del río, en cada uno de ellos se deberán identificar (definir) las áreas relevantes para el análisis. Así, similar al concepto de "Áreas de Importancia Ambiental" (AIA) definido en la Guía metodológica del SEA (2016), se deberán seleccionar las "Áreas para la Evaluación de la Condición" (AEC). Ellas corresponderán a tramos de río que sean característicos de los ecosistemas identificados, y en los cuales se desarrolla tanto la biota

Folio005946

(símil a "Área de Importancia Ecológica"-AIE en SEA, 2016) como los servicios ecosistémicos (símil a "Área de Uso Antrópico"-AUA en SEA, 2016). Estas áreas deben ser individualizadas, georreferenciadas y mapeadas, de forma de identificarlas de forma clara dentro de la cuenca.

Los sectores relevantes para el desarrollo de la biota, primera componente de las AEC, son aquellos que mantiene la heterogeneidad de hábitats del sistema fluvial, permitiendo conservar la biodiversidad del ecosistema. Éstas deben ser identificadas en base a la definición de ecosistemas y la caracterización del sistema. Producto de la extensión del río en estudio, será necesario definir varias AEC y considerando las singularidades del río que logran modificar las condiciones de hábitat y el desarrollo de diferentes ecosistemas. Las singularidades que pueden existir en el río incluyen a todas aquellas que puedan generar un cambio brusco en el sistema, como por ejemplo, un afluente que genera un aumento significativo de caudal y provoca un cambio en la dinámica fluvial, o un cambio brusco de pendiente que desconecte el flujo o cambie el régimen del flujo (p.ej. de torrente a río).

Uno de los criterios posibles de ser utilizados en la definición de las áreas de evaluación, podrá ser la potencial presencia de especies (biota) en él, las que pueden corresponder a especies de la fauna íctica o microinvertebrados, como también a plantas acuáticas. En particular, las especies de fauna íctica corresponderán al primer criterio de selección de especies para los estudios de caudal ambiental, similar a lo definido en la Guía del SEA (2016), lo cual es debido a la importancia que poseen en la ecología acuática por su rol de animales estructuradores del ecosistema y por presentar mayores requerimientos de caudal (por lo que satisfarían los requerimientos de otras especies como invertebrados) (SEA, 2016). Cabe señalar que dentro de la fauna íctica, tomarán relevancia aquellas especies que se encuentren con algún grado de protección y/o endemismo.

Complementariamente, parte de las AEC seleccionadas deberán dar cuenta de los servicios ecosistémicos provistos por el sistema, y en el caso en que ellos sean demasiados, podrán seleccionarse zonas donde se concentren varios servicios y/o se encuentren los más relevantes. Como criterios mínimos para la selección e inclusión de sectores en la evaluación, se deberá considerar el incluir los AEC que den cuenta de los hábitats de especies en categoría de conservación, zona del río que son utilizadas para actividades culturales y/o religiosas; y zona con uso del agua para aprovisionamiento, entre otras.

La primera aproximación para la determinación de las áreas relevantes y que son utilizadas para enfocar el estudio (recopilación y levantamientos de terreno) en los distintos tramos de la cuenca del río Loa, se realiza en función de los servicios ecosistémicos reconocidos. A partir de esto y considerando el análisis regional de presiones sobre el sistema, presentado en el Capítulo 3: "Desarrollo OE-1" de este informe, se pudo reconocer zonas en las cuales los servicios ecosistémicos se presentan con mayor concentración.

Folio005947

Por otro lado, se priorizó el servicio ecosistémico relacionado al hábitat de fauna acuática, debido a que, según la recopilación de antecedentes, se ha evidenciado la presencia de especies nativas amenazadas. En la Tabla 4.62, se presentan las especies recopiladas, tanto de los terrenos realizados como de antecedentes de otros estudios. A partir de esta última fuente se reconoció las especies *Basilichthys semotilus* (Pejerrey del norte grande), Mugil cephalus (Lisa) y Cryphiops caementarius (Camarón de río del Norte de Chile), sin embargo, solo el *Basilichthys semotilus* ha sido encontrado en las campañas de terreno que se han llevado a cabo a la fecha. Además, en las campañas de terreno llevadas a cabo, se ha podido encontrar Oncorhynchus mykiss (Trucha arcoiris) y Gambusia affinis (Pez mosquito), ambas especies introducidas.

Tabla 4.62. Fauna acuática localizada en el río Loa

Nombre Científico	Nombre Comun	Categoría	Estado de Conservación	Observada en terrenos del estudio
Basilichthys semotilus	Pejerrey del norte grande	Endémica	En Peligro	Sí
Mugil cephalus	Lisa	Nativa	Preocupación menor	No
Cryphiops caementarius	Camarón de río del Norte de Chile	Nativa	Vulnerable	No
Oncorhynchus mykiss	Trucha arcoiris	Introducida	Sin categoría	Sí
Gambusia affinis	Pez mosquito	Introducida	Sin categoría	Sí

Además de las especies acuáticas presentadas en la Tabla 4.62, existen otras especies con categoría de conservación que podrían encontrarse en la cuenca, tales como los anfibios presentados en el Capítulo 3: “Desarrollo OE-1”. Entre ellos se encuentra la especie endémica *Telmatobius dankoi* que solo ha sido encontrada en el sector de Ojo de Opache en las cercanías de Calama. Cabe señalar que los ejemplares presentes en Ojos de Opache fueron introducidos por medio del rescate de los individuos provenientes del hábitat natural original, el sector de la vertiente Las Cascadas, a unos 250 metros al norte del río Loa.

Para la selección de las AEC, se consideran los siguientes criterios:

- Relevancia ecológica e hidrológica
- Relevancia por desarrollo de actividades socio-productivas

Respecto a la relevancia ecológica se considera aquellos lugares donde hay antecedentes de presencia de fauna íctica nativa o endémica. También se consideran zonas donde existen acuíferos protegidos, ya que al tener mayor caudal superficial pasante hay una mayor infiltración y por ende se contribuye a su recarga, sin embargo, se considera como externalidad positiva, ya que no es determinante de la selección de las AEC. Según este criterio se seleccionan las AEC de Lasana, Chiu Chiu, Coya y Quillagua (ver Tabla 4.63).

Folio005948

Respecto a la relevancia por actividades socio-productivas, se consideran zonas en las cuales se concentra el desarrollo de agricultura y ganadería como actividades productivas asociadas a derechos de aguas otorgados. También se consideran los lugares que ofrecen servicios ecosistémicos culturales, recreativos o de interés turístico, tal como se reconocen y mapean en el Capítulo 5, de los cuales destacan zonas de camping, balnearios, sitios de ceremonias culturales. Según este criterio se seleccionan las AEC de Palpana, Calina, Lasana, Chiu Chiu, Ayquina, Calama (alto, medio y bajo), Coya y Quillagua (ver Tabla 4.63).

En el documento "Diagnóstico y Evaluación (2002-2015) de la Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta, los autores Villablanca & Ibarra (2015) se realiza una revisión sobre conservación de la biodiversidad, considerando especies en categoría de conservación, ecosistemas relevantes, vacíos de representatividad y áreas prioritarias. Respecto a estas últimas se consideran las áreas prioritarias, para las cuales las AEC de Palpana y las de Calama las consideran.

En cuanto a las AEC seleccionadas, en la Figura 4.106 se presenta su ubicación en la cuenca del río Loa.

Tabla 4.63. Áreas de importancia ambiental propuestas

Nombre AEC	Río	Subcuenca	Longitud [m]	Motivo	Fauna acuática relevante
Palpana	Loa	Alta	1385	Bajo acuifero protegido (Chela), arriba zonas interes turistico (Lequena), extracción agua potable	*Oncorhynchus mykiss* (Observada en terreno)
Calina	Loa	Alta	2950	Acuifero protegido, riego	*Oncorhynchus mykiss* (Observada en terreno)
Lasana	Loa	Alta	5958	Acuifero protegido, riego, derechos de agua, interes turistico	*Basilichthys semotilus* (Revisión bibliográfica)
Chiu Chiu	Loa	Alta	5929	Acuifero protegido, riego, derechos de agua, interes turistico	*Basilichthys semotilus* (Revisión bibliográfica)[11]
Ayquina	Salado	Alta	1718	Acuifero protegido, riego, derechos de agua, interes turistico	-
Calama alto	Loa	Media	4060	Acuifero protegido, riego, derechos de agua, interes turistico	*Basilichthys semotilus* (Revisión bibliográfica)
Calama medio	Loa	Media	6356	Acuifero protegido, riego, derechos de agua, interes turistico	-
Calama bajo	Loa	Media	7971	Acuifero protegido, riego, derechos de agua, interes turistico	*Basilichthys semotilus*, en el sector de la Finca (EIA Lomas Bayas 2019).
Coya	Loa	Media	7990	Derechos de agua, interes turístico/recreativo	*Mugil cephalus* (Revisión bibliográfica) y *Basilichthys semotilus* (Observada en terreno, en río San Salvador en la junta con río Loa)
Quillagua	Loa	Media y baja	5286	Sitio prioritario, Derechos de agua	*Mugil cephalus* y *Basilichthys semotilus* (Revisión bibliográfica)

[11] Antecedentes de avistamientos en Lasana y Chiu Chiu, además de otros sectores, se puede encontrar en MMA, 2015: Fauna íctica continental nativa de Chile.
Se adjunta documento en Anexos Digitales/OE 1 Recopilación y sistematización/ OE1_Referencias.

Figura 4.106. Ubicación Áreas de Evaluación de la Condición (AEC)

Folio005951

4.4.5 Etapa 5: Evaluación del estado de hábitat y servicios ecosistémicos en condición "natural", definición del criterio y estimación del régimen del caudal ambiental

La evaluación del estado del hábitat y de los servicios ecosistémicos del sistema, y la definición de un régimen de caudal ambiental, están enmarcadas en el desarrollo de información y metodología que permitan no solamente realizar una definición estática de sistema, sino que también sirvan como instrumentos para el desarrollo y gestión del río en sí. Es por ello que para poder no solamente evaluar una condición "natural" del sistema, sino que evaluar otras condiciones posibles (actuales y futuras), se considera la utilización de la aproximación al caudal ambiental IFIM (Instream Flow Incremental Methodology). Como es descrito en Stalnaker et al (1995), esta metodología busca integrar el concepto de la planificación de las fuentes de agua, los modelos analíticos de ingeniería hidráulica y de calidad del agua, y de hábitat derivado empíricamente versus funciones de flujo. Esta metodología cuenta en su base con el entendimiento hidrológico del sistema evaluado, permitiendo con ello incorporar en sus bases, las limitaciones en el uso del recurso (disponibilidad).

La metodología produce simulaciones de la cantidad y calidad del "hábitat potencial" resultante del desarrollo del agua propuesto, ilustrados a través de una serie de regímenes de flujo alternativos. Así, los métodos incrementales se convirtieron en herramientas de selección cuantitativa de las alternativas de manejo de las aguas, los que definen la base para la discusión sobre el uso de las aguas y la toma de decisión final sobre ella.

Cabe señalar que la metodología IFIM completa considera un proceso de evaluación de escenarios con todos los usuarios y tomadores de decisiones relacionados al sistema natural evaluado, con lo que el resultado final permite resolver el problema de la gestión integral del recurso (Gopal, 2013). En el presente caso, la consideración de los diferentes usuarios (intereses) es incorporada mediante la evaluación de los servicios ecosistémicos prestados por el río. Un componente importante de IFIM es un conjunto de modelos informáticos llamado Physical Habitat Simulation (PHABSIM), que incorpora hidrología, morfología del río y las preferencias de microhábitat para generar relaciones entre el flujo y la disponibilidad del hábitat (Bovee, 1982).

El uso de la herramienta PHABSIM requiere de información específica de la hidráulica del río, la cual puede ser derivada de diferentes maneras. En el presente estudio el desarrollo de la hidráulica del sistema fluvial es llevado a cabo utilzando el software *HEC-RAS* (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System), que corresponde a un modelo hidráulico unidimensional para el cálculo del eje hidráulico (USACE, 2016). Dentro de las principales características del modelo, es posible indicar que el modelo es aplicable a ríos y canales de régimen subcrítico, supercrítico o régimen mixto. El enfoque base es resolver la ecuación de energía unidimensional, considerando la fricción (Manning), contracciones/expansiones y obstrucciones por elementos típicos en un río, como por

Folio005952

ejemplo, un puente. La geometría del modelo se construye en base a perfiles transversales de topobatimetría, los que son levantados en campañas de terreno y desde otros estudios y literatura existente y específica del sistema. Mediante *HEC-RAS* es posible realizar una interpolación entre los perfiles transversales medidos, con lo que es posible dar continuidad al modelo y completar la información en las zonas intermedias que cuentan con menor información batimétrica.

La modelación del hábitat requerida es realizada en el software PHABSIM (Physical Habitat Simulation), el que permite obtener como producto final el hábitat ponderado útil[12] (llamado WUA por su sigla en inglés "Weighted Usable Area") para distintos caudales de simulación (Milhous y Waddle, 2012). El software se basa en el supuesto de que las especies acuáticas están limitadas por la disponibilidad de hábitat físico, es decir, por las condiciones hidráulicas generadas por el caudal pasante. Así, se combina y cruza la información acerca de la preferencia de condiciones hidráulicas de la especie acuática (curvas de idoneidad) con las condiciones de la hidráulica resultante para distintos caudales, generando como respuesta la idoneidad que tendrá la especie ante las distintas condiciones hidrológicas. En la modelación se utiliza el modelo HABTAE, correspondiente al principal modelo de hábitat disponible en PHABSIM, debido a que este entrega una mayor versatilidad en las simulaciones de hábitat en términos de la velocidad de la corriente.

A diferencia de la modelación hidráulica, el modelo PHABISIM es desarrollado/aplicado de forma separada para cada subtramo del río a evaluar, obteniéndose el hábitat ponderado útil en cada uno de ellos. PHABSIM utiliza los resultados de la modelación hidráulica ejecutada en HEC-RAS y la geometría de las secciones transversales para describir cada tramos o sección, interpretándolo com un agregado de celdas, en cada una de las cuales se conoce la profundidad, la velocidad del escurrimiento y el sustrato para cada condición hidráulica (Figura 4.107).

[12] El hábitat ponderado útil corresponde a una medida creada para dar cuenta del tamaño (espacio) disponible para que las especies evaluadas puedan desarrollarse a un cierto nivel de preferencia.

Folio005953

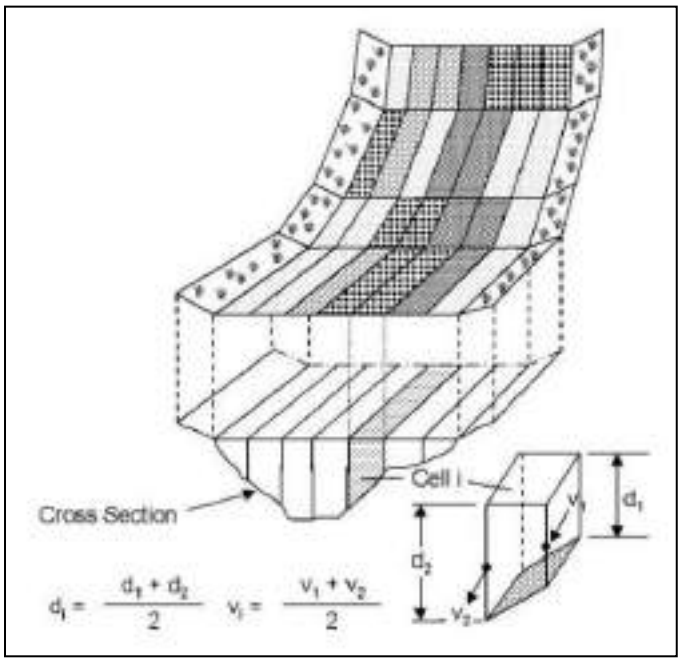


Figura 4.107: Conceptualización de un tramo de río en PHABSIM.

En el esquema de la Figura 4.108 se indican los pasos requeridos en PHABSIM para realizar la modelación. En primer lugar, se ingresarán los datos de geometría y calibración de PHABSIM, donde se incluye la información de las secciones transversales a simular y las velocidades asociadas al caudal de calibración. Esta información se interpola a partir de los datos y resultados del modelo hidráulico. Adicionalmente, se ingresan los caudales de simulación y las curvas de idoneidad a utilizar para cada especie objetivo.

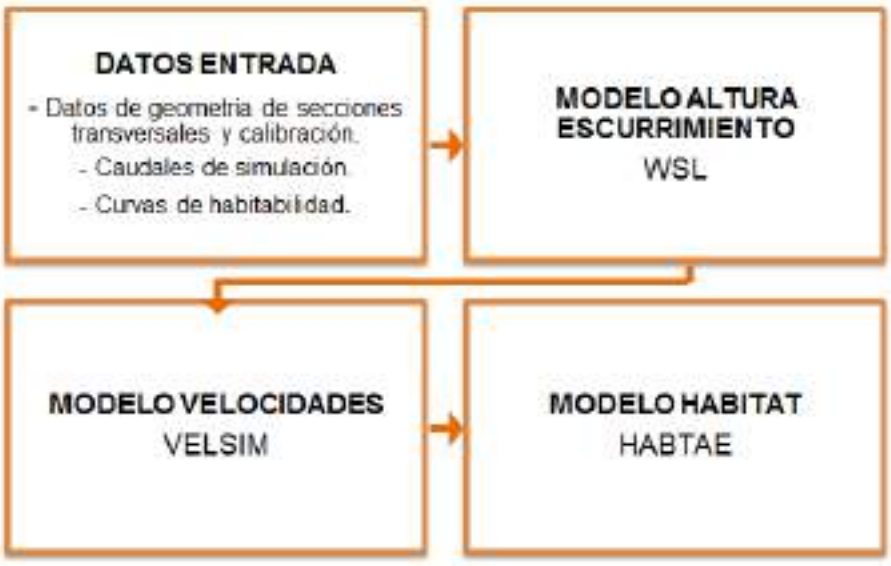


Figura 4.108: Esquema de módulos a ejecutar en PHABSIM.

Folio005954

A continuación, se describe la implemetación de ambos modelos junto resultados obtenidos desde ellos.

4.4.5.1 *Modelo Hidráulico*

El desarrollo del modelo hidráulico del río Loa y sus afluentes, consiste en la simulación y calibración de las características morfológicas, batimétricas e hidráulicas del área de estudio, de las cuales se llevaron a cabo por medio del software Hydrologic Engineering Center y River Analysis System (HEC-RAS) y sus herramientas.

En la etapa de implementación de los atributos morfológicos y georreferenciados del cauce natural de los ríos de estudio, requirió inicialmente le desglose de los respectivos tramos de río que se utilizarán en la modelación (Figura 4.109), por lo que de acuerdo a la red hídrica del área de estudio, disponible por parte de la dirección general de aguas (DGA), se logró importar cada figura con su forma y correcta ubicación por medio de la herramienta "RAS-mapper", la cual permite editar y recalcular los atributos de la figura modificada, con su respectivos reconocimientos de los puntos de unión entre afluentes (Junctions), tal como se ejemplifica en la siguiente ilustración:

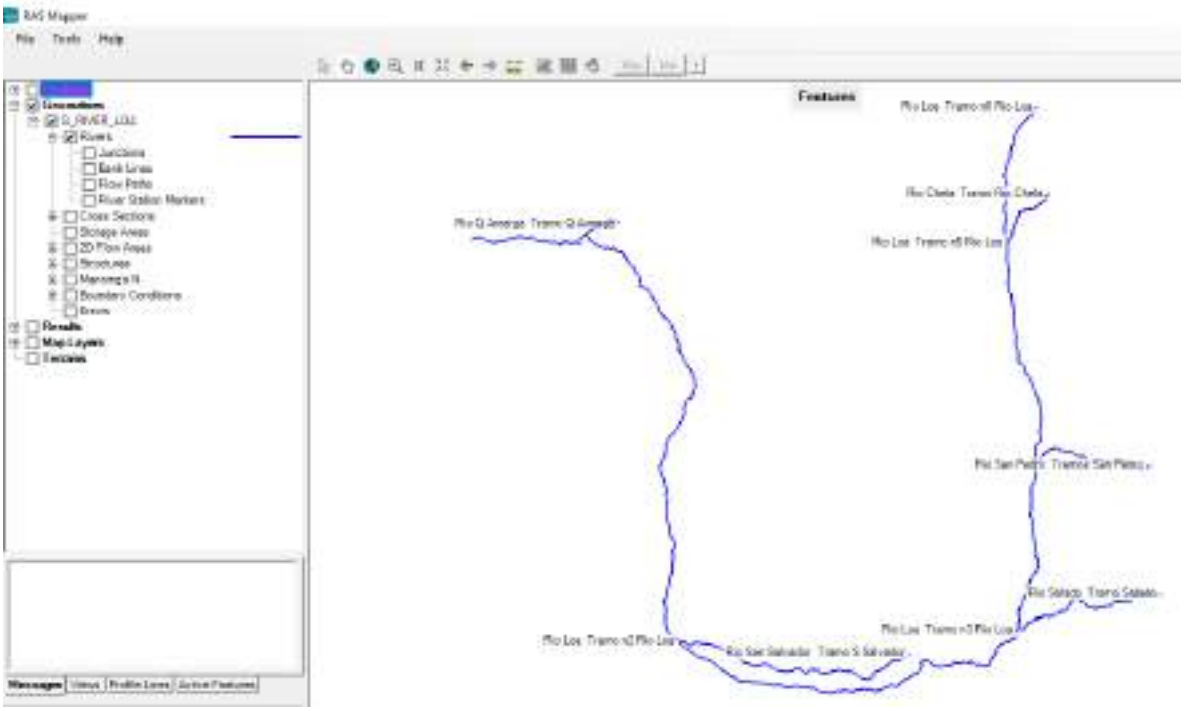


Figura 4.109. Visualización de los tramos de rio, programa HEC-RAS, Herramienta Ras-Mapper

Además, la herramienta permite modificar la georreferencia de cualquier elemento adjunto a la modelación, como es el caso de los perfiles transversales, los cuales derivan de las campañas batimétricas del Centro de Ecología Aplicada (CEA) y por parte la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), para que así, la etapa de implementación finalice con la

Folio005955

visualización del sentido de los cauces, junto con sus respectivos perfiles trasversales de cada tramo de rio de estudio.

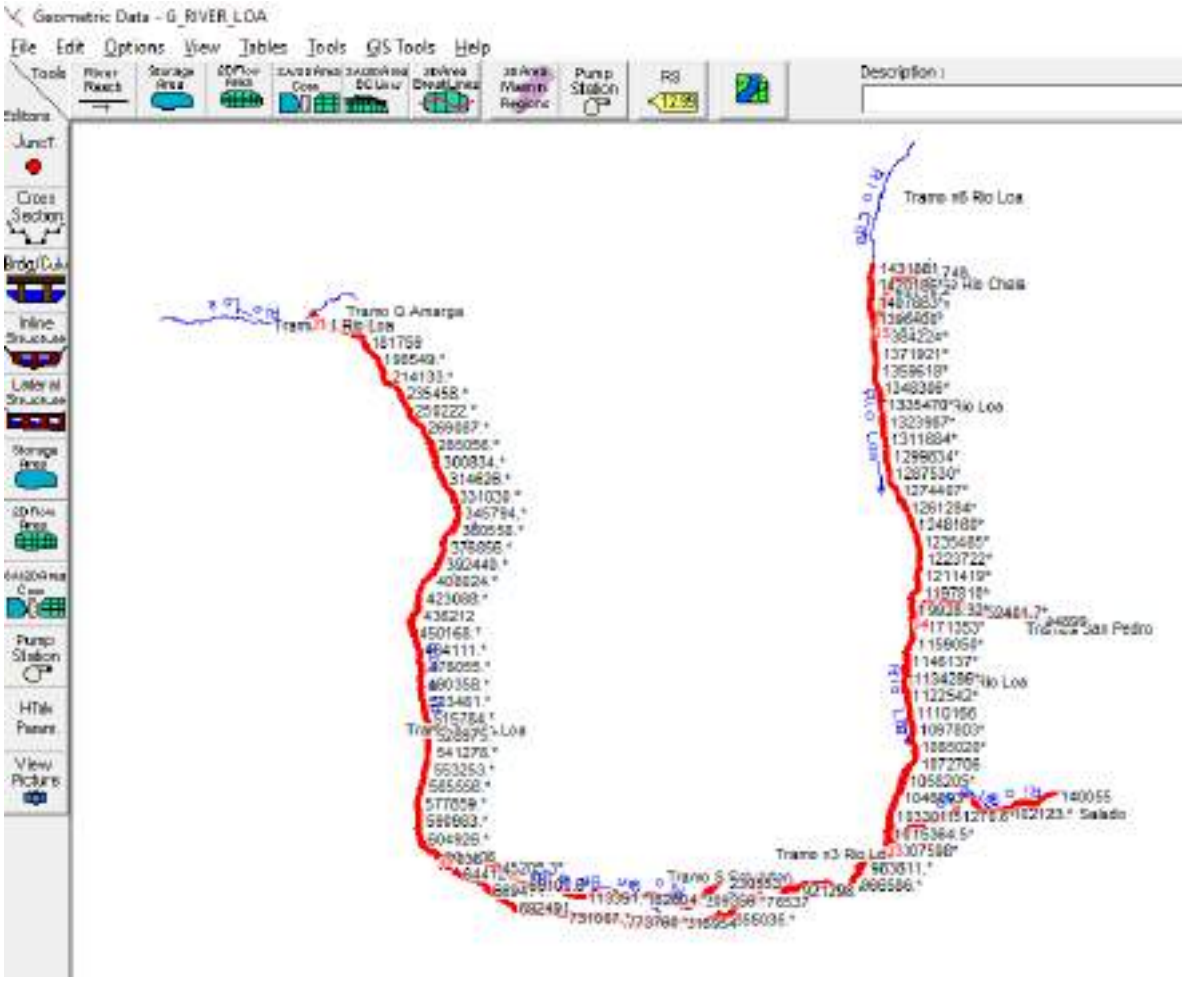


Figura 4.110.. Visualización del área de estudio, Programa HEC-RAS.

Producto a que temporalmente no se dispone de la información sedimentométrica, el régimen que se establece para la modelación es el de flujo permanente, así la simulación entrega ellos niveles de agua de cada perfil ingresado en función de su morfología y características topográficas, tales como la pendiente, además, se puede observar la representación en tres dimensiones de su comportamiento longitudinal (Figura 4.111).

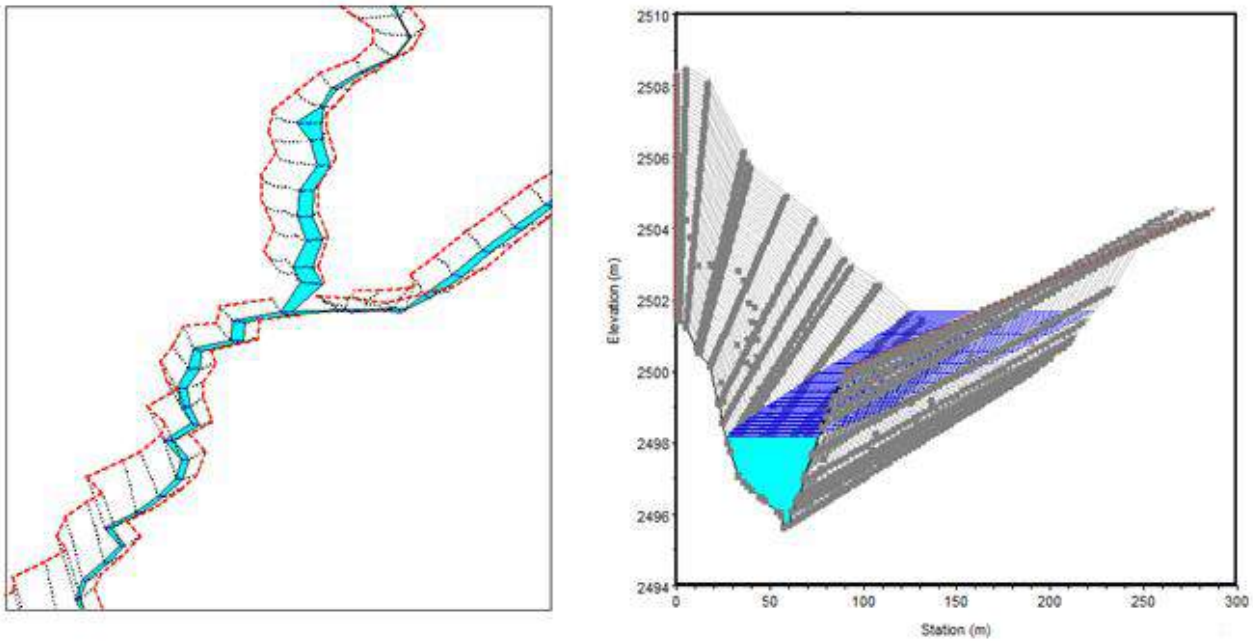


Figura 4.111.. Perfil longitudinal y transversal de un tramo de rio.

El proceso de modelación continúa con la calibración del coeficiente de rugosidad del cauce o coeficiente 'n' de Manning, el cual se obtiene de manera iterativa comparando las alturas de escurriemiento modeladas y medidas en terreno, teniendo como valor inicial, al estimado teóricamente. Para la determinación del coeficiente de Manning inicial para la iteración, se utilizaron los metodos de Cowan y de Jarrett (Mckey, K., Fischenich, C., 2011).

$$n_{Cowan} = m * (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

Donde:

n_{Cowan}: Coeficiente de rugocidad del cauce, metodo de Cowan (1959)
n_b: Valor base del coeficiente de rugocidad asociado a un canal recto y uniforme.
n_1: Factor de corrección de irregularidades de la superficie.
n_2: Factor por variaciones de forma y tamaño de la sección transversal.
n_3: Factor por el nivel de obstrucciones en el cauce.
n_4: Factor por el área de vegetación.
m: Factor de correción por caracteristicas meandricas del canal.

$$n_{Jarret} = 0.32 * {S_F}^{0.38} * {R_h}^{-0.16}$$

Donde:

n_{Jarret}: Coeficiente de rugocidad del cauce, metodo de Jarrett (1984)
S_F: Pendiente de energia del canal.
R_h: Radio Hidraulico.

Folio005957

Al realizar el levantamiento topobatimétrico se tenía preseleccionadas las AEC a considerar por lo tanto se realizó el levantamiento de perfiles transversales topobatimétricos con mayor concentración en estas zonas. Por lo tanto, en el modelo hidráulico se tienen las AEC mejor representadas que otros sectores.

Los caudales utilizados en la simulación corresponden a aquellos caudales resultantes del caudal natural para cada AEC, sin embargo, debido a que en algunos casos estos caudales son mucho mayores a 0, se simulan también caudales menores al mínimo natural, con objeto de poder representar una mayor gamma de regímenes de caudal en el río.

Las condiciones de borde utilizadas en la simulación hidráulica de cada AEC corresponden a un flujo de régimen mixto, en el cual se impone altura normal tanto aguas arriba como aguas debajo del AEC, cada cual dada según la pendiente que corresponda.

Puesto que sólo se cuenta con perfiles topobatimétricos en las áreas de estudio, para determinar las pendientes aguas arriba y aguas abajo del AEC se utiliza la pendiente resultante de los últimos dos perfiles topobatimétricos. Las pendientes utilizadas en la simulación se presentan en la Tabla 4.64.

Tabla 4.64: Pendientes utilizadas en la construcción del modelo hidráulico.

AEC	Pendiente (m/m)	
	Aguas arriba	Aguas abajo
Palpana	0,00825	0,00683
Calina	0,00607	0,02865
Ayquina	0,00694	0,01405
Lasana/ChiuChiu	0,00795	0,00092
Calama	0,00451	0,06220
Coya	0,00424	0,00336
Quillagua	0,00300	0,00322

Cabe mencionar que para las AEC Lasana – ChiuChiu y Calama Alto – Calama Medio – Calama Bajo se utiliza un solo modelo hidráulico, de modo que se utilizan las pendientes antes presentadas. Lo anterior se debe a que gracias a la gran cantidad de perfiles topobatimétricas en zonas intermedias, es posible representar de mejor manera las condiciones morfológicas del río que la que se podría lograr al analizar cada sección por separado.

4.4.5.2 *Simulación de hábitat y desarrollo de servicios ecosistémicos*

4.4.5.2.1 Modelación de Hábitat

Para la modelación de hábitat se utiliza el software PHABSIM, que requiere como input una modelación hidráulica en el tramo de río de interés para llevar a cabo la ponderación de hábitat útil. Lo anterior, permite el desarrollo de curvas de hábitat ponderado útil (WUA)

Folio005958

versus caudal para cada una de las AEC, las cuales se presentan en las Figura 4.112 a Figura 4.121.

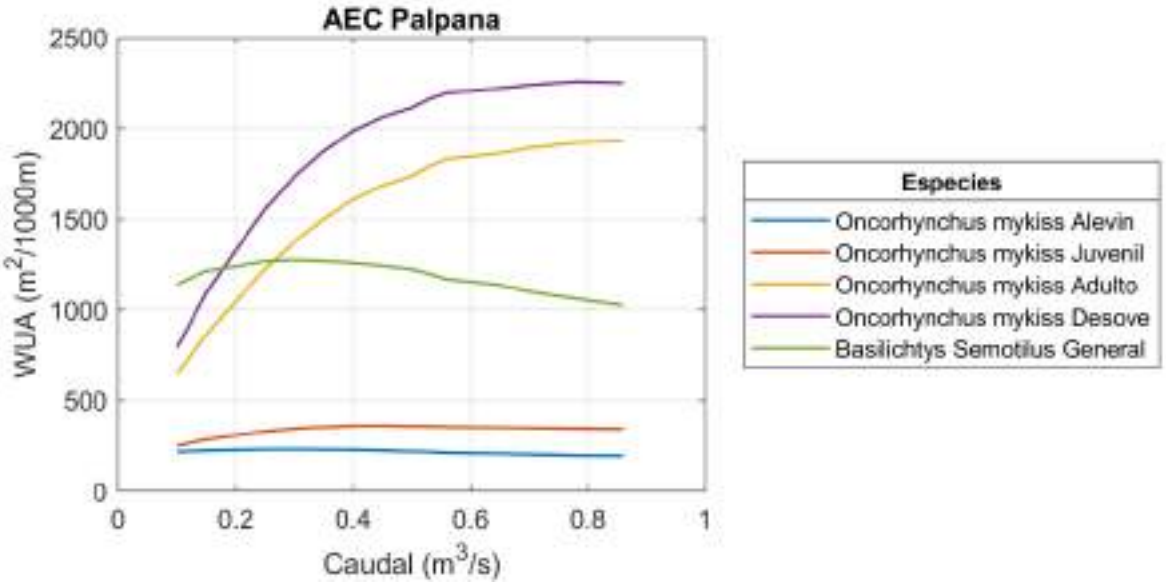


Figura 4.112: Curva de hábitat ponderado útil (WUA) para la *Oncorhynchus mykiss* en sus diferentes estadíos de vida y *Basilichtys Semolitus* simulado según las condiciones hidráulicas del AEC Palpana.

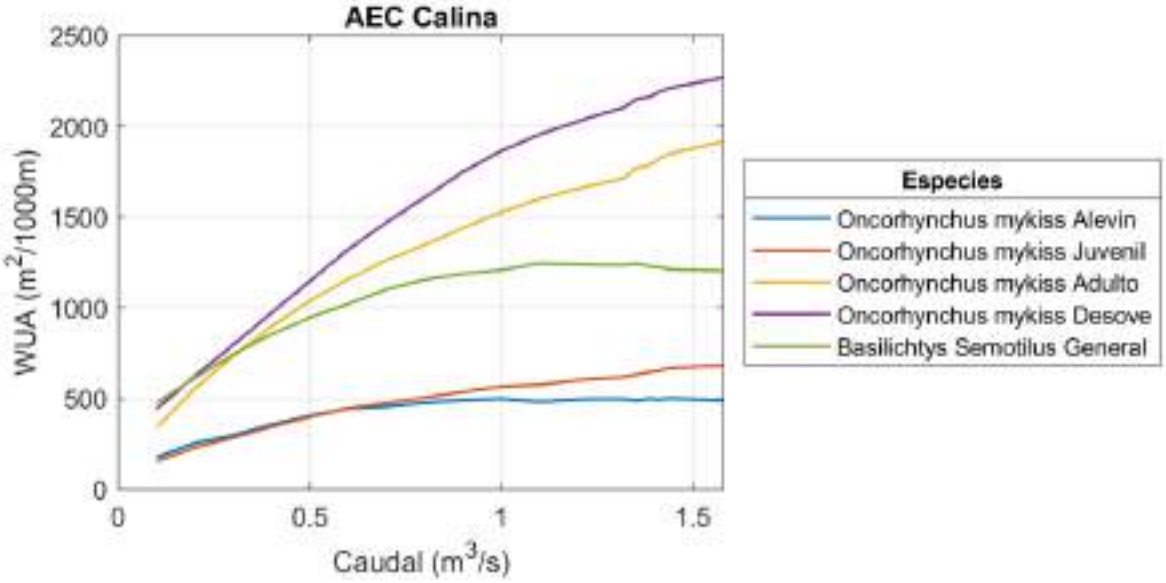


Figura 4.113: Curva de hábitat ponderado útil (WUA) para la Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estadíos de vida y Basilichtys Semolitus simulado según las condiciones hidráulicas del AEC Calina.

Folio005959

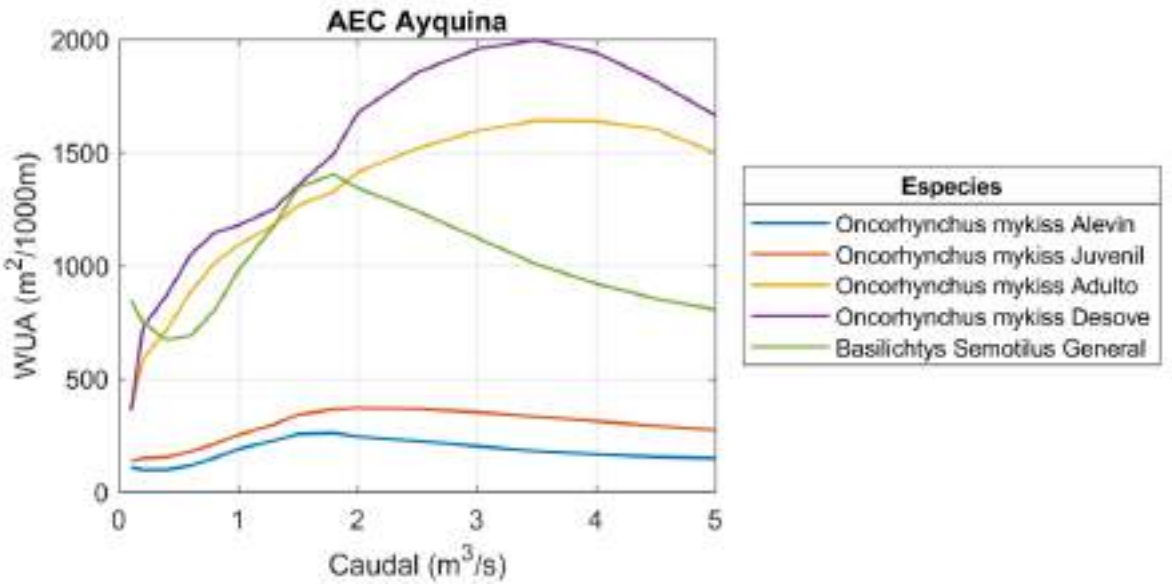


Figura 4.114: Curva de hábitat ponderado útil (WUA) para la Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estadíos de vida y Basilichtys Semolitus simulado según las condiciones hidráulicas del AEC Ayquina.

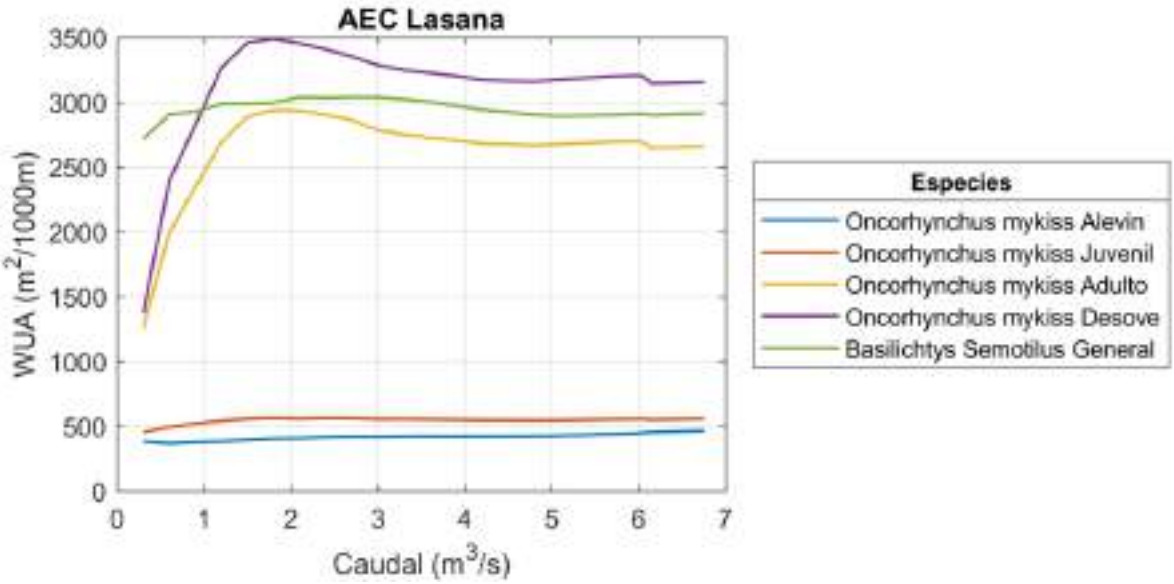


Figura 4.115: Curva de hábitat ponderado útil (WUA) para la Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estadíos de vida y Basilichtys Semolitus simulado según las condiciones hidráulicas del AEC Lasana.

Folio005960

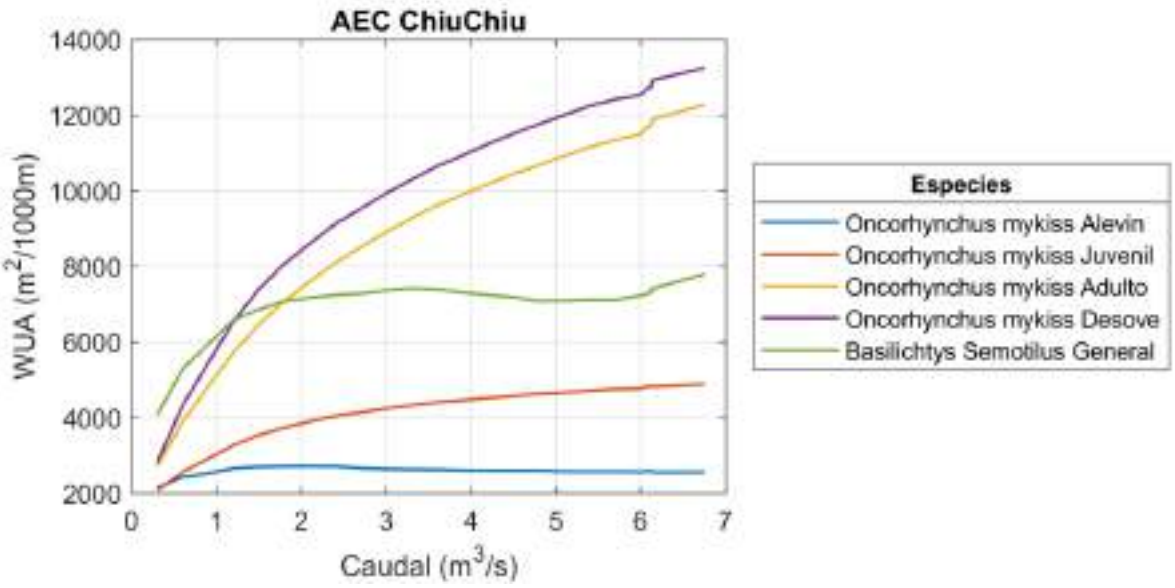


Figura 4.116: Curva de hábitat ponderado útil (WUA) para la Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estadíos de vida y Basilichtys Semolitus simulado según las condiciones hidráulicas del AEC ChiuChiu.

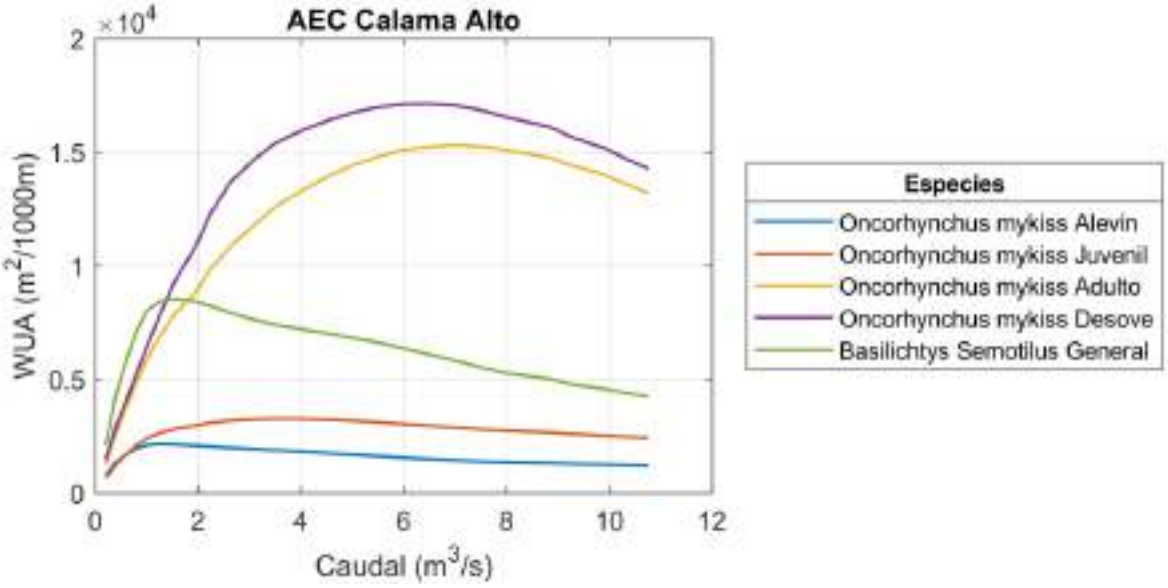


Figura 4.117: Curva de hábitat ponderado útil (WUA) para la Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estadíos de vida y Basilichtys Semolitus simulado según las condiciones hidráulicas del AEC Calama Alto.

Folio005961

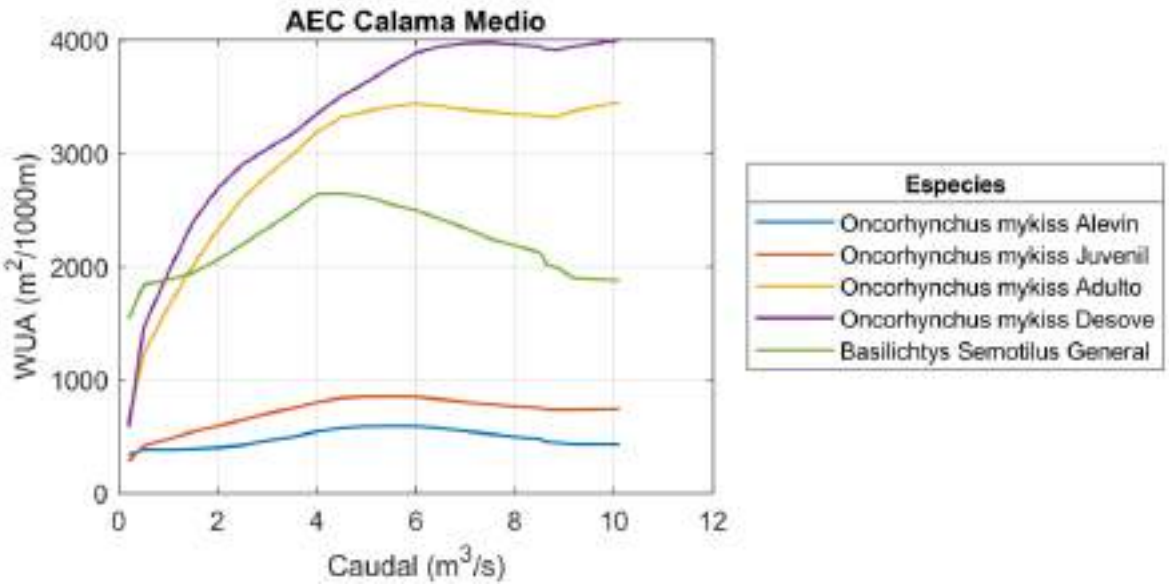


Figura 4.118: Curva de hábitat ponderado útil (WUA) para la Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estadíos de vida y Basilichtys Semolitus simulado según las condiciones hidráulicas del AEC Calama Medio.

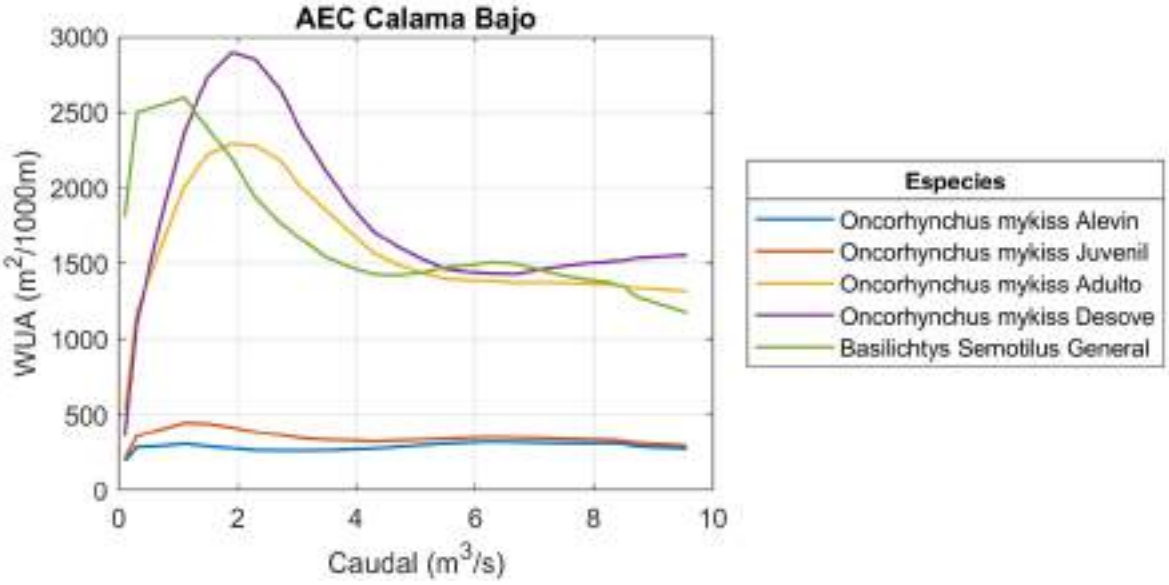


Figura 4.119: Curva de hábitat ponderado útil (WUA) para la Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estadíos de vida y Basilichtys Semolitus simulado según las condiciones hidráulicas del AEC Calama Bajo.

Folio005962

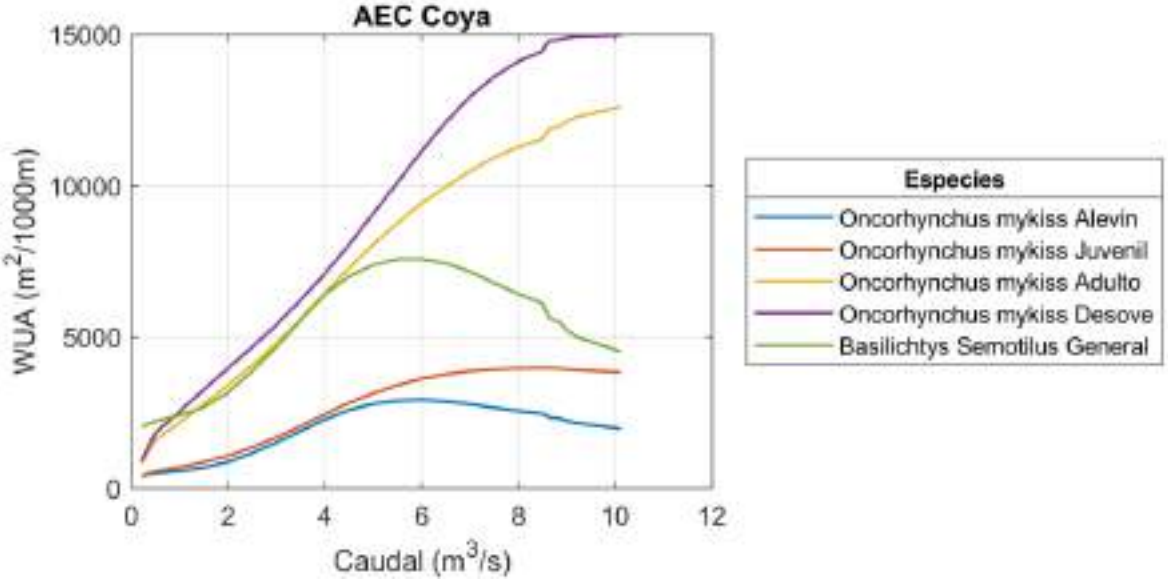


Figura 4.120: Curva de hábitat ponderado útil (WUA) para la Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estadíos de vida y Basilichtys Semolitus simulado según las condiciones hidráulicas del AEC Coya.

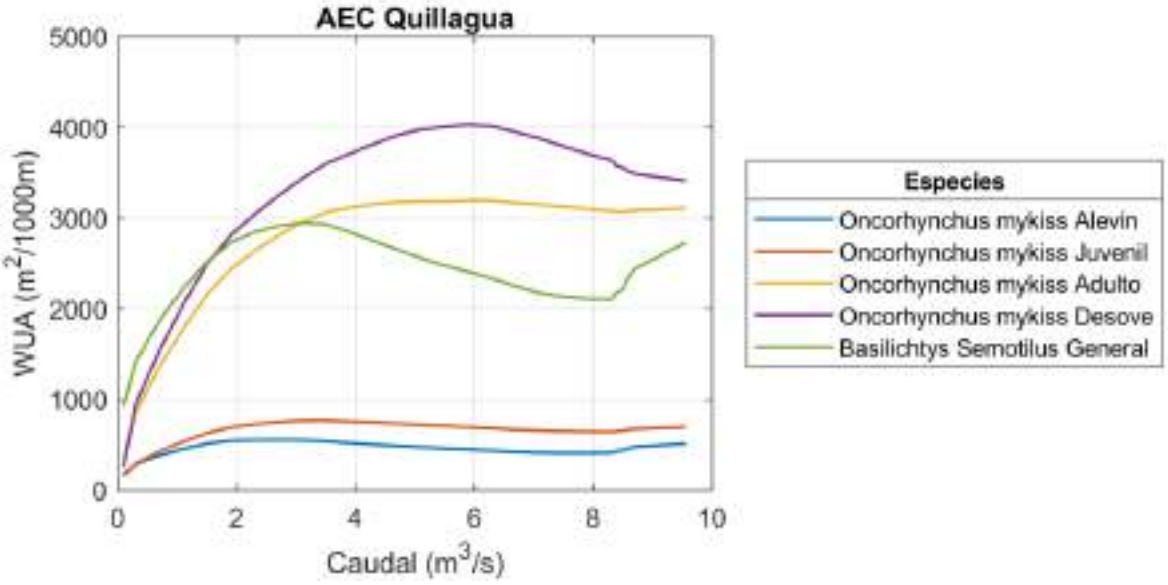


Figura 4.121: Curva de hábitat ponderado útil (WUA) para la Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estadíos de vida y Basilichtys Semolitus simulado según las condiciones hidráulicas del AEC Quillagua.

Como se observa en las figuras anteriores, la relación entre caudal y el hábitat ponderado útil (WUA), varía según especie y ubicación, de modo que el óptimo, o el punto en el que se alcanza el mayor WUA, varía caso a caso.

Folio005963

4.4.5.2.2 Servicios ecosistémicos sin curvas de idoneidad

Estos parámetros hidráulicos, en este caso profundidad y velocidad del flujo en el cauce, pueden ser ingresados al modelo hidráulico en los distintos tramos e iterativamente puede determinarse el caudal crítico asociado a cada servicio ecosistémico.

Como fue mencionado anteriormente, podrán existir servicios ecosistémicos en los cuales no existe una preferencia explícita que permita la elaboración de curvas de idoneidad, como en el caso de la biota que habita el río. En estos casos se deberá reconocer los requerimientos mínimos de la actividad o servicios, respecto de las condiciones hidráulicas del río para su realización o desarrollo, como lo son el caudal, la altura de escurrimiento (profundidad), la velocidad, el ancho del cauce, entre otras. A modo de referencia, en la Tabla 4.65 se muestran algunas limitaciones hidráulicas aplicadas a algunas actividades antrópicas que se desarrollan entorno a los ríos, y cuyos valores pueden ser usados como referencia.

Folio005964

Tabla 4.65: Variables hidráulicas y rango crítico para la realización de las actividades antrópicas in situ (Fuente: DGA-CEA, 2008).

Actividades Antrópicas	Valores críticos (mínimos y máximos)		Bibliografía
	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	
Kayak	P_{min}: 0,1-0,2[A]	$V_{máx}$: 4,5[D]	[A]: Gordon et al. (2004) [B]: Rood y Tymensen (2001) [C]: Rood et al. (2003) [D]: Mosley (1983)
Canoa	P_{min}: 0,6[B,C]	$V_{máx}$: 4,5[D]	
Rafting	P_{min}: 0,2[D]	$V_{máx}$: 4,5[D]	
Remar/vadear	$P_{máx}$: 1.2[D]	$V_{máx}$: 1.8[D]	
Pesca por vadeo	$P_{máx}$: 1.2[D]	$V_{máx}$: 1.8[D]	
Nado	P_{min}: 0.8[D]	$V_{máx}$: 1.0[D]	
Buceo	P_{min}: 0.3[D]	$V_{máx}$: 2.0[D]	
Pesca (bote)	P_{min}: 0.3[D]	$V_{máx}$: 3.0[D]	
Bote (sin motor)	P_{min}: 0.5[D]	$V_{máx}$: 1.5[D]	
Bote a vela	P_{min}: 0.8[D]	$V_{máx}$: 0.5[D]	
Botes a motor (bajo poder)	P_{min}: 0.6[D]	$V_{máx}$: 3.0[D]	
Botes a motor (alto poder)	P_{min}: 1.5[D]	$V_{máx}$: 4.5[D]	
Lancha (jetboating)	P_{min}: 0.1[D]	$V_{máx}$: 4.5[D]	

Así, los parámetros hidráulicos de profundidad y velocidad del flujo en el cauce pueden ser ingresados al modelo hidráulico en los distintos tramos e iterativamente puede determinarse el caudal crítico asociado a cada servicio ecosistémico.

4.4.5.3 *Evaluación de la condición del hábitat potencial*

Para la modelación de hábitat se consideran las especies de fauna íctica *Oncorhynchus mykiss* en sus diferentes estadíos de vida, y el *Basilichtys Semolitus*. En las AEC de Palpana y Calina, se consideró solamente la especie *O. Mykiss* en el cálculo de la componente ecológica, no se consideró *B. Semotilus*, pues no estaba documentado en la bibliografía ni fue visto en terreno. En la AEC de Ayquina no se consideraron especies de ictiofauna pues no había antecedentes de especies en registros bibliográficos ni avistamientos en terreno. En las AEC de Lasana, Chiu Chiu, Calama alto, Calama bajo y Quillagua se consideró el *B. Semotilus*, pues estaba documentado en la bibliografía. Además, se consideró el *B. Semotilus* en la AEC de Calama medio, ya que, al haber registros tanto en Calama alto como bajo, por cercanía, la probabilidad de que esté o haya estado es alta. En la AEC de Coya se consideró el *B. Semotilus*, pues en terreno se registró la presencia de alevines en las cercanías, además de estar documentado en bibliografía reciente. En la Tabla 4.66 se presentan los caudales óptimos según especie, en m^3/s, para cada una de las AEC.

Folio005965

Tabla 4.66: Caudales óptimos en m3/s según especie y área de evaluación.

Caudal (m3/s)	Oncorhynchus mykiss				Basilichtys Semolitus
AEC	Alevin	Juvenil	Adulto	Desove	General
Palpana	0,2	0,3	0,6	0,55	0,15
Calina	0,8	1,4	1,45	1,4	0,9
Ayquina	1,3	1,65	3,1	2,75	1,4
Lasana	5,8	1,1	1,65	1,15	0,6
Chiu Chiu	1,45	4,95	6,1	5,9	3
Calama Alto	0,8	2,4	5,3	4,4	1,05
Calama Medio	4,8	4,75	4,7	5,6	3,05
Calama Bajo	0,3	0,85	1,8	1,75	0,3
Coya	4,95	6,55	8,9	7,9	4,7
Quillagua	2,3	2,3	3,4	4,25	2,45

Se determina un valor mínimo de 70% de habitabilidad como requisito para la componente ecológica del caudal ambiental, considerando que ante un régimen natural de caudales, gran parte de las AEC evaluadas presentan una habitabilidad superior al 70% de la habitabilidad óptima según las especies correspondientes. Este valor indica la habitabilidad base que ofrece el río en una condición media. Estos resultados de habitabilidad bajo un escenario natural, se presenta en la sección 4.5.2 del presente informe.

Luego, de las funciones suavizadas de WUA vs Q normalizadas por el mayor valor de WUA (Figura 4.122 a la Figura 4.131), se obtuvieron los mínimos caudales que aseguran un 70% de la habitabilidad óptima de las especies, adjuntos en la Tabla 4.67.

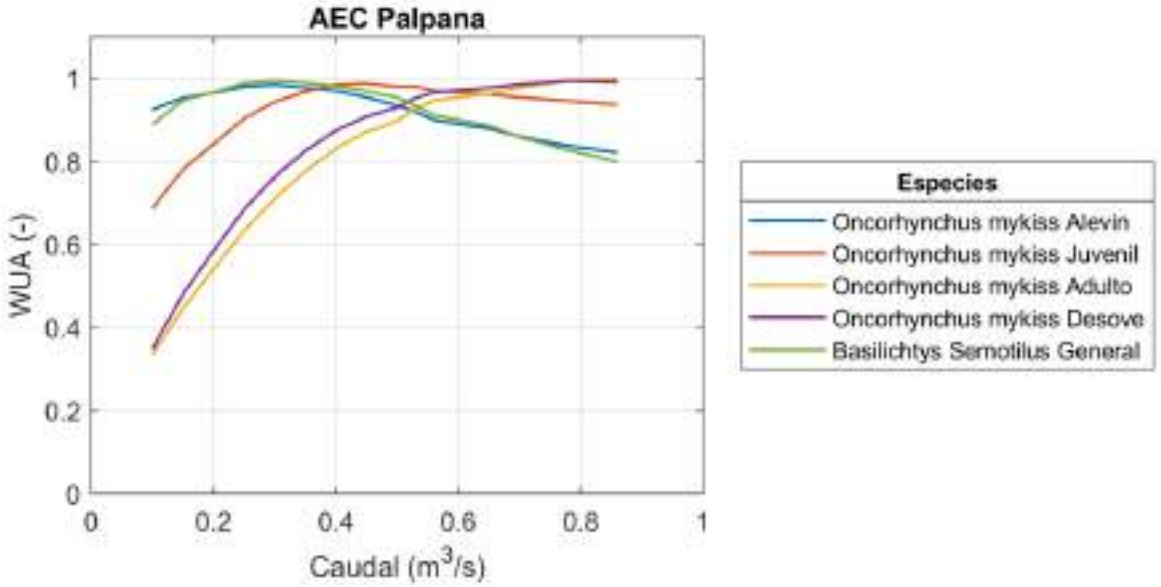


Figura 4.122:Curvas suavizadas de hábitat ponderado (WUA) normalizado por su máximo valor, para las especies Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estados de vida y Basilichtys Semotilus en el AEC Palpana.

Folio005966

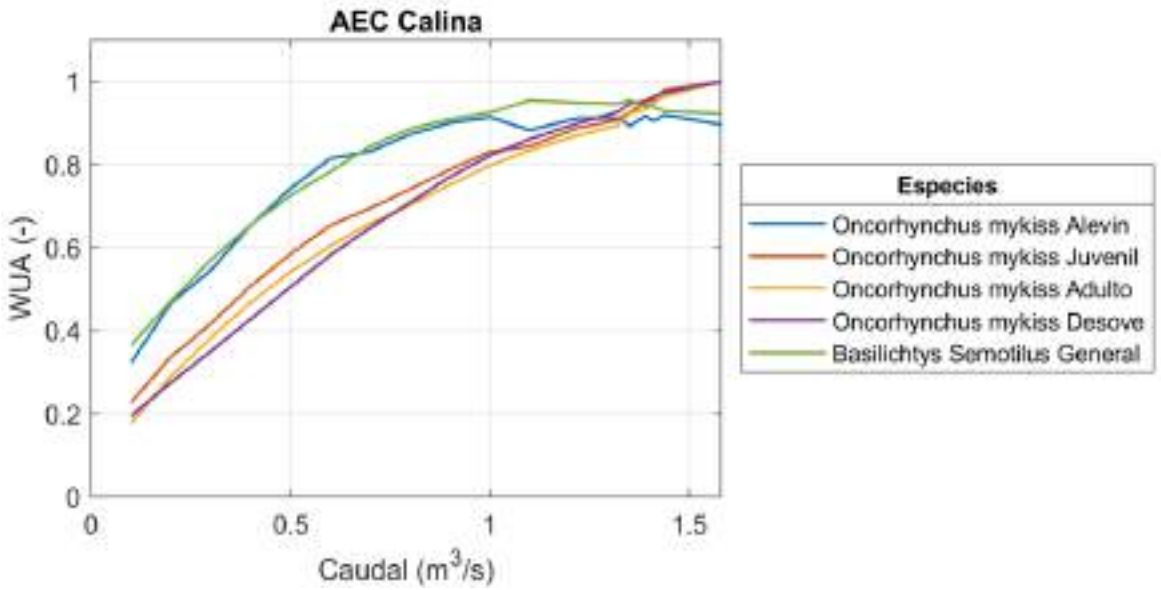


Figura 4.123: Curvas suavizadas de hábitat ponderado (WUA) normalizado por su máximo valor, para las especies Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estados de vida y Basilichtys Semotilus en el AEC Calina.

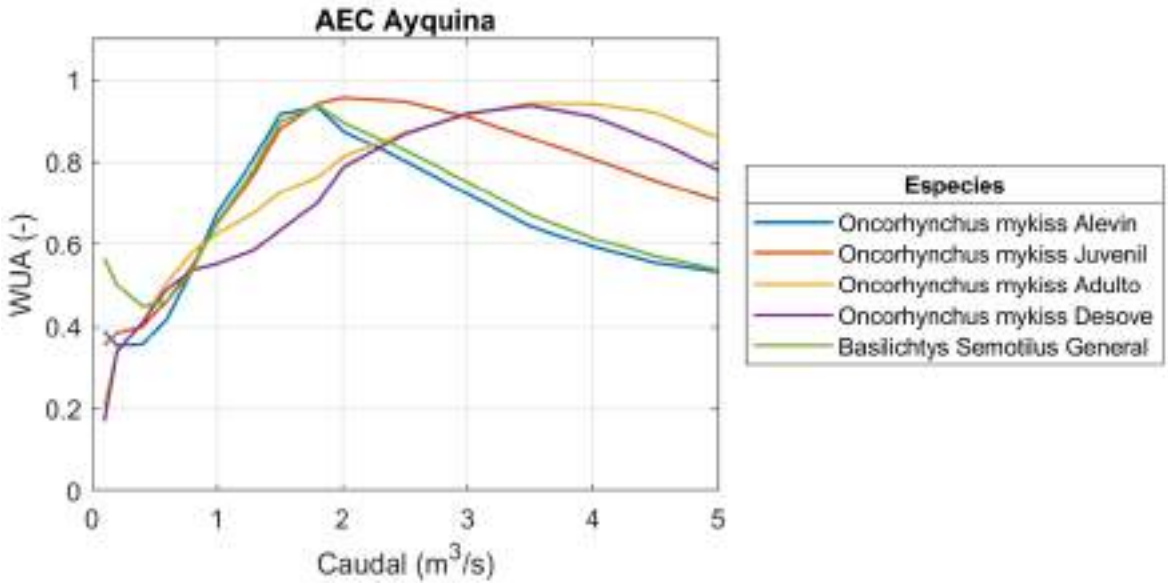


Figura 4.124: Curvas suavizadas de hábitat ponderado (WUA) normalizado por su máximo valor, para las especies Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estados de vida y Basilichtys Semotilus en el AEC Ayquina

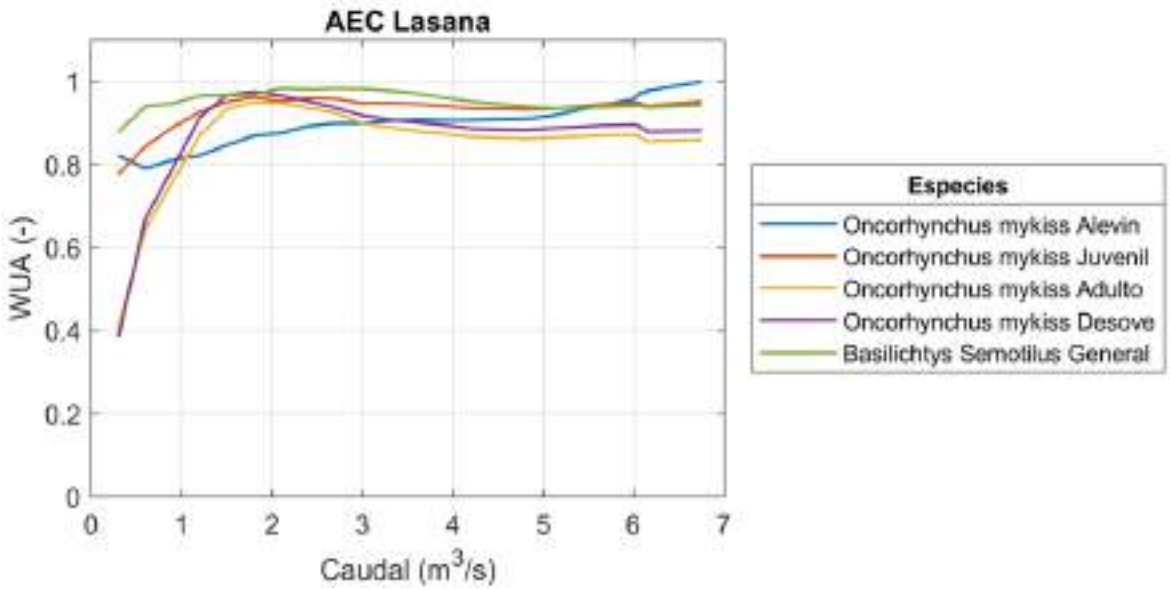


Figura 4.125: Curvas suavizadas de hábitat ponderado (WUA) normalizado por su máximo valor, para las especies Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estados de vida y Basilichtys Semotilus en el AEC Lasana.

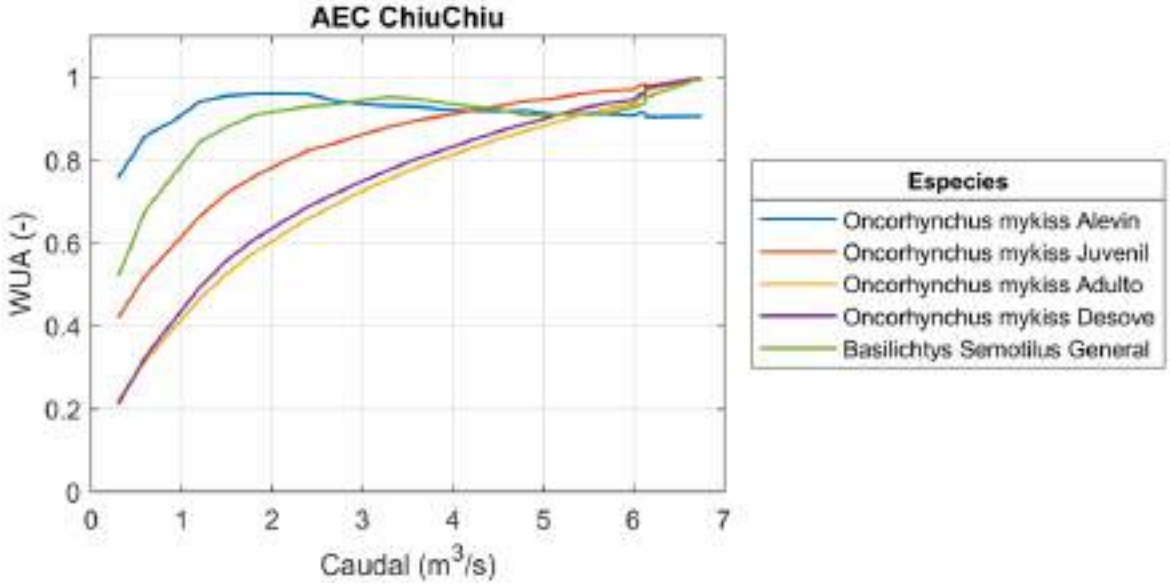


Figura 4.126: Curvas suavizadas de hábitat ponderado (WUA) normalizado por su máximo valor, para las especies Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estados de vida y Basilichtys Semotilus en el AEC ChiuChiu

Folio005968

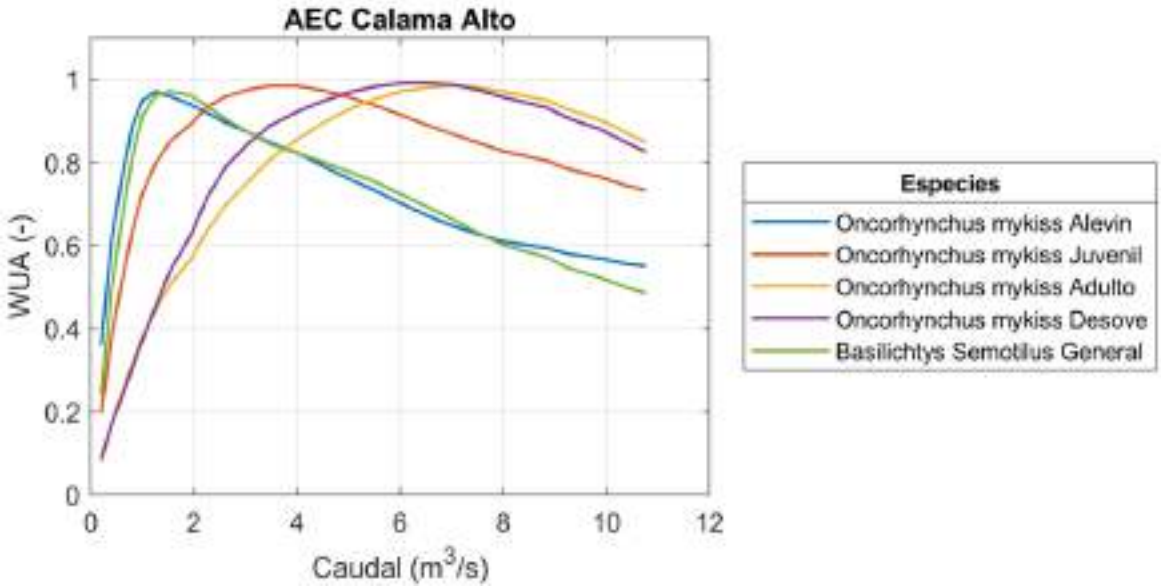


Figura 4.127: Curvas suavizadas de hábitat ponderado (WUA) normalizado por su máximo valor, para las especies Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estados de vida y Basilichtys Semotilus en el AEC Calama Alto.

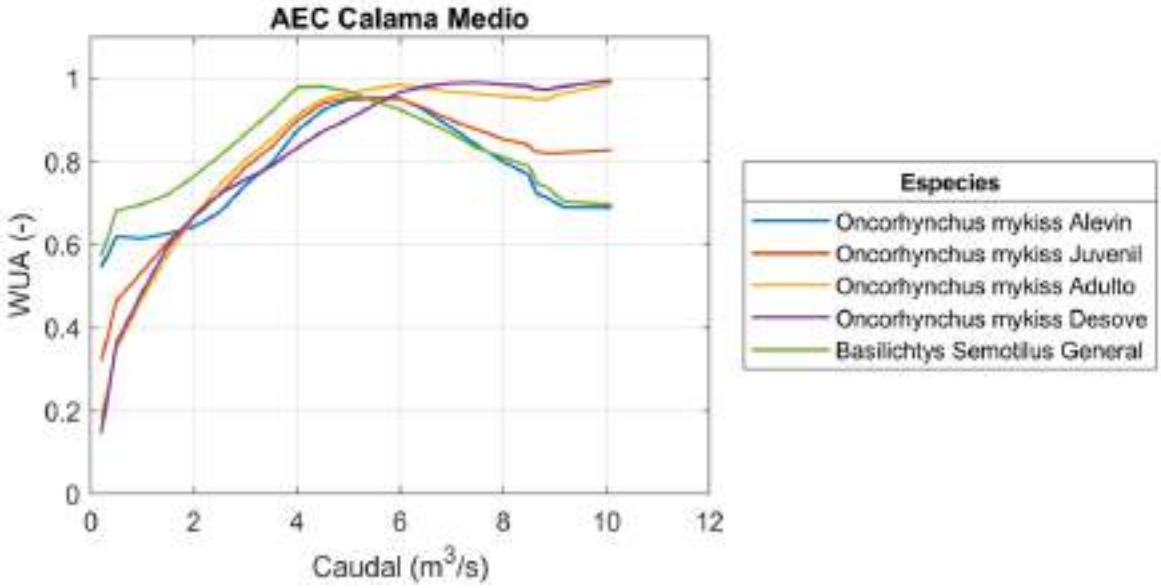


Figura 4.128: Curvas suavizadas de hábitat ponderado (WUA) normalizado por su máximo valor, para las especies Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estados de vida y Basilichtys Semotilus en el AEC Calama Medio.

Folio005969

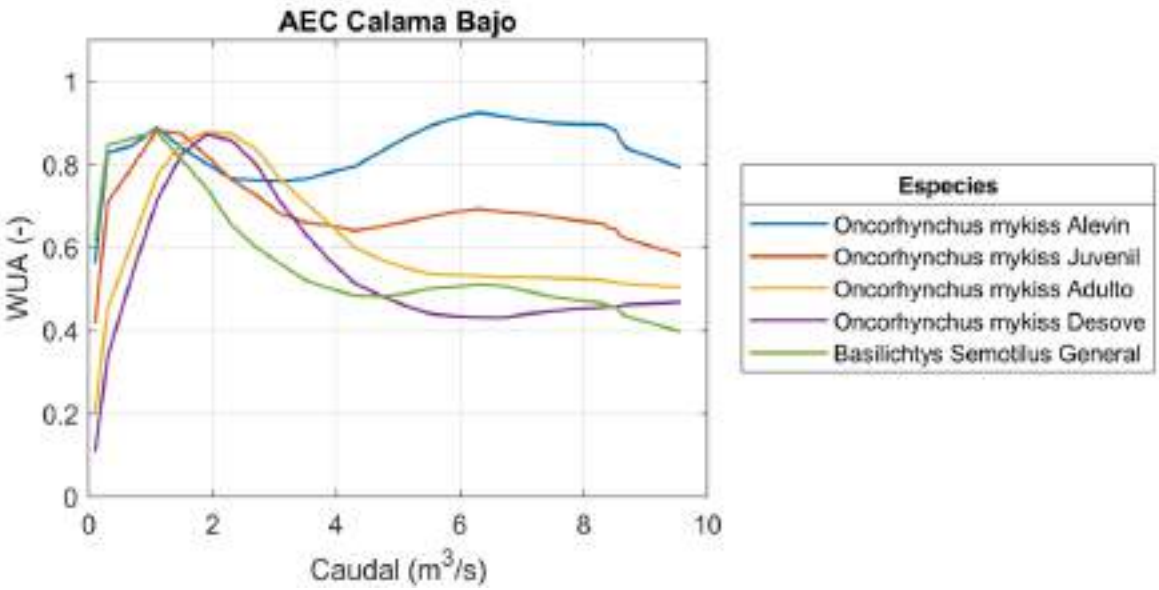


Figura 4.129: Curvas suavizadas de hábitat ponderado (WUA) normalizado por su máximo valor, para las especies Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estados de vida y Basilichtys Semotilus en el AEC Calama Bajo.

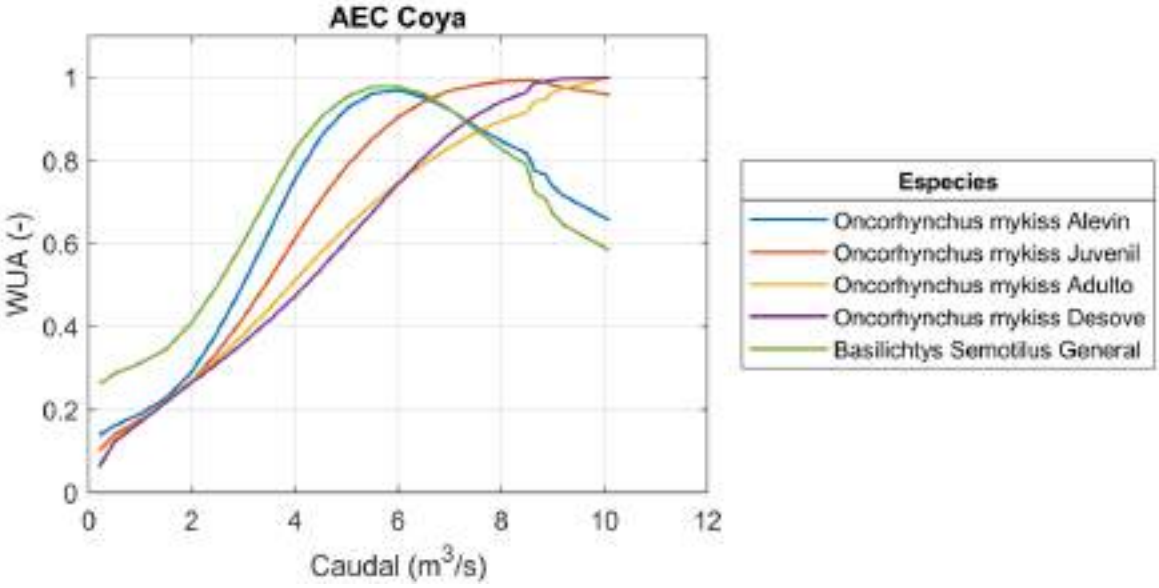


Figura 4.130: Curvas suavizadas de hábitat ponderado (WUA) normalizado por su máximo valor, para las especies Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estados de vida y Basilichtys Semotilus en el AEC Coya.

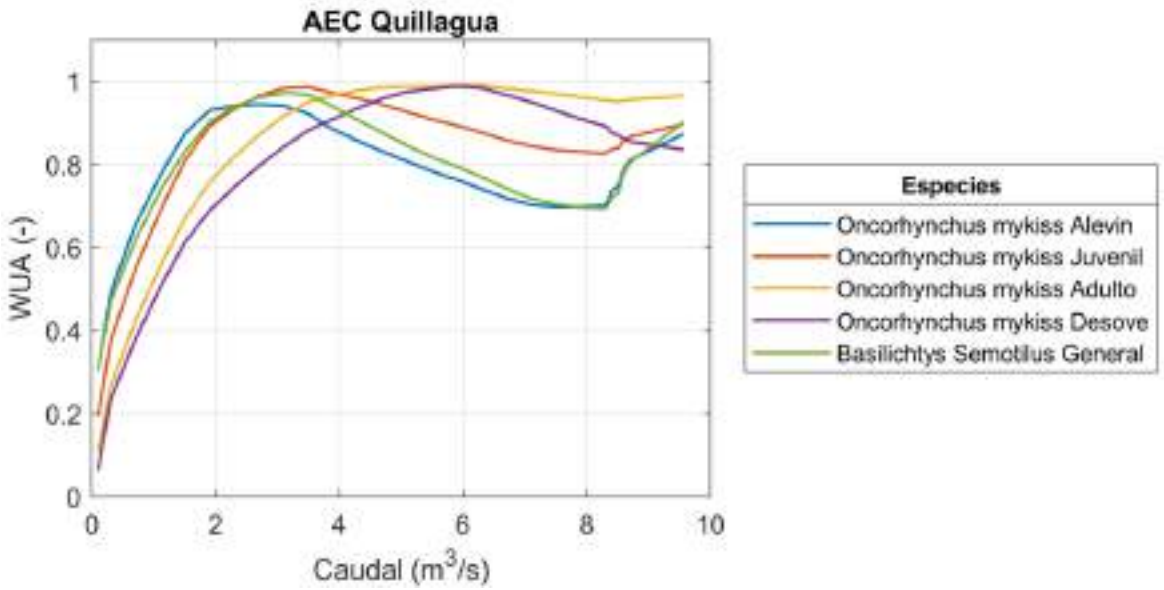


Figura 4.131: Curvas suavizadas de hábitat ponderado (WUA) normalizado por su máximo valor, para las especies Oncorhynchus mykiss en sus diferentes estados de vida y Basilichtys Semotilus en el AEC Quillagua.

Tabla 4.67: Caudales en m3/s que aseguran un hábitat ponderado del 70% para las distintas especies en estudio

AEC	Oncorhynchus mykiss					Basylichthys Semolitus
	Alevin	Juvenil	Adulto	Desove	General	General
Palpana	0,15	0,15	0,3	0,25	0,3	0,15
Calina	0,4	0,65	0,8	0,75	0,8	0,45
Ayquina	1	1,1	1,5	1,9	1,9	1,1
Lasana	0,35	0,35	0,65	0,6	0,65	0,35
ChiuChiu	0,35	1,4	2,8	2,55	2,8	0,6
Calama Alto	0,5	0,9	2,65	2,15	2,65	0,6
Calama Medio	2,9	2,65	2,4	2,55	2,9	0,45
Calama Bajo	0,2	0,3	0,8	0,95	0,95	0,15
Coya	3,7	4,45	5,5	5,65	5,65	0,8
Quillagua	0,7	0,95	1,55	2	2	0,85

En la Tabla 4.67 se presenta el caudal que asegura el 70% de la habitabilidad óptima según especie y AEC, resultante de la modelación de hábitat en Phabsim. Sin embargo, al ser un valor único no cuenta con una disgregación mensual que permita establecer requerimientos a lo largo del año, razón por la cual, se utiliza la estacionalidad del caudal natural para imponer la estacionalidad del caudal ecológico. Para esto, se genera un factor mensual calculado como la razón entre el caudal natural mensual y el mínimo caudal mensual para un AEC. Este factor se multiplica por el caudal mínimo que asegura un 70%, cuyo resultado

Folio005971

se presenta en la Tabla 4.68 para el *Oncorhynchus mykiss*, y en la Tabla 4.69 para el *Basilichthys Semotilus*.

Tabla 4.68: Caudal ecológico mensual en m3/s para especie Oncorhynchus mykiss según AEC.

AEC	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Palpana	0,33	0,34	0,36	0,37	0,37	0,38	0,36	0,33	0,30	0,33	0,37	0,34
Calina	0,85	0,86	0,85	0,86	0,86	0,83	0,83	0,82	0,80	0,87	0,91	0,92
Ayquina	1,90	1,91	1,91	1,91	1,91	1,93	1,93	1,91	1,92	1,99	2,10	1,94
Lasana	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,66	0,65	0,65	0,68	0,69	0,70
ChiuChiu	2,91	2,85	2,85	2,84	2,83	2,80	2,84	2,84	2,89	3,01	3,05	3,03
Calama Alto	2,65	2,66	2,68	2,77	2,74	2,73	2,70	2,65	2,67	2,86	3,30	2,72
Calama Medio	2,94	2,95	2,98	3,02	2,98	2,92	2,90	2,90	2,94	3,16	3,53	3,08
Calama Bajo	0,98	1,00	1,01	1,00	0,99	0,95	0,95	0,97	0,98	1,06	1,13	1,05
Coya	5,67	5,76	5,77	6,01	5,92	5,79	5,65	5,66	5,70	6,03	6,71	6,07
Quillagua	2,00	2,10	2,36	2,51	2,41	2,26	2,10	2,03	2,06	2,17	2,21	2,08

Tabla 4.69: Caudal ecológico mensual en m3/s para especie Basilichthys Semotilus según AEC.

AEC	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Palpana	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	0.16	0.15	0.17	0.18	0.17
Calina	0.48	0.49	0.48	0.49	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.49	0.51	0.52
Ayquina	1.10	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	1.11	1.11	1.15	1.21	1.12
Lasana	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.36	0.37	0.38
ChiuChiu	0.62	0.61	0.61	0.61	0.61	0.60	0.61	0.61	0.62	0.64	0.65	0.65
Calama Alto	0.60	0.60	0.61	0.63	0.62	0.62	0.61	0.60	0.61	0.65	0.75	0.62
Calama Medio	0.46	0.46	0.46	0.47	0.46	0.45	0.45	0.45	0.46	0.49	0.55	0.48
Calama Bajo	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.17
Coya (*)	0.80	0.81	0.82	0.85	0.84	0.82	0.80	0.80	0.81	0.85	0.95	0.86
Quillagua	0.85	0.89	1.00	1.07	1.03	0.96	0.89	0.86	0.88	0.92	0.94	0.88

(*) Para el caso particular del área de Coya, la habitabilidad del *B. Semotilus* resultó muy baja incluso en condiciones "naturales". Sin embargo, en el EIA de Lomas Bayas se reporta su presencia en esta zona. Por ello se decidió bajar la restricción del 70% en esta zona para replicar las condiciones de habitabilidad natural que ofrece el río. Debido a esto, se considera un 30% de la habitabilidad de la especie. Al contrastar el caudal que permite una habitabilidad del 70% con el caudal natural para la zona, se infiere que es poco probable encontrarlo de manera regular a lo largo del tramo definido por la AEC. Por otro lado, los antecedentes de avistamientos de las campañas CEA se tienen antes del área de la AEC y antes de la confluencia de los ríos Loa y San Salvador, por lo tanto con condiciones de caudal diferente. Esta zona del río Loa, aguas arriba de la AEC de Coya, está cubierta por la componente ecológica de Calama bajo, donde se considera la habitabilidad del 70% para el *B. Semotilus*.

Folio005972

4.4.5.4 *Definición del criterio para el caudal ambiental respecto de la condición "natural"*

De acuerdo a lo establecido en la guía para la determinación del caudal ambiental, la priorización de los requerimientos debe suplirse según el orden establecido en la Figura 4.132, en donde se establece que el primer uso a satisfacer corresponde al requerimiento social, el cual usualmente, y para el caso de este estudio en particular, corresponde a las extracciones para su uso en agua potable.

Figura 4.132: Priorización de requerimientos según uso.

El detalle de los caudales extraídos según uso para la determinación del caudal ambiental se presenta a continuación.

4.4.5.4.1 Requerimientos sociales

Estos dan cuenta de las necesidades más básicas para el desarrollo y mantención de las comunidades de la región. De las extracciones de agua superficial a lo largo del río, se identifican como requerimientos sociales las extracciones de agua para consumo, o agua potable. De este modo, los requerimientos sociales, según su ubicación y caudal de extracción, se presentan en la Tabla 4.70:

Tabla 4.70: Caudales de extracción para suplir requerimientos sociales en AEC's.

AEC	Extracción	Caudal (m^3/s)	Uso	Categoría
Palpana	ESSAN Lequena	0.55	Potable	Social
Palpana	ESSAN Quinchamale	0.30	Potable	Social
Calama Medio	Puente Negro	0.15	Potable	Social

En la Tabla 4.28 se muestra una extracción para agua potable extra a las presentadas en la Tabla 4.70, sin embargo esta no es considerada en el cálculo del caudal ambiental debido a que su extracción se realiza aguas arriba del AEC Ayquina, por lo cual no es un requerimiento a suplir.

4.4.5.4.2 Requerimientos ecológicos

Estos buscan mantener la condición del sistema, y con ello, mantener la ecología y biodiversidad de éste. Esto último, no solamente permite sostener a la biota presente, sino

Folio005973

la existencia de otros servicios, como los son los de tipo recreacional, de pesca, atracción turística y turismo, entre otros.

Tanto el *Oncorhynchus mykiss* como el *Basylichthys Microleptidus* fueron parte de la simulación de hábitat en todas las secciones. Sin embargo, para la determinación de un caudal ecológico por AEC, se utilizaron únicamente las especies que han sido avistadas según bibliografía, o en experiencias de terreno. A pesar de esto, los requerimientos ecológicos de la simulación dan cuenta de la probabilidad de avistamiento de una especie en un determinado punto del río, siendo posible que inclusive en un régimen natural de caudales, una especie no presente valores óptimos de habitabilidad, por lo cual es esperable no encontrarla.

De este modo, los caudales ecológicos utilizados en la determinación del caudal ambiental se detallan en la Tabla 4.71:

Tabla 4.71: Caudal ecológico en m3/s utilizado en la determinación de caudal ambiental según AEC.

AEC	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Palpana	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	0.16	0.15	0.17	0.18	0.17
Calina	0.48	0.49	0.48	0.49	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.49	0.51	0.52
Ayquina	1.10	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	1.11	1.11	1.15	1.21	1.12
Lasana	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.36	0.37	0.38
ChiuChiu	0.62	0.61	0.61	0.61	0.61	0.60	0.61	0.61	0.62	0.64	0.65	0.65
Calama Alto	0.60	0.60	0.61	0.63	0.62	0.62	0.61	0.60	0.61	0.65	0.75	0.62
Calama Medio	0.46	0.46	0.46	0.47	0.46	0.45	0.45	0.45	0.46	0.49	0.55	0.48
Calama Bajo	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.17
Coya	0.80	0.81	0.82	0.85	0.84	0.82	0.80	0.80	0.81	0.85	0.95	0.86
Quillagua	0.85	0.89	1.00	1.07	1.03	0.96	0.89	0.86	0.88	0.92	0.94	0.88

4.4.5.4.3 Requerimientos relevantes para el desarrollo Estratégicos

Las otras dos categorías corresponden a aquellas asociadas a servicios ecosistémicos derivados (segundo orden), los que en general, utilizan recursos no fundamentales para la mantención del sistema. De entre ellas, se realiza una diferenciación de los servicios en dos categorías, dadas por "**estratégicos**" y "**no estratégicos**". Esta separación se debe a la necesidad de priorizar, junto con considerar que en el caso de río Loa, gran parte del desarrollo de la Región depende de sus recursos.

Folio005974

4.4.5.4.3.1 Requerimientos estratéticos

Tabla 4.72: Caudales de extracción superficial para suplir demandas industriales según AEC.

AEC	Extracción	Caudal (m^3/s)	Uso	Categoría
Calama Bajo	Soquimic Pedro de Valdivia	0.095	Industria	Desarrollo(Estratégico)
Calama Bajo	Soquimic Coya Sur	0.090	Industria	Desarrollo(Estratégico)
Coya	Soquimic Maria Elena	0.063	Industria	Desarrollo(Estratégico)
Quillagua	SQM Quebrada Amarga	0.060	Industria	Desarrollo(Estratégico)

De igual modo, otro tipo de extracción considerada en la categoría de desarrollo corresponde a la extracción para riego. Para la determinación del caudal de riego según AEC, se utilizan todos aquellos canales que se ubiquen entre inicios de AEC, de modo que el caudal inicial sea capaz de suplir todos los requerimientos de riego aguas debajo de esta. A partir de lo anterior, se define en la Tabla 4.73 los canales cuyo caudal se extrae en este tramo según AEC:

Tabla 4.73: Canales de riego y AEC asociada.

AEC	Canal	Nombre Canal
Calina	CA-001	Canal Buen Retiro
Calina	CA-002	Canal San Antonio
Lasana	CA-003	Canal Los Ramirez
Lasana	CA-004	Canal Quichire
Lasana	CA-005	Canal Los Perales
Lasana	CA-006	Canal Pona
Lasana	CA-007	Canal Grande
ChiuChiu	CA-008	Canal La Banda
ChiuChiu	CA-009	Canal El Pueblo
Ayquina	CA-012	Canal Ayquina
Calama Alto	CA-018	Canal Yalquincha 2
Calama Alto	CA-019	Canal Yalquincha 1
Calama Alto	CA-020	Canal Tronco
Calama Medio	CA-021	Canal Unificado Banda Radic Topater
Calama Medio	CA-022	Canal Lay Lay
Calama Medio	CA-023	Canal Nuñez
Calama Bajo	CA-024	Canal Chunchuri Bajo
Calama Bajo	CA-025	Canal La Prensa
Calama Bajo	CA-026	Canal Dupont
Coya	CA-028	Canal 1
Coya	CA-029	Canal 2

Folio005975

Los canales presentados en la Tabla 4.73 varían la magnitud de su extracción según la estación del año, de modo que para determinar los requerimientos de riego se requiere estimar el valor de la extracción mensual. Para esto, se utiliza el promedio mensual entre 1990 y 2018 de las demandas brutas por zona de riego, presentadas en la Figura 4.57 y los valores de eficiencia, percolación y flujo redirigido al río presentados en la Tabla 4.31. A partir de estos, en la Tabla 4.74 se presentan las demandas netas mensuales por riego por AEC:

Tabla 4.74: Caudal en m3/s para extracciones superficiales de riego según AEC.

AEC	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Palpana	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calina	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.14	0.15	0.15	0.12	0.12	0.09	0.09
Ayquina	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lasana	0.30	0.28	0.28	0.34	0.40	0.51	0.57	0.56	0.42	0.39	0.31	0.29
ChiuChiu	0.16	0.15	0.15	0.21	0.28	0.37	0.43	0.41	0.26	0.24	0.17	0.15
Calama Alto	0.33	0.35	0.45	0.52	0.67	0.77	1.11	1.23	1.12	0.77	0.59	0.42
Calama Medio	0.25	0.27	0.34	0.40	0.51	0.58	0.84	0.93	0.84	0.58	0.45	0.32
Calama Bajo	0.18	0.19	0.25	0.29	0.37	0.42	0.59	0.66	0.59	0.41	0.32	0.23
Coya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Quillagua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

En la Tabla 4.74 se observa que tanto las AEC de Palpana como Quillagua presentan demanda nula (0), lo cual se debe a que no existen extracciones para este fin entre las mencionadas AECs y las inmediatamente siguientes aguas abajo de ellas.

4.4.5.4.3.2 Requerimientos No Estratégicos

Entre los requerimientos no estratégicos que se presentan a lo largo del río Loa, se observan servicios culturales y de turismo, levantados en la sección 5.1.4, cuyo enfoque se aborda como consecuencia de la belleza escénica que presenta el río ante niveles mínimos de caudal.

La belleza escénica se consideró que existe si se suple la componente ecológica del caudal ambiental (Qamb) y si se evita deterioro del lugar por actividades antrópicas, razón por la cual se incorpora programa de conservación de belleza escénica en cartera de proyectos.

Para suplir los requerimientos de las actividades antrópicas recreativas observadas, es necesario contar con condiciones hidráulicas de velocidad o profundidad en ciertas secciones del río, lo cual se traduce a caudal a partir de la modelación hidráulica desarrollada en la sección 4.4.5.1. En caso de existir dos actividades antrópicas en un mismo AEC, como puede ser el nado o el buceo, se utiliza aquella menos restrictiva. El resumen de los requerimientos no estratégicos se presenta en la Tabla 4.75:

Folio005976

Tabla 4.75: Requerimientos hidráulicos y de caudal para realización de actividades antrópicas según AEC.

Nombre AEC	Actividad antrópica en AEC o aguas abajo de ésta	Restricción hidráulica	Restricción de caudal según condiciones medias del modelo hidráulico
Palpana	Turismo	-	-
Calina	Turismo	-	-
Ayquina	Turismo, Recreación (Baño)	Pmin: 0.3 m; Vmáx: 2.0 m/s	Q > 0,17 m3/s -
Lasana	Turismo	-	-
Chiu Chiu	Turismo	-	-
Calama alto	Turismo, Camping, Recreación (Baño)	Pmin: 0.3 m; Vmáx: 2.0 m/s	Q > 0,13 m3/s
Calama medio	Turismo, Recreación (Baño, kayak, canoa)	Pmin: 0.3 m; Vmáx: 2.0 m/s	Q > 0,39 m3/s
Calama bajo	Turismo, Camping, Recreación (Baño)	Pmin: 0.3 m; Vmáx: 2.0 m/s	Q > 0.42 m3/s
Coya	Turismo, Picnic, Recreación (Baño)	Pmin: 0.3 m; Vmáx: 2.0 m/s	Q > 0.32m3/s
Quillagua	Turismo, Picnic	-	-

En calama medio se encuentra el “Parque el Loa”, en donde se desarrollan actividades recreativas con kayak y canoa. Para esta ubicación no se consideró en el calculo del caudal ambiental las restricciones hidráulicas mencionadas en la Tabla 4.75, pues existe un muro que genera un embalsamiento de las aguas, el cual permite generar las condiciones para el desarrollo de las actividades antrópicas anteriormente descritas. Luego, para la AEC Calama Medio se considera únicamente las restricciones asociadas a las actividades de baño.

Figura 4.133: Recreación en Parque el Loa, Calama. (Fotografía: Miguel Fuentes, Fuente: flickr)

Folio005977

4.4.5.5 *Estimación del régimen de caudal ambiental.*

Al definir el caudal ambiental, se debe tener en cuenta los requerimientos:

- *Los requerimientos sociales son específicos de cada tramo, y podrán ser enterados de forma completa por el caudal proveniente desde el tramo aguas arriba, o por una combinación de ese con algún aporte local. En el primero de los casos, la componente Social del tramo aguas arriba deberá contener completamente los requerimientos de los ubicados aguas abajo. En el segundo de los casos, una buena práctica es asumir una proporcionalidad de la entrega del recurso, con lo que el tramo aguas arriba se asumirá como proveedor (la componente Social deberá contener) de una parte del requerimiento, dada por la proporción entre el caudal medio del tramo aguas arriba y el del aporte intermedio. Así, nuevamente desde aguas arriba se deberá asegurar parte del requerimiento Social de aguas abajo.*
- *Los requerimientos ecológicos, en general, corresponden a una necesidad de caudal en el río, es decir, una cantidad de agua pasante que permita ciertas condiciones de la hidráulica (no consuntivo). Por lo mismo, esta cantidad es tramo específico, y no generaría extracción/reducciones del caudal en el tramo evaluado. Así, el análisis podrá considerar que los requerimientos de consumo de agua existentes (de tipo social o productivos) pueden suplir este requerimiento en un tramo aguas arriba, siempre y cuando se asegure el completo traspaso de esta cantidad hacia aguas abajo.*
- *Los requerimientos para el desarrollo (servicios relevantes para el desarrollo) corresponderán a requerimientos (principalmente) de tipo consuntivos, por lo que ellos podrán ser tratados de igual forma que los Sociales. Cabe señalar que estos caudales también podrán ser contabilizados para suplir los requerimientos no consuntivos, como lo son el Ecológico, pero siempre y cuando la condición de caudal disponible sea la suficiente para completar los 3 requerimientos. Así, cuando la disponibilidad sea reducida, estos requerimientos podrán no ser provistos, caso en el cual no podrán cumplir con este otro propósito.*
- *Los requerimientos para los usuarios (servicios relevantes para usuarios), corresponderán a necesidades de una condición del río, siendo no consuntivos. Similar los requerimientos ecológicos, a lo largo del río ellos podrán ser suplidos por los caudales pasantes y que están asociados a requerimientos ubicados aguas abajo o a los no consuntivos propios del tramo, de forma similar al requerimiento Ecológico. Así, tan solo en los casos en que éste sea superior a la suma de los otros requerimientos (en el fin del tramo), se deberá considerar un caudal extra para el tramo. Cabe recordar que este requerimiento, en general, no impondrá la condición dominante en el tramo, pudiéndose contar con caudales incluso superiores al de este requerimiento e incluso impidiéndolo (condiciones especiales y poco usual).*

Folio005978

El caudal ambiental correspondiente a cada área de estudio es aquel que debe cumplirse al inicio del tramo definido, caudal con el cual se pretende suplir los requerimientos sociales, ecológicos, de desarrollo y de usuarios hacia agua debajo de esta, hasta el inicio de la siguiente área de estudio.

El detalle de los criterios utilizados para la determinación del caudal ambiental en cada una de las áreas de estudio se presenta a continuación:

Folio005979

- **Palpana**

Al ubicarse en la zona alta de la cuenca del Loa, no existen extracciones aguas arriba de la sección definida como AEC, de modo que el caudal actual coincide con el natural, como se muestra en la Figura 4.134. Aguas debajo de esta, se encuentran las extracciones de agua potable de ESSAN, las cuales poseen un derecho otorgado acumulado de 0.85 m^3/s, sin embargo, como es posible notar, el caudal natural con probabilidad de excedencia del 50% es menor a este valor, razón por la cual se límita mensualmente al caudal que provenga del río. Lo anterior se debe a que incluso naturalmente, en una condición media, el río no es capaz de suplir el requerimiento. Ahora bien, los requerimientos ecológicos y de usuario se encuentran aguas arriba de la extracción de agua potable, de modo que el flujo de este caudal permite suplir estos requerimientos.

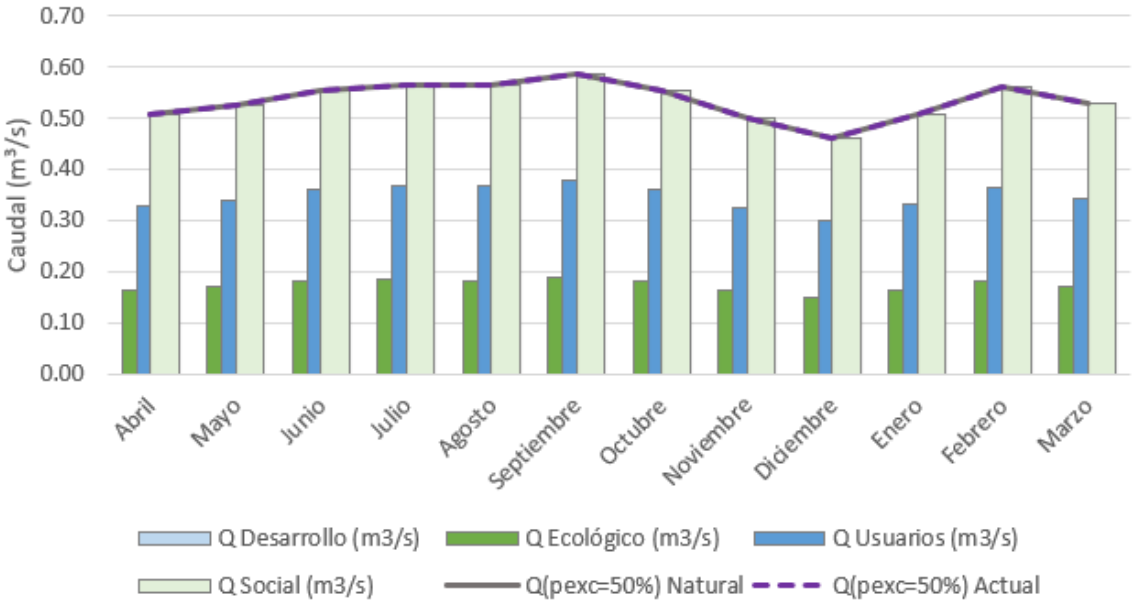


Figura 4.134: Requerimientos de caudal superficial según tipo, caudal actual y natural para AEC Palpana.

Tabla 4.76: Requerimientos de caudal superficial según tipos para AEC Palpana.

Categoría	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Q Social (m^3/s)	0.51	0.52	0.55	0.57	0.56	0.59	0.56	0.50	0.46	0.51	0.56	0.53
Q Ecológico (m^3/s)	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	0.16	0.15	0.17	0.18	0.17
Q Desarrollo (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q Usuarios (m^3/s)	0.33	0.34	0.36	0.37	0.37	0.38	0.36	0.33	0.30	0.33	0.37	0.34
Q ambiental (m^3/s)	**0.51**	**0.52**	**0.55**	**0.57**	**0.56**	**0.59**	**0.56**	**0.50**	**0.46**	**0.51**	**0.56**	**0.53**

NOTA: El caudal ambiental total, no necesariamente corresponde a la suma de sus componentes, ya que los requerimientos no consuntivos pueden suplirse unos a otros total o parcialmente.

Folio005980

- **Calina**

En la Figura 4.135 se presentan los requerimientos según uso para el AEC de Calina. Para este caso particular, al incorporar extracciones aguas arriba, el caudal natural es superior por aproximadamente 0.9 m^3/s al caudal actual. Dentro de los requerimientos a suplir en el AEC se encuentra el requerimiento ecológico, de desarrollo y por usuario, pero como se observa en la figura, al imponer el requerimiento de usuarios, este suple los requerimientos acumulados del caudal ecológico y el caudal de desarrollo, siendo levemente inferior a la oferta de caudal actual entre abril y diciembre.

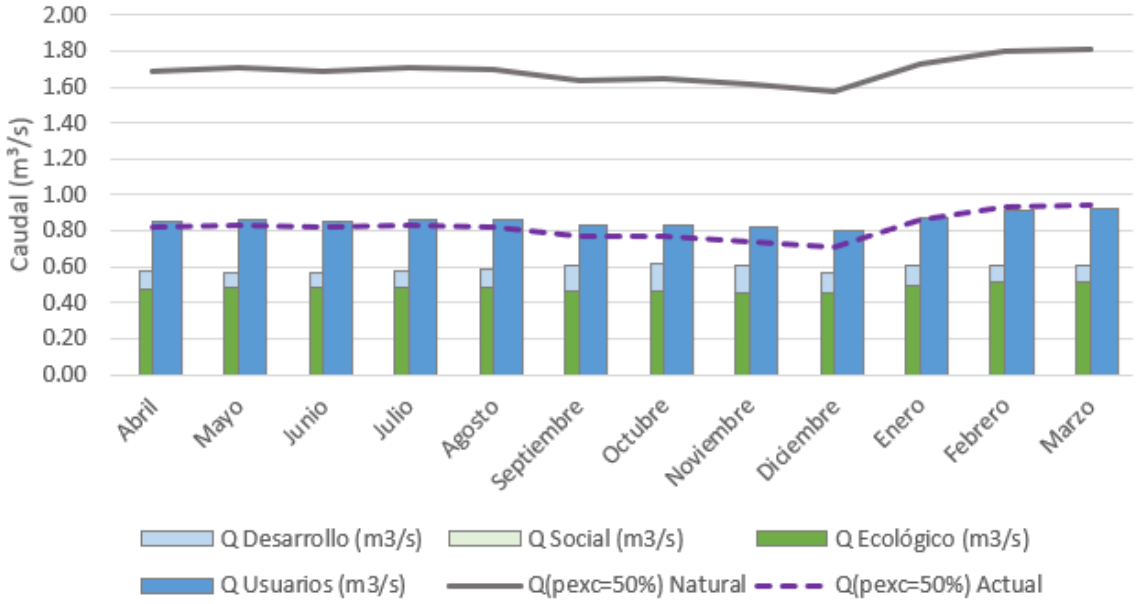


Figura 4.135: Requerimientos de caudal superficial según tipo, caudal actual y natural para AEC Calina.

Tabla 4.77: Requerimientos de caudal superficial según tipos para AEC Calina.

Categoría	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Q Social (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q Ecológico (m^3/s)	0.48	0.49	0.48	0.49	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.49	0.51	0.52
Q Desarrollo (m^3/s)	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.14	0.15	0.15	0.12	0.12	0.09	0.09
Q Usuarios (m^3/s)	0.85	0.86	0.85	0.86	0.86	0.83	0.83	0.82	0.80	0.87	0.91	0.92
Q ambiental (m^3/s)	**0.85**	**0.86**	**0.85**	**0.86**	**0.86**	**0.83**	**0.83**	**0.82**	**0.80**	**0.87**	**0.91**	**0.92**

NOTA: El caudal ambiental total, no necesariamente corresponde a la suma de sus componentes, ya que los requerimientos no consuntivos pueden suplirse unos a otros total o parcialmente.

Folio005981

- **Ayquina**

En la Figura 4.136 se presentan los requerimientos utilizados en la determinación del caudal ambiental en el área de estudio Ayquina. En esta se muestra un caudal natural superior al caudal actual en aproximadamente 1.75 m^3/s, lo anterior debido a que aguas arriba del AEC, se ubican diferentes industrias que extraen aguas superficiales directamente del río Salado o de sus afluentes, con lo cual el caudal en la localidad se ve disminuido de manera importante. Dentro de las extracciones, se encuentran extracciones para riego, de uso industrial, y de abastecimiento de agua potable. Debido a que históricamente no se han evidenciado las especies evaluadas en el presente estudio, para la determinación del caudal ambiental se utiliza únicamente el caudal de usuario, el cual se define a partir de la belleza escénica y los diferentes usos que los habitantes de la localidad dan al río en esta zona. Este, se ve suplido durante gran parte del año según la estadística del caudal anual, siendo deficiente únicamente los meses de octubre y noviembre.

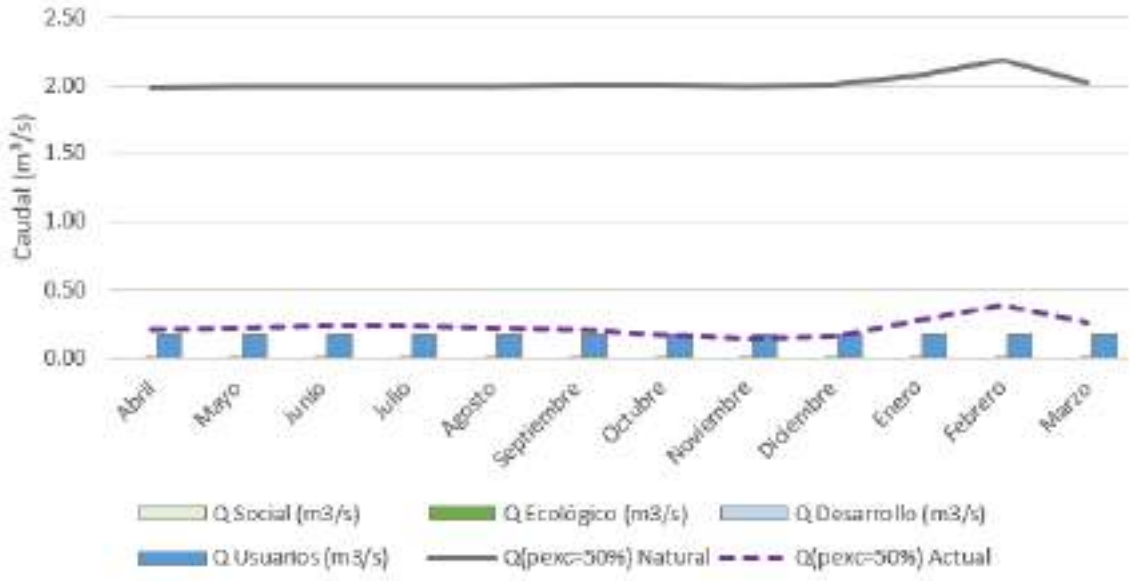


Figura 4.136: Requerimientos de caudal superficial según tipo, caudal actual y natural para AEC Ayquina.

Tabla 4.78: Requerimientos de caudal superficial según tipos para AEC Ayquina.

Categoría	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Q Social (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q Ecológico (m^3/s)												
Q Desarrollo (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q Usuarios (m^3/s)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Q ambiental (m^3/s)	**0.17**	**0.17**	**0.17**	**0.17**	**0.17**	**0.17**	**0.17**	**0.17**	**0.17**	**0.17**	**0.17**	**0.17**

NOTA: El caudal ambiental total, no necesariamente corresponde a la suma de sus componentes, ya que los requerimientos no consuntivos pueden suplirse unos a otros total o parcialmente.

Folio005982

- **Lasana**

Para la determinación del caudal ambiental del área de estudio Lasana, se tiene que gran parte de las extracciones correspondientes al caudal de desarrollo se realizan dentro del tramo definido para el AEC, por lo cual, para suplir el caudal ecológico definido según la simulación de hábitat para este sector, el caudal ambiental debe considerar la suma mensual de ambos caudales, como se presenta en la Figura 4.137. Se observa que, ante la estadística de caudales actuales, ambos requerimientos se suplen al 100% durante todo el año.

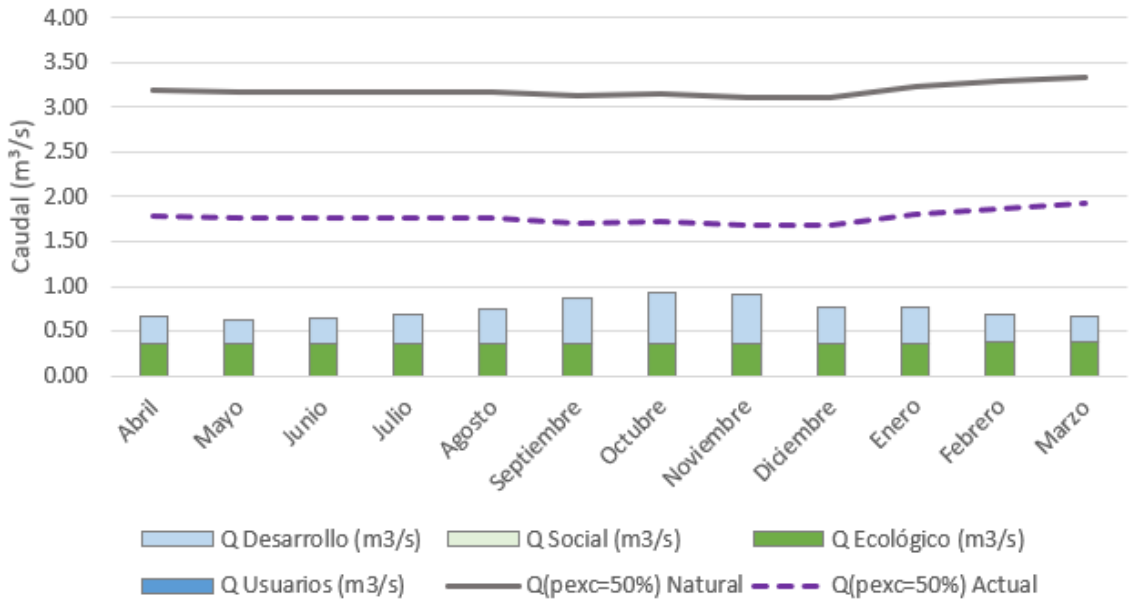


Figura 4.137: Requerimientos de caudal superficial según tipo, caudal actual y natural para AEC Lasana.

Tabla 4.79: Requerimientos de caudal superficial según tipos para AEC Lasana.

Categoría	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Q Social (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q Ecológico (m^3/s)	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.36	0.37	0.38
Q Desarrollo (m^3/s)	0.30	0.28	0.28	0.34	0.40	0.51	0.57	0.56	0.42	0.39	0.31	0.29
Q Usuarios (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q ambiental (m^3/s)	**0.66**	**0.63**	**0.64**	**0.69**	**0.75**	**0.86**	**0.92**	**0.91**	**0.77**	**0.76**	**0.68**	**0.67**

NOTA: El caudal ambiental total, no necesariamente corresponde a la suma de sus componentes, ya que los requerimientos no consuntivos pueden suplirse unos a otros total o parcialmente.

Folio005983

- **Chiu Chiu**

En la Figura 4.138 se presentan los caudales considerados en la determinación del caudal ambiental para el área de estudio de ChiuChiu. En esta, se muestra que el caudal natural es superior al caudal actual en aproximadamente 1.5 m^3/s, diferencia que radica principalmente en la reincorporación de caudales industriales extraídos del río San Pedro. Dentro de los requerimientos utilizados en la determinación del caudal ambiental, se tiene el caudal ecológico, y el caudal de desarrollo, el cual corresponde principalmente a demandas superficiales de riego dentro del tramo definido por el AEC, razón por la cual el caudal ambiental queda definido como la suma mensual acumulada de estos.

Se observa que los requerimientos antes mencionados son suplidos actualmente por el caudal actual con probabilidad de excendencia del 50%, disminuyendo su disponibilidad entre los meses de octubre y noviembre.

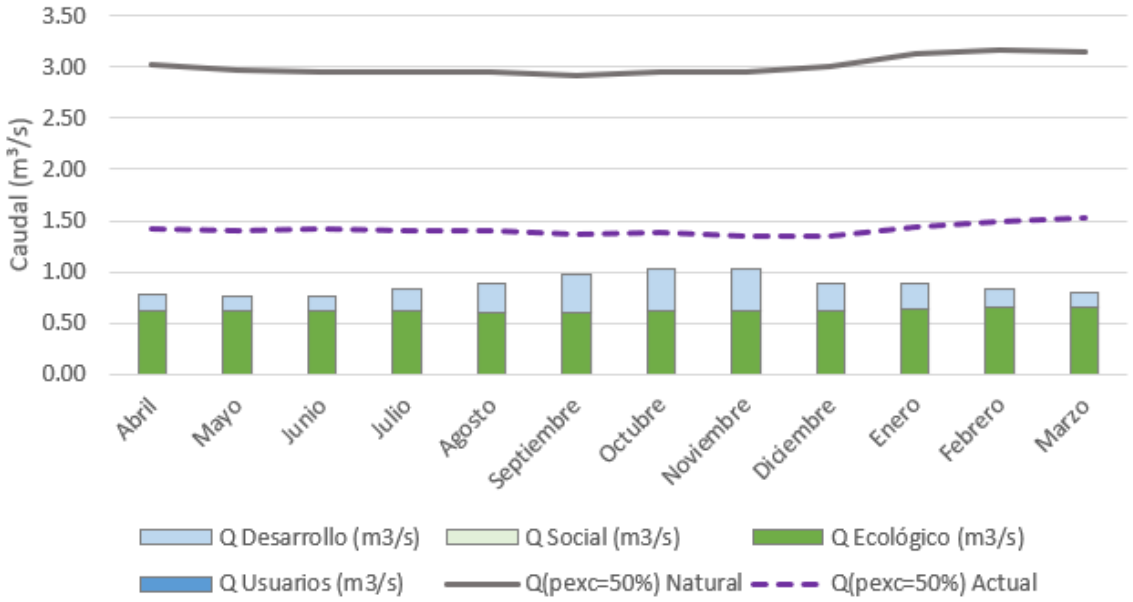


Figura 4.138: Requerimientos de caudal superficial según tipo, caudal actual y natural para AEC Chiu Chiu.

Tabla 4.80: Requerimientos de caudal superficial según tipos para AEC Chiu Chiu.

Categoría	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Q Social (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q Ecológico (m^3/s)	0.62	0.61	0.61	0.61	0.61	0.60	0.61	0.61	0.62	0.64	0.65	0.65
Q Desarrollo (m^3/s)	0.16	0.15	0.15	0.21	0.28	0.37	0.43	0.41	0.26	0.24	0.17	0.15
Q Usuarios (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q ambiental (m^3/s)	**0.78**	**0.76**	**0.76**	**0.82**	**0.88**	**0.97**	**1.04**	**1.02**	**0.88**	**0.88**	**0.83**	**0.80**

NOTA: El caudal ambiental total, no necesariamente corresponde a la suma de sus componentes, ya que los requerimientos no consuntivos pueden suplirse unos a otros total o parcialmente.

Folio005984

- **Calama Alto**

En la Figura 4.139 se presentan los requerimientos definidos para el AEC de Calama Alto, donde se encuentra el caudal ecológico, caudales de desarrollo y usuario. En esta, se observa que la diferencia entre el caudal natural y actual se acrecenta con respecto a AEC's ubicadas aguas arriba de esta, debido a que esta incorpora la restitución de todas las extracciones anteriores, alcanzando una diferencia de hasta 3.5 m^3/s.

Dentro de los requerimientos identificados, se tiene que el caudal por usuario se suple al considerar el resto de los requerimientos, por lo cual no se clasifica como un caudal restrictivo. Sin embargo, el caudal ambiental queda definido como la suma acumulada del caudal de desarrollo y el caudal ecológico, cuyo peak se presenta en el periodo de menor disponibilidad hídrica (octubre-diciembre). A partir de lo anterior, se tiene que el caudal actual con probabilidad de excedencia del 50% es capaz de suplir los requerimientos ambientales durante gran parte del año, sin embargo, existe un déficit para los meses entre octubre y diciembre.

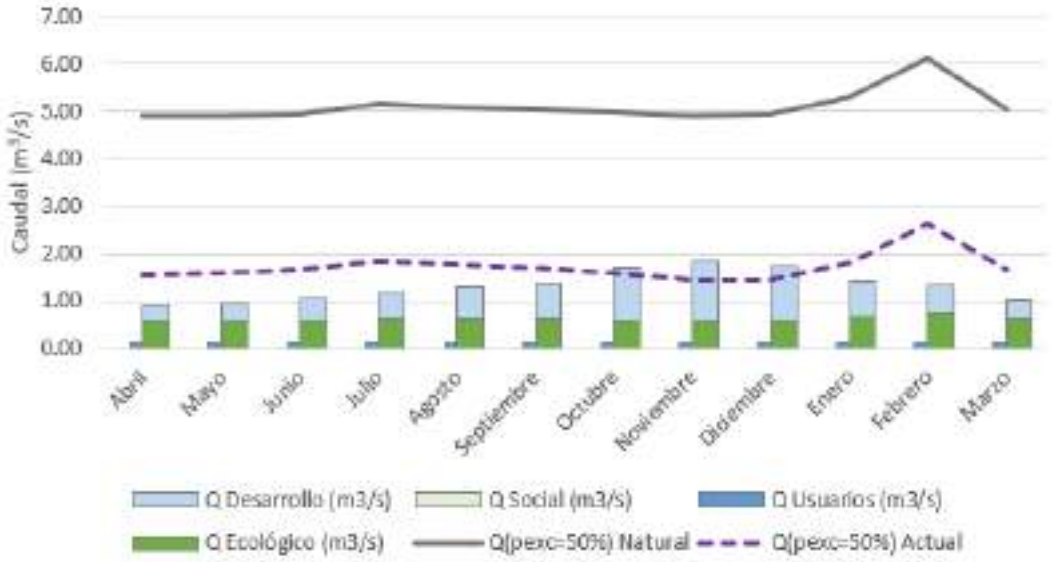


Figura 4.139: Requerimientos de caudal superficial según tipo, caudal actual y natural para AEC Calama Alto.

Tabla 4.81: Requerimientos de caudal superficial según tipos para AEC Calama alto.

Categoría	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Q Social (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q Ecológico (m^3/s)	0.60	0.60	0.61	0.63	0.62	0.62	0.61	0.60	0.61	0.65	0.75	0.62
Q Desarrollo (m^3/s)	0.33	0.35	0.45	0.52	0.67	0.77	1.11	1.23	1.12	0.77	0.59	0.42
Q Usuarios (m^3/s)	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Q ambiental (m^3/s)	**0.93**	**0.95**	**1.05**	**1.15**	**1.29**	**1.39**	**1.72**	**1.83**	**1.72**	**1.42**	**1.34**	**1.03**

NOTA: El caudal ambiental total, no necesariamente corresponde a la suma de sus componentes, ya que los requerimientos no consuntivos pueden suplirse unos a otros total o parcialmente.

Folio005985

- **Calama Medio**

Dentro de los requerimientos identificados para el área de Calama Medio, presentados en la Figura 4.140, se tienen requerimientos sociales, ecológicos, de desarrollo y de usuario. El caudal social, corresponde a una extracción de agua potable con derechos de agua por 0.15 m^3/s ubicada al inicio del AEC, mientras que las extracciones de caudal de desarrollo se encuentran emplazadas a lo largo del tramo definido por el AEC.
Debido a la existencia de usos consuntivos, el caudal ambiental queda definido como el valor acumulado del caudal de riego, social y de desarrollo, no incluyendo el caudal de usuario, el cual se ve suplido al permitir el flujo del caudal ambiental antes mencionado.

De este modo, el caudal ambiental se ve suplido entre enero y septiembre, presentando un déficit para los meses de menor disponibilidad (octubre-diciembre), donde el caudal de desarrollo se ve limitado por el caudal actual con probabilidad de excedencia del 50%.

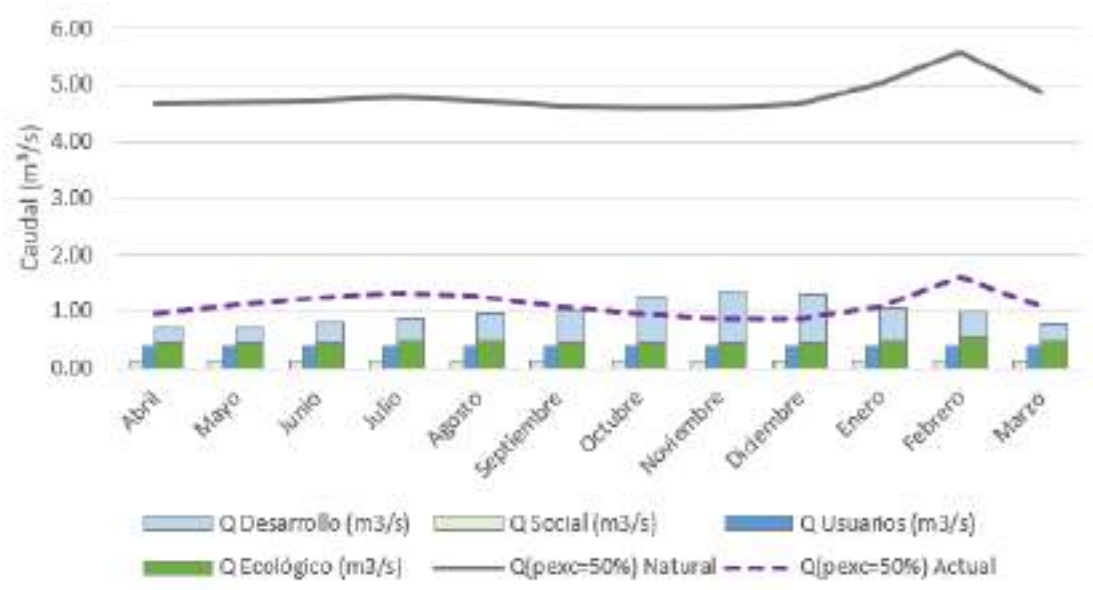


Figura 4.140: Requerimientos de caudal superficial según tipo, caudal actual y natural para AEC Calama Medio.

Tabla 4.82: Requerimientos de caudal superficial según tipos para AEC Calama medio.

Categoría	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Q Social (m^3/s)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Q Ecológico (m^3/s)	0.46	0.46	0.46	0.47	0.46	0.45	0.45	0.45	0.46	0.49	0.55	0.48
Q Desarrollo (m^3/s)	0.25	0.27	0.34	0.40	0.51	0.58	0.84	0.93	0.84	0.58	0.45	0.32
Q Usuarios (m^3/s)	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
Q ambiental (m^3/s)	**0.71**	**0.73**	**0.81**	**0.87**	**0.98**	**1.04**	**1.29**	**1.38**	**1.30**	**1.07**	**1.00**	**0.80**

NOTA: El caudal ambiental total, no necesariamente corresponde a la suma de sus componentes, ya que los requerimientos no consuntivos pueden suplirse unos a otros total o parcialmente.

Folio005986

- **Calama Bajo**

En la Figura 4.141 se presentan los caudales actuales y naturales, y los requerimientos según tipo de uso para el área de Calama Bajo. En este se observa que el caudal natural se ve muy deprimido debido al valor acumulado de extracciones desarrolladas aguas arriba de esta, con lo cual su valor disminuye en cerca de 4 m^3/s para alcanzar el valor observado actualmente.
Aguas abajo del inicio del AEC, se desarrollan diversas actividades productivas, dentro de las que se identifican extracciones para su uso en riego o en industria, las cuales alcanzan su mayor valor en los meses próximos a noviembre, siendo muy superior al caudal definido como ecológico. Dado que el valor acumulado entre el caudal ecológico y el caudal de desarrollo es superior al caudal de usuario, este se suple al permitir el flujo de este caudal, no siendo restrictivo para la definición del caudal ambiental, sin embargo, se observa que a pesar de lo anterior, debido a las presiones en el río, no es posible satisfacer este valor acumulado durante todos los meses del año, presentándose un déficit entre septiembre y abril, encontrándose un "excedente" únicamente en los meses entre mayo y agosto.

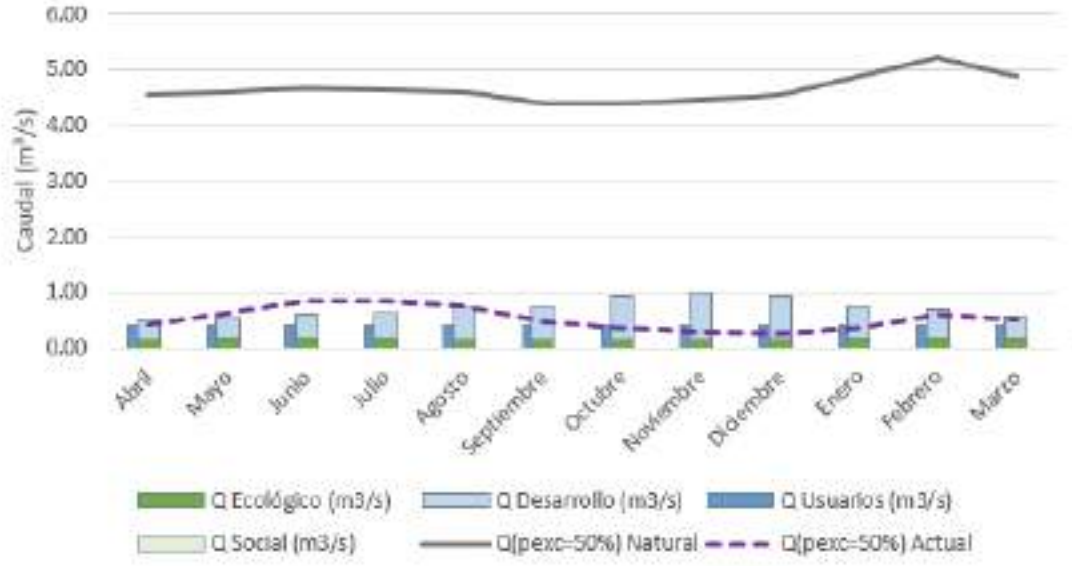


Figura 4.141: Requerimientos de caudal superficial según tipo, caudal actual y natural para AEC Calama Bajo.

Tabla 4.83: Requerimientos de caudal superficial según tipos para AEC Calama bajo.

Categoría	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Q Social (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q Ecológico (m^3/s)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.17
Q Desarrollo (m^3/s)	0.37	0.38	0.43	0.47	0.55	0.60	0.78	0.84	0.78	0.60	0.51	0.41
Q Usuarios (m^3/s)	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Q ambiental (m^3/s)	**0.52**	**0.54**	**0.59**	**0.63**	**0.71**	**0.75**	**0.93**	**0.99**	**0.93**	**0.76**	**0.68**	**0.58**

NOTA: El caudal ambiental total, no necesariamente corresponde a la suma de sus componentes, ya que los requerimientos no consuntivos pueden suplirse unos a otros total o parcialmente.

Folio005987

- **Coya**

Para el caso particular del AEC Coya, presentado en la Figura 4.142, el caudal ecológico se define de forma tal que provea de una habitabilidad del 30%, esto debido a que una habitabilidad del 70% como para el resto de los casos, determina un caudal ecológico superior al caudal natural, de manera que no es esperable encontrar esta especie en el tramo definido por el AEC. Sin embargo, en terreno, se observó la especie en el sector de río San Salvador antes de la junta con el río Loa, de modo que la habitabilidad del 30% representa la posibilidad de avistamiento de la especie, pero se espera que actualmente esta no habite continuamente en esta.

Dentro de los requerimientos, existe una fracción de demandas superficiales industriales que se desarrollan dentro del tramo definido por el AEC, las cuales se suman a las demandas ecológicas en una columna apilada, como se muestra en la Figura 4.142. Este caudal acumulado suple los requerimientos de usuario, de modo que este no es restrictivo en la definición del caudal ambiental.

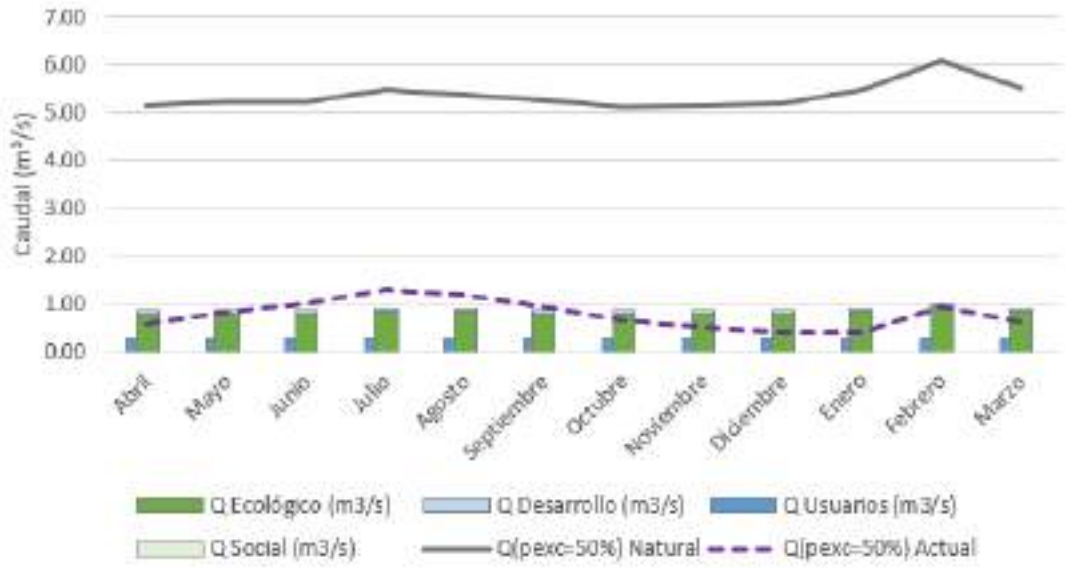


Figura 4.142: Requerimientos de caudal superficial según tipo, caudal actual y natural para AEC Coya.

Tabla 4.84: Requerimientos de caudal superficial según tipos para AEC Coya.

Categoría	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Q Social (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q Ecológico (m^3/s)	0.80	0.81	0.82	0.85	0.84	0.82	0.80	0.80	0.81	0.85	0.95	0.86
Q Desarrollo (m^3/s)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Q Usuarios (m^3/s)	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Q ambiental (m^3/s)	**0.87**	**0.88**	**0.89**	**0.92**	**0.91**	**0.89**	**0.87**	**0.87**	**0.88**	**0.92**	**1.02**	**0.93**

NOTA: El caudal ambiental total, no necesariamente corresponde a la suma de sus componentes, ya que los requerimientos no consuntivos pueden suplirse unos a otros total o parcialmente.

Folio005988

- **Quillagua**

Finalmente, en la Figura 4.143 se presentan los requerimientos definidos para el AEC de Quillagua. En esta, se observa únicamente un caudal ecológico, definido según la modelación de hábitat antes desarrollada, y la cual es suplida por el caudal actual únicamente entre los meses de junio y septiembre, encontrándose en déficit para el resto del año.

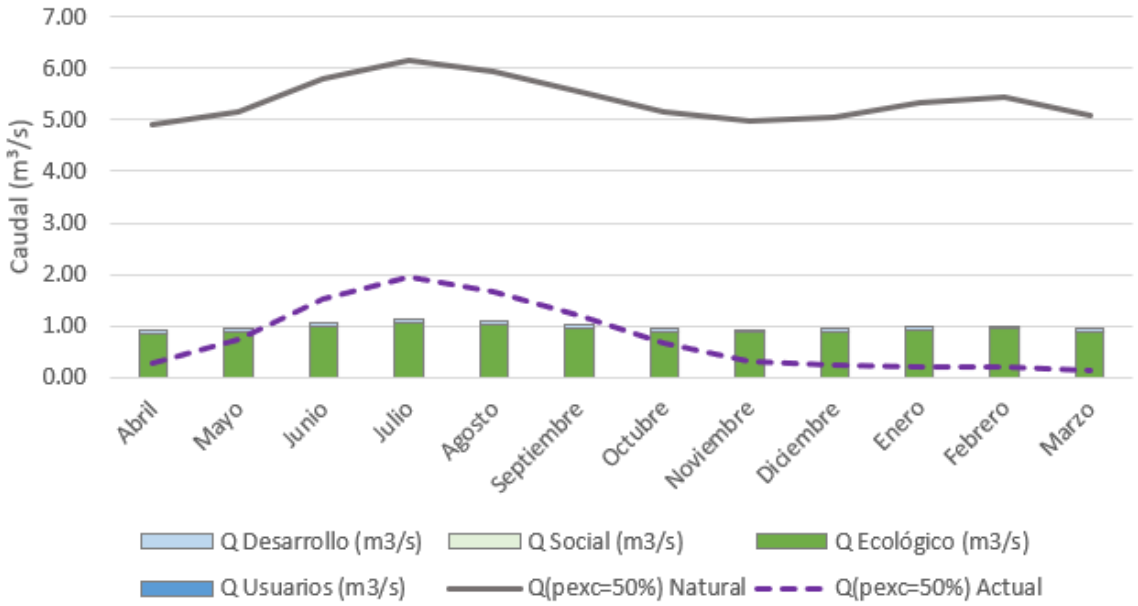


Figura 4.143: Requerimientos de caudal superficial según tipo, caudal actual y natural para AEC Quillagua.

Tabla 4.85: Requerimientos de caudal superficial según tipos para AEC Quillagua.

Categoría	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Q Social (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q Ecológico (m^3/s)	0.85	0.89	1.00	1.07	1.03	0.96	0.89	0.86	0.88	0.92	0.94	0.88
Q Desarrollo (m^3/s)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Q Usuarios (m^3/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q ambiental (m^3/s)	**0.91**	**0.95**	**1.06**	**1.13**	**1.09**	**1.02**	**0.95**	**0.92**	**0.94**	**0.98**	**1.00**	**0.94**

NOTA: El caudal ambiental total, no necesariamente corresponde a la suma de sus componentes, ya que los requerimientos no consuntivos pueden suplirse unos a otros total o parcialmente.

Folio005989

A partir de los desarrollos anteriores, en la Tabla 4.86 se presenta el cuadro resumen de caudales ambientales a nivel mensual para cada una de las áreas de estudio.

Tabla 4.86: Caudal ambiental mensual en m3/s según AEC.

AEC	Caudal ambiental total en m^3/s por Área de Evaluación de la Condición (AEC)											
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Palpana	0.51	0.52	0.55	0.57	0.56	0.59	0.56	0.50	0.46	0.51	0.56	0.53
Calina	0.85	0.86	0.85	0.86	0.86	0.83	0.83	0.82	0.80	0.87	0.91	0.92
Ayquina	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Lasana	0.66	0.63	0.64	0.69	0.75	0.86	0.92	0.91	0.77	0.76	0.68	0.67
ChiuChiu	0.78	0.76	0.76	0.82	0.88	0.97	1.04	1.02	0.88	0.88	0.83	0.80
Calama Alto	0.93	0.95	1.05	1.15	1.29	1.39	1.72	1.83	1.72	1.42	1.34	1.03
Calama Medio	0.71	0.73	0.81	0.87	0.98	1.04	1.29	1.38	1.30	1.07	1.00	0.80
Calama Bajo	0.52	0.54	0.59	0.63	0.71	0.75	0.93	0.99	0.93	0.76	0.68	0.58
Coya	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
Quillagua	0.91	0.95	1.06	1.13	1.09	1.02	0.95	0.92	0.94	0.98	1.00	0.94

4.5 Evaluación del caudal ambiental

A continuación, se desarrollan y entregan antecedentes respecto de las etapas requeridas para la evaluación del caudal ambiental, lo cual es posible tras la definición y estimación de éste.

Figura 4.144. Pasos asociados a la determinación del caudal ambiental (Fuente: Elaboración propia).

Folio005990

4.5.1 Etapa 6: Configuración actual del sistema y definición de escenarios futuros de la disponibilidad de agua para la evaluación.

La configuración hidrológica actual del sistema se definió en la Etapa 1, en donde a partir de la información recopilada de estaciones fluviométricas se estimó el caudal actual para cada una de las áreas de estudio, cuyo resultado se presenta en la Tabla 4.58: Caudal actual mensual en m3/s con probabilidad de excedencia del 50% según punto de interés.

Para le definición de la configuración actual del sistema, se asume que las extracciones se realizarán en los mismos periodos que se utilizan actualmente, manteniendo las mismas condiciones de captación y caudales de extracción a los referidos anteriormente.

Los escenarios futuros se construyen a partir de los resultados de la simulación en WEAP presentada en el capítulo 4.3, en donde se obtiene una serie de caudales a nivel mensual para el período 1989 – 2060, esto para los dos modelos de *downscalling* utilizados (Miroc y Csiro). Dado que la información resultante de la simulación se presenta a nivel mensual, no es posible desarrollar un análisis de frecuencia como el que se desarrolla para el caudal actual, puesto que, al considerar un intervalo de 10 años, la cantidad de datos mensuales es insuficiente para ajustar a una distribución de probabilidad, razón por la cual se hace uso de promedios mensuales por intervalos de 10 años, siendo estos 2020-2030, 2030-2040, 2040-2050 y 2050-2060.

Las curvas de variación estacional para el escenario futuro, por área de estudio, y según intervalo de tiempo, se presentan a continuación en las Figura 4.145 a Figura 4.154.

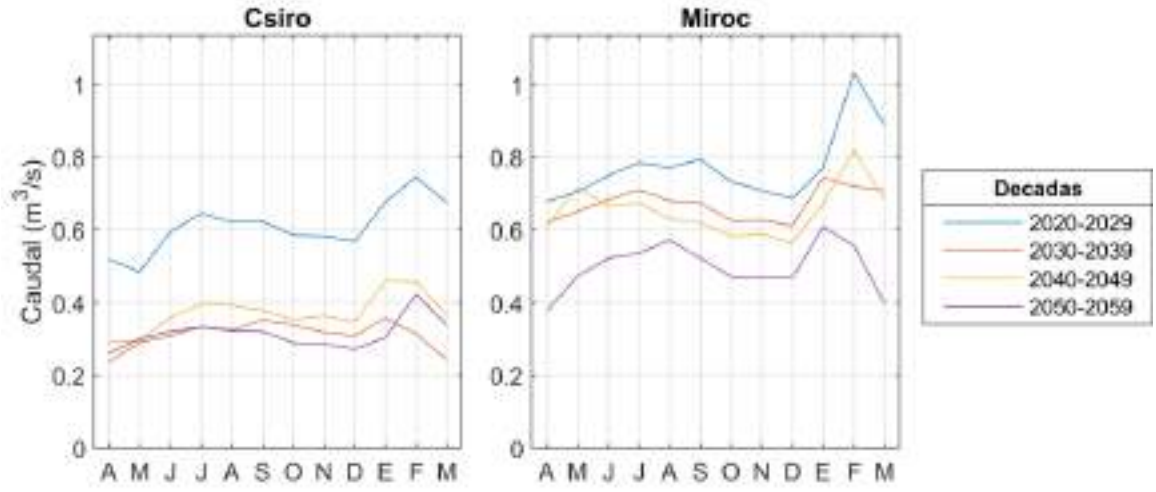


Figura 4.145: Caudales para escenarios futuros a partir de resultados de simulación en WEAP para según *downscalling* Csiro y Miroc para AEC Palpana.

Folio005991

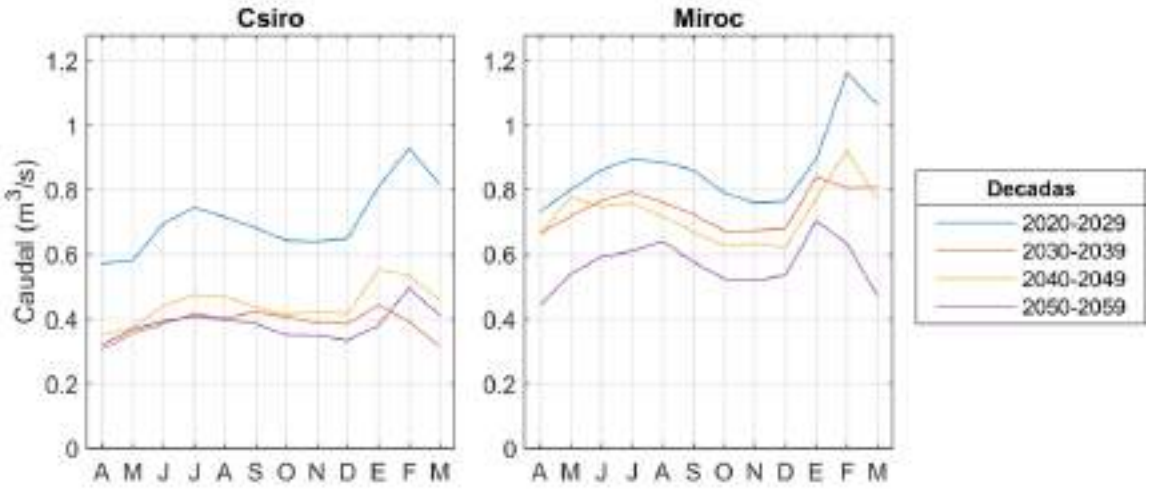


Figura 4.146: Caudales para escenarios futuros a partir de resultados de simulación en WEAP para según downscalling Csiro y Miroc para AEC Calina.

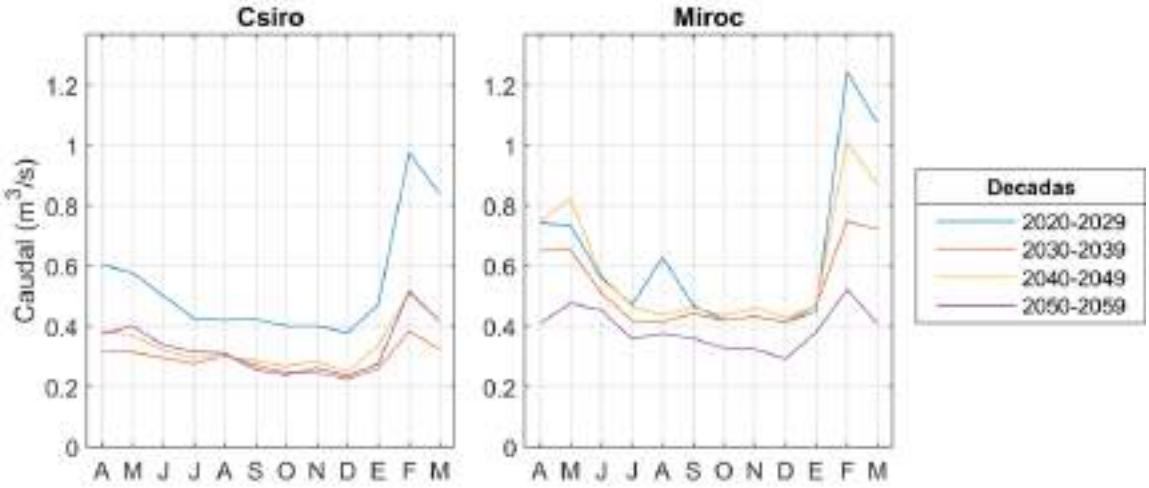


Figura 4.147: Caudales para escenarios futuros a partir de resultados de simulación en WEAP para según downscalling Csiro y Miroc para AEC Ayquina.

Folio005992

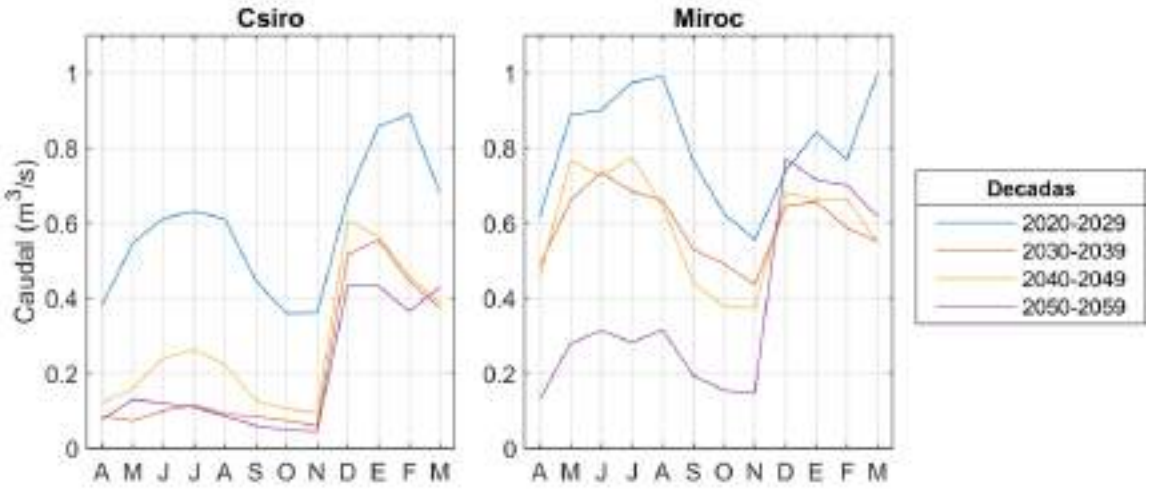


Figura 4.148: Caudales para escenarios futuros a partir de resultados de simulación en WEAP para según downscalling Csiro y Miroc para AEC Lasana.

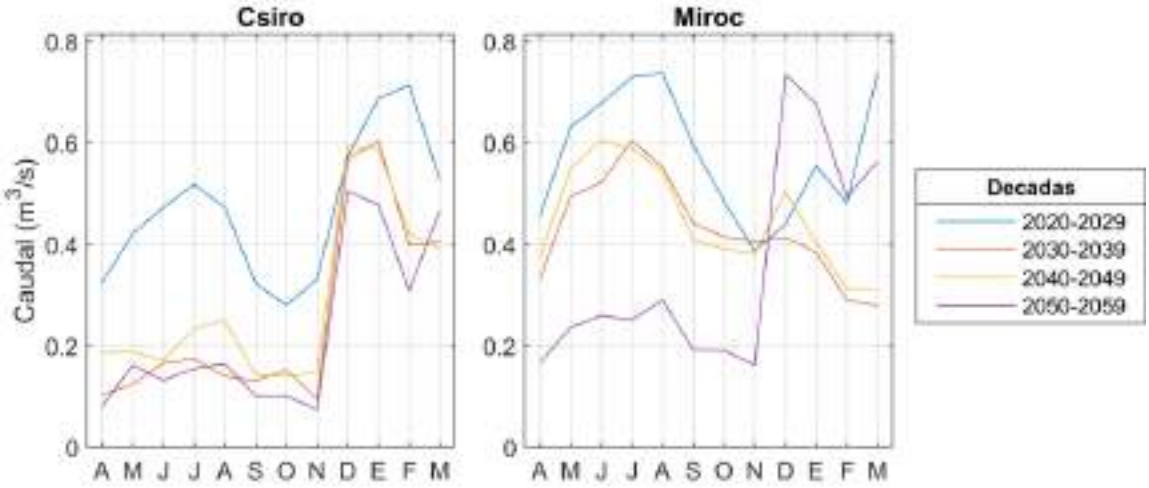


Figura 4.149: Caudales para escenarios futuros a partir de resultados de simulación en WEAP para según downscalling Csiro y Miroc para AEC ChiuChiu.

Folio005993

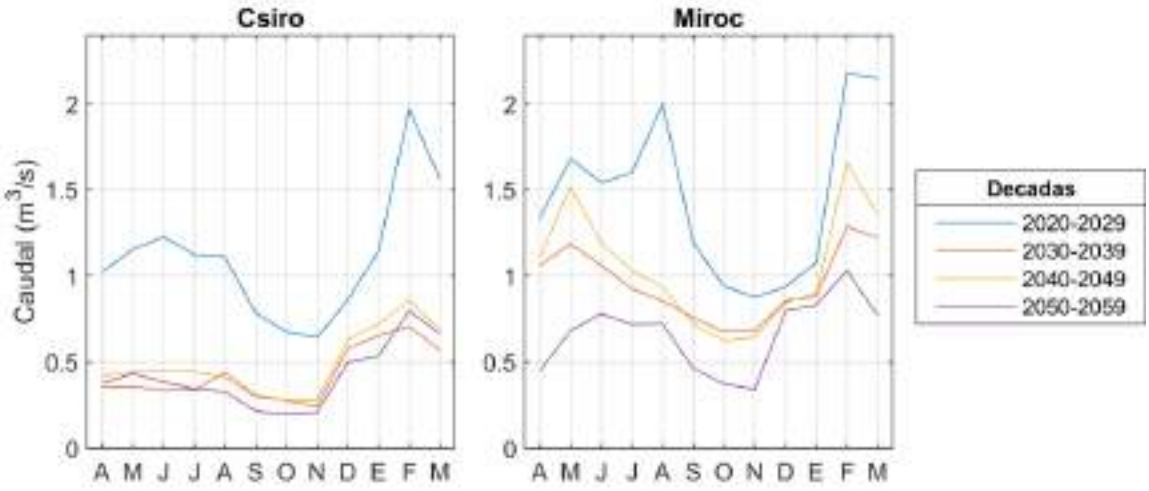


Figura 4.150: Caudales para escenarios futuros a partir de resultados de simulación en WEAP para según downscalling Csiro y Miroc para AEC Calama Alto.

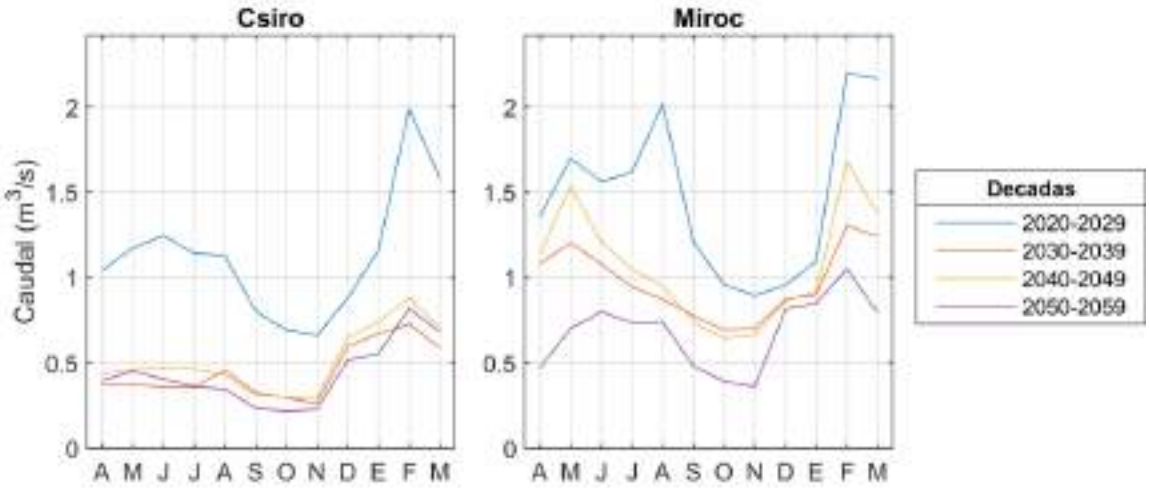


Figura 4.151: Caudales para escenarios futuros a partir de resultados de simulación en WEAP para según downscalling Csiro y Miroc para AEC Calama Medio.

Folio005994

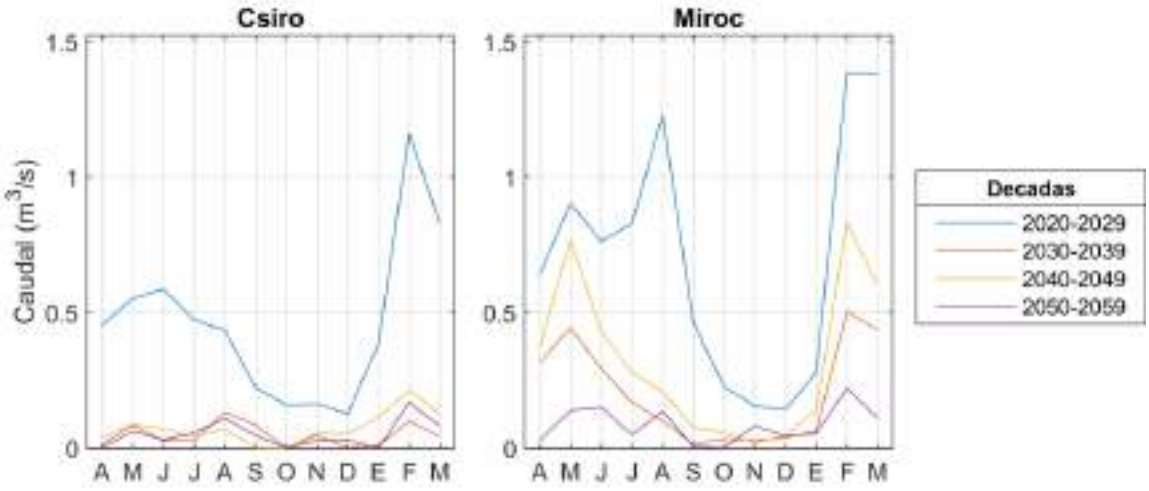


Figura 4.152: Caudales para escenarios futuros a partir de resultados de simulación en WEAP para según downscalling Csiro y Miroc para AEC Calama Bajo.

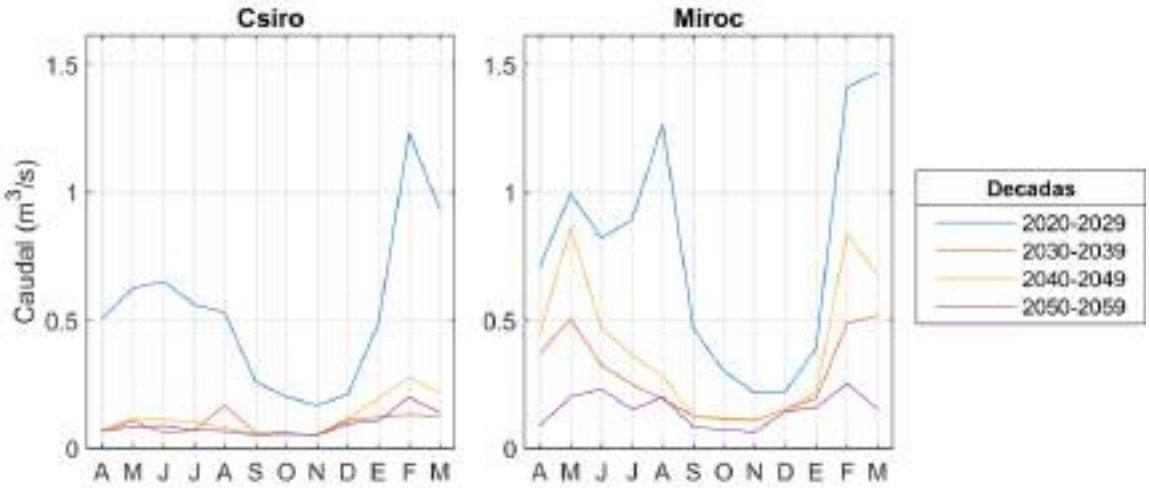


Figura 4.153: Caudales para escenarios futuros a partir de resultados de simulación en WEAP para según downscalling Csiro y Miroc para AEC Coya.

Folio005995

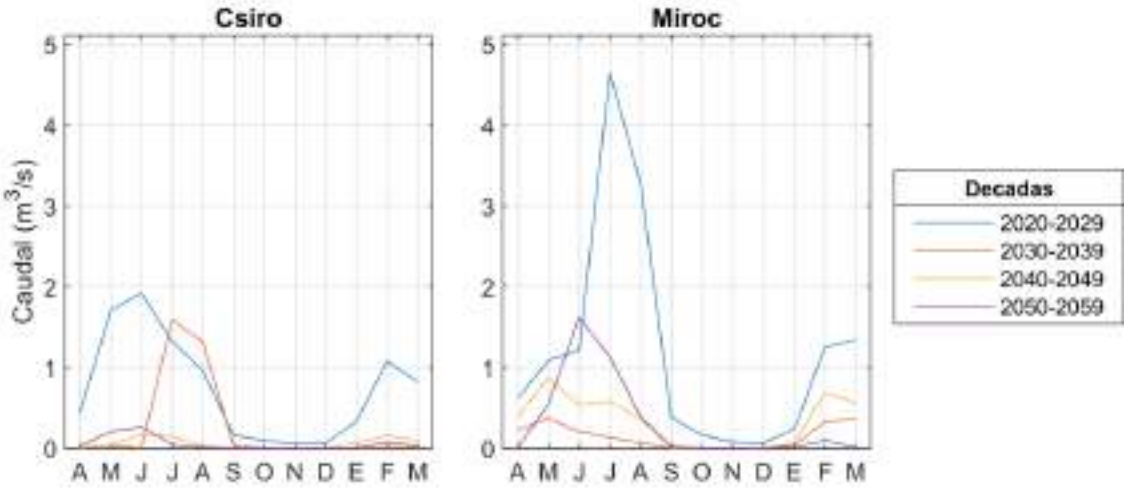


Figura 4.154: Caudales para escenarios futuros a partir de resultados de simulación en WEAP para según downscalling Csiro y Miroc para AEC Quillagua.

Como se mencionó en el capítulo 4.3, los caudales resultantes de la simulación corresponden a los caudales considerando las extracciones de agua superficial aguas arriba de cada estación fluviométrica, por lo cual corresponden a los caudales futuros que ingresan a cada una de las áreas de estudio.

De estos, si bien se observa cierta irregularidad en la tendencia, presentando en algunos casos desfase entre las épocas de mayor disponibilidad, se tiene que en general los caudales del futuro próximo, correspondiente a la década de 2020-2029 son superiores a los caudales del resto de los escenarios, con lo cual se estima que en un futuro, la disponibilidad de caudal pasante se verá severamente disminuída, afectando principalmente al ecosistema que actualmente habita en los diferentes sectores del Loa.

Folio005996

4.5.2 Etapa 7: Evaluación de la condición actual y futura, considerando escenarios futuros de disponibilidad de agua. Comparación mediante valoración de la presencia de la biota y del desarrollo de los servicios ecosistémicos de escenarios respecto del caudal ambiental definido.

La modelación de hábitat presentada en el acápite 4.4.5.3 nos permite evaluar un caudal y determinar el porcentaje de habitabilidad respecto al óptimo de este para las especies a considerar, de modo que es posible determinar los diferentes estados en los que se encuentra esta en diferentes escenarios. La condición natural, construida a partir de la hidrología histórica y el catastro de extracciones superficiales, se presentó en la etapa 2, en donde en la Tabla 4.60 se muestra el caudal natural con probabilidad de excedencia de 50%, correspondiente a una condición natural "media", esta se evalúa según las curvas de habitabilidad antes mencionadas, obteniendo como resultado las habitabilidades presentadas en la Tabla 4.87. En esta, se observa que, ante un régimen natural de caudales, gran parte de las AEC evaluadas presentan una habitabilidad superior al 70% de la habitabilidad óptima, siendo únicamente Calama Bajo el que no cumple esta condición, con una habitabilidad promedio del 48%, lo cual se explica principalmente por la convexidad que presenta su curva caudal vs WUA (Figura 4.129), en donde para el caso del Basilycthis Semotilus, se observa que esta decrece con el caudal luego de alcanzar el máximo.

Tabla 4.87: Habitabilidad % mensual según AEC al evaluar caudal natural con probabilidad de excedencia del 50%.

AEC	Habitabilidad (%) mensual para caudal natural con pexc=50%											
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Palpana	95	94	93	92	92	91	93	95	97	95	93	94
Calina	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	91	91
Ayquina*												
Lasana	99	99	99	99	99	99	99	99	99	98	98	98
ChiuChiu	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	96	96
Calama Alto	79	79	78	77	78	78	78	79	78	77	72	78
Calama Medio	97	98	98	98	98	97	97	97	97	98	95	98
Calama Bajo	48	48	48	48	48	47	47	47	48	47	48	48
Coya	99	99	99	100	100	99	99	99	99	100	99	100
Quillagua	84	83	80	78	79	82	83	84	84	83	83	84

* En la AEC de Ayquina no se consideraron especies de ictiofauna pues no había antecedentes de especies en registros bibliográficos ni avistamientos en terreno.

Ahora bien, al evaluar el caudal ambiental definido en el acápite 4.4.5.5, cuya habitabilidad resultante se presenta en la Tabla 4.88, se tiene que la habitabilidad se reduce con respecto al caudal natural, y que a su vez esta diferencia aumenta hacia aguas abajo debido a la diferencia de caudal entre el caudal natural y el caudal ambiental definido. A pesar de lo anterior, al reducir el caudal pasante, la habitabilidad de la especie en Calama Bajo

Folio005997

aumenta, de un 48% a un 95% promedio, cumpliendo con el requerimiento mínimo de 70% de habitabilidad.

En cambio, la habitabilidad en Coya se reduce a un 30%, debido a que como se comentó anteriormente, esta se definió en este rango debido a la baja probabilidad de presencia de esta especie en este tramo.

Tabla 4.88: Habitabilidad % mensual según AEC al evaluar caudal ambiental.

AEC	Habitabilidad (%) mensual para caudal ambiental											
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Palpana	95	94	93	92	92	91	93	95	97	95	93	94
Calina	91	92	91	92	91	89	89	87	85	93	96	97
Ayquina*												
Lasana	97	97	97	97	97	98	98	98	97	97	97	97
ChiuChiu	77	76	76	78	80	82	83	83	80	80	78	77
Calama Alto	92	93	96	97	99	100	99	99	99	100	99	95
Calama Medio	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
Calama Bajo	96	96	95	94	93	94	96	97	96	94	93	95
Coya	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	30
Quillagua	73	75	79	81	80	78	75	74	74	76	77	74

* En la AEC de Ayquina no se consideraron especies de ictiofauna pues no había antecedentes de especies en registros bibliográficos ni avistamientos en terreno.

Ahora bien, al observar la habitabilidad mensual evaluada para el caudal actual con probabilidad de excedencia, presentada en la Tabla 4.89, se tiene que el AEC de Quillagua reduce drásticamente su habitabilidad con respecto al escenario natural y ambiental, de modo que solo cumple con el requerimiento del 70% para los meses entre junio y septiembre, alcanzando una habitabilidad mínima de 34% en marzo, lo cual se puede observar de manera gráfica en la Figura 4.143, en donde destaca la diferencia entre el requerimiento ecológico y el caudal actual.

Folio005998

Tabla 4.89: Habitabilidad % mensual según AEC al evaluar caudal actual con probabilidad de excedencia del 50%.

AEC	Habitabilidad (%) mensual para caudal actual con pexc=50%											
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Palpana	95	94	93	92	92	91	93	95	97	95	93	94
Calina	87	89	87	89	88	85	85	84	84	92	97	98
Ayquina*												
Lasana	97	98	98	98	98	98	98	98	98	97	97	97
ChiuChiu	89	89	89	89	89	89	89	89	89	90	90	91
Calama Alto	100	100	99	99	99	99	100	100	100	99	89	99
Calama Medio	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	73	74
Calama Bajo	98	94	95	95	94	97	99	97	93	99	94	96
Coya	29	30	31	32	31	30	30	29	28	28	30	30
Quillagua	44	65	87	90	88	82	62	45	42	37	39	34

* En la AEC de Ayquina no se consideraron especies de ictiofauna pues no había antecedentes de especies en registros bibliográficos ni avistamientos en terreno.

Al comparar la habitabilidad mensual evaluada con el caudal actual, con la habitabilidad mensual resultante de los caudales futuros para el modelo CSIRO, presentadas en la Tabla 4.90, es necesario desarrollar una comparación por AEC debido a la cantidad de información presentada. Para el caso particular de palpana, el escenario futuro cumple los requerimientos ambientales establecidos, manteniendo la condición actual.

Calina: Según se observa, para el futuro próximo (2020-2030) se siguen supliendo el requisito del 70% de habitabilidad, con un promedio de 83%, similar al obtenido para el escenario actual donde se alcanza una habitabilidad promedio del 88%. Sin embargo, la habitabilidad disminuye al considerar diferentes horizontes de evaluación, siendo el período 2050-2060 el que logra mayor incumplimiento del requisito del 70%, con una habitabilidad promedio del 64%.

Lasana: La habitabilidad promedio actual alcanza un 97%, sin embargo, al evaluar los caudales futuros para esta AEC, se tiene que con el tiempo la habitabilidad disminuye progresivamente, inicialmente con un 94% para el futuro próximo, hasta un 85% para el período 2050-2060. Sin embargo, considerando el promedio de los datos, se tiene que tanto para la condición actual y futura se cumple el requisito del 70%.

ChiuChiu: Mientras la habitabilidad actual promedio alcanza un valor de 89%, esta disminuye a 62% para el futuro próximo, encontrándose únicamente 2 meses en los cuales se supera el umbral del 70%, presentándose incluso meses por debajo al 60%. Esta situación se acrecenta al considerar un mayor horizonte de evaluación, presentando promedios anuales de habitabilidad del 49, 51 y 47% para los periodos de 2030-2040, 2040-2050 y 2050-2060.

Folio005999

Calama Alto: Para este caso, la habitabilidad actual alcanza un valor promedio anual de 98%, manteniéndose relativamente constante, pero con una disminución hasta 89% para el mes de febrero. Mientras que la habitabilidad del futuro próximo alcanza un valor de 93%, disminuyendo en 5 puntos porcentuales respecto al actual, pero manteniéndose aún por sobre el 70% de habitabilidad requerida. Ahora bien, al considerar los diferentes escenarios futuros, se tiene que la habitabilidad se ve reducida de forma importante, principalmente en los meses de septiembre, octubre y noviembre, donde se alcanzan habitabilidades por debajo del 40%, siendo el período más desfavorable el de 2050-2060 con un 50% de habitabilidad anual promedio.

Calama Medio: De igual modo, los escenarios futuros se traducen en una reducción total del hábitat disponible, reduciéndose desde 74% para el escenario actual, hasta un 67% para el escenario 2050-2060.

Calama Bajo: Si bien para este caso en particular, el escenario del futuro próximo alcanza una habitabilidad promedio del 89%, presentando únicamente un mes por debajo de los 70%, se tiene que el escenario futuro disminuye su habitabilidad de manera importante, alcanzando habitabilidades del 51, 56 y 51% para los escenarios 2030-2040, 2040-2050 y 2050-2060 respectivamente, alcanzando una disminución de hasta 44% con respecto a la habitabilidad actual.

Coya: Dado que la habitabilidad de la especie se definió en función del 30% del hábitat total, coincidente con el caudal actual, se tiene que la condición futura se mantiene dentro del mismo rango establecido, observándose un mínimo promedio de 25% para la década de 2050-2060.

Quillagua: De igual manera que se observó para el escenario actual, en el escenario futuro los meses más críticos corresponden a los meses entre septiembre y abril, donde el requerimiento ecológico supera ampliamente a la disponibilidad hídrica. La habitabilidad promedio tiende a disminuir con el tiempo, con 59% para el futuro próximo y alcanzando un 27% para la década 2050-2060, ambas por debajo del requisito ambiental del 70% de habitabilidad.

Tabla 4.90: Habitabilidad (%) mensual resultante de evaluación de caudal futuro a partir del modelo Csiro.

AEC	Escenario	Habitabilidad (%) mensual según escenario para caudales Csiro												
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Prom
Palpana	2020-2030	94	96	91	89	90	90	91	91	92	87	84	87	90
	2030-2040	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100
	2040-2050	100	100	100	99	99	99	100	100	100	97	97	100	99
	2050-2060	99	100	100	100	100	100	100	100	99	100	98	100	100
Calina	2020-2030	79	79	83	84	84	83	81	81	81	86	97	87	84
	2030-2040	57	62	64	67	66	68	66	64	64	71	65	58	64
	2040-2050	61	63	71	75	74	70	67	68	67	79	79	73	71

AEC	Escenario	Habitabilidad (%) mensual según escenario para caudales Csiro												
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Prom
	2050-2060	58	63	65	66	65	64	61	61	60	64	78	67	64
Ayquina*	2020-2030													
	2030-2040													
	2040-2050													
	2050-2060													
Lasana	2020-2030	90	95	96	97	96	92	89	90	97	98	98	97	95
	2030-2040	82	81	82	83	82	82	81	81	94	95	92	90	85
	2040-2050	83	84	86	87	86	83	82	82	96	95	92	90	87
	2050-2060	82	83	83	82	82	81	81	81	92	92	90	91	85
ChiuChiu	2020-2030	54	60	63	66	63	54	51	54	70	74	75	67	63
	2030-2040	39	41	43	44	42	41	43	39	69	72	58	59	49
	2040-2050	45	45	44	48	49	42	42	42	71	71	60	58	51
	2050-2060	38	43	41	43	43	39	39	38	65	64	53	63	47
Calama Alto	2020-2030	95	97	99	97	97	88	79	77	90	97	98	100	93
	2030-2040	44	44	42	42	54	38	34	30	71	78	82	70	52
	2040-2050	52	55	56	55	51	36	34	34	76	83	90	80	59
	2050-2060	47	54	48	43	41	26	24	25	61	66	88	79	50
Calama Medio	2020-2030	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	71	73	74
	2030-2040	67	67	66	66	71	64	62	61	74	74	74	74	68
	2040-2050	70	71	72	71	69	63	62	62	74	74	74	74	70
	2050-2060	68	71	68	66	65	59	58	59	73	73	74	74	67
Calama Bajo	2020-2030	97	95	95	97	98	85	73	73	67	98	95	95	89
	2030-2040	44	58	47	47	68	58	42	51	42	44	61	50	51
	2040-2050	49	59	56	50	56	42	42	53	52	64	83	67	56
	2050-2060	42	54	48	53	63	51	42	47	48	42	75	58	52
Coya	2020-2030	29	30	30	29	29	27	26	26	26	29	32	30	29
	2030-2040	25	25	25	25	26	25	25	25	25	25	26	25	25
	2040-2050	25	25	25	25	25	25	25	25	25	26	27	26	25
	2050-2060	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	26	26	25
Quillagua	2020-2030	52	88	90	85	75	35	30	28	28	47	80	69	59
	2030-2040	23	26	23	88	84	25	23	23	23	23	24	24	34
	2040-2050	23	26	35	34	25	23	23	23	23	28	35	30	27
	2050-2060	25	38	43	27	23	23	23	23	23	23	29	25	27

* En la AEC de Ayquina no se consideraron especies de ictiofauna pues no había antecedentes de especies en registros bibliográficos ni avistamientos en terreno.

A partir de lo detallado anteriormente, se tiene que la tendencia general implica una reducción progresiva del hábitat disponible a medida que se evalúan escenarios futuros más

Folio006001

distantes. Sin embargo, esta tendencia a la reducción se ve acrecentada hacia aguas abajo, donde las presiones sobre el sistema aguas arriba de un AEC se traducen en una menor disponibilidad hídrica en el tramo, generando un ambiente poco óptimo para el desarrollo de las especies.

Ahora bien, como se presentó en las Figura 4.145 a Figura 4.154, los caudales futuros resultantes de la modelación en WEAP muestran que el caudal disponible según el modelo Miroc es superior al caudal disponible según el modelo Csiro, por lo cual existe mayor disponibilidad hídrica para satisfacer el requerimiento ecológico de cada AEC, de modo que como se observa en la Tabla 4.91, el número de escenarios y AEC en donde no se cumple la condición de 70% se ve reducida de manera importante, presentando deficit's de hábitat únicamente en las AEC's de Chiu Chiu, Calama Bajo, Coya y Quillagua.

Tabla 4.91: Habitabilidad (%) mensual resultante de evaluación de caudal futuro a partir del modelo Miroc.

AEC	Escenario	Habitabilidad (%) mensual según escenario para caudales Miroc												
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Prom
Palpana	2020-2030	87	86	84	82	83	82	85	86	87	83	75	79	83
	2030-2040	90	88	87	86	87	87	90	90	90	84	85	86	88
	2040-2050	90	85	88	87	89	90	92	91	92	87	81	87	88
	2050-2060	99	96	94	94	92	94	96	97	96	90	93	99	95
Calina	2020-2030	84	85	92	95	94	92	85	85	85	95	91	94	90
	2030-2040	82	84	85	85	85	84	82	82	83	90	86	86	85
	2040-2050	82	85	84	85	84	82	80	80	80	85	97	85	84
	2050-2060	71	79	79	79	81	79	79	79	79	84	80	75	79
Ayquina*	2020-2030													
	2030-2040													
	2040-2050													
	2050-2060													
Lasana	2020-2030	96	98	98	96	96	97	96	95	97	98	97	96	97
	2030-2040	93	97	97	97	97	94	93	92	97	97	96	95	95
	2040-2050	92	97	97	97	97	92	90	90	97	97	97	95	95
	2050-2060	83	87	88	87	88	85	84	84	97	97	97	96	89
ChiuChiu	2020-2030	62	72	74	75	75	71	64	58	61	69	64	75	68
	2030-2040	54	65	66	72	68	61	60	59	59	58	51	51	60
	2040-2050	57	68	72	71	68	59	58	57	65	59	53	53	62
	2050-2060	43	48	50	49	51	45	45	43	75	74	65	69	55
Calama Alto	2020-2030	99	99	100	100	97	98	93	91	93	96	95	96	96
	2030-2040	96	98	96	92	90	86	79	80	90	91	99	99	91
	2040-2050	97	100	98	95	93	83	76	77	90	92	99	99	92
	2050-2060	56	80	87	83	83	57	46	42	89	90	95	87	75

AEC	Escenario	Habitabilidad (%) mensual según escenario para caudales Miroc												
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Prom
Calama Medio	2020-2030	74	72	73	73	70	74	74	74	74	74	70	70	73
	2030-2040	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	2040-2050	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	73	74	74
	2050-2060	72	74	74	74	74	72	67	66	74	74	74	74	72
Calama Bajo	2020-2030	94	96	94	95	92	97	86	72	70	96	85	85	89
	2030-2040	100	97	99	75	61	45	49	47	49	54	96	98	73
	2040-2050	99	94	98	96	82	57	53	46	51	69	95	95	78
	2050-2060	48	69	71	51	68	43	42	58	51	52	85	63	58
Coya	2020-2030	30	31	30	30	32	29	27	26	26	28	32	33	30
	2030-2040	28	29	27	27	26	25	25	25	26	26	29	29	27
	2040-2050	29	30	29	28	27	25	25	25	26	26	30	30	28
	2050-2060	25	26	27	26	26	25	25	25	26	26	27	26	26
Quillagua	2020-2030	61	80	83	86	99	49	35	29	28	41	83	85	63
	2030-2040	40	49	38	33	28	23	23	23	23	26	47	48	33
	2040-2050	50	72	57	59	48	24	23	23	23	28	64	58	44
	2050-2060	23	57	88	81	50	24	23	23	23	24	31	23	39

* En la AEC de Ayquina no se consideraron especies de ictiofauna pues no había antecedentes de especies en registros bibliográficos ni avistamientos en terreno.

Folio006003

4.5.3 Etapa 8: Optimización y mejora en el uso del recurso según la priorización de los servicios ecosistémicos, realizada en base al criterio y objetivo establecido por parte de usuarios y actores relevantes.

En el acápite 4.4.5.5 se comparó gráficamente el requerimiento ambiental con la oferta hídrica actual para cada una de las áreas de estudio de la condición, en donde para ciertas AEC se determinó que la oferta actual era capaz de suplir las demandas de agua superficial aguas debajo de estas, mientras que para el resto, la oferta era insuficiente total o parcialmente.

Para determinar la oferta hídrica futura, se comparan los requerimientos ambientales con los caudales futuros resultantes de la modelación en WEAP ante diferentes escenarios de cambio climático, con objeto de determinar si será o no posible suplir los requerimientos del caudal ambiental, de modo que ante la existencia de un déficit, sea posible el planteamiento de oportunidades de optimización que permitan redistribuir el recurso, y con ello, buscar el óptimo global del sistema, incorporando las componentes sociales, ecológicas, de desarrollo y de usuario.

A continuación, se presenta el análisis de la oferta hídrica futura con los requerimientos ambientales por AEC:

- **Palpana:**

Como se observa en la Figura 4.155, cuando se consideran los caudales resultantes del modelo CSIRO, se tiene que para las décadas futuras de 2030-2040, 2040-2050 y 2050-2060, el caudal es insuficiente para suplir el caudal de uso social correspondiente a la extracción de agua potable, situación que empeora progresivamente con el tiempo. Ahora bien, al considerar el caudal resultante del modelo MIROC, se tiene que la disponibilidad futura es próxima a la disponibilidad actual, de modo que únicamente para la década 2050-2060, el caudal no es capaz de suplir la demanda para uso social. En esta AEC, para ambos modelos se estaría supliendo el requerimiento ecológico del caudal ambiental, considerando todos los escenarios futuros.

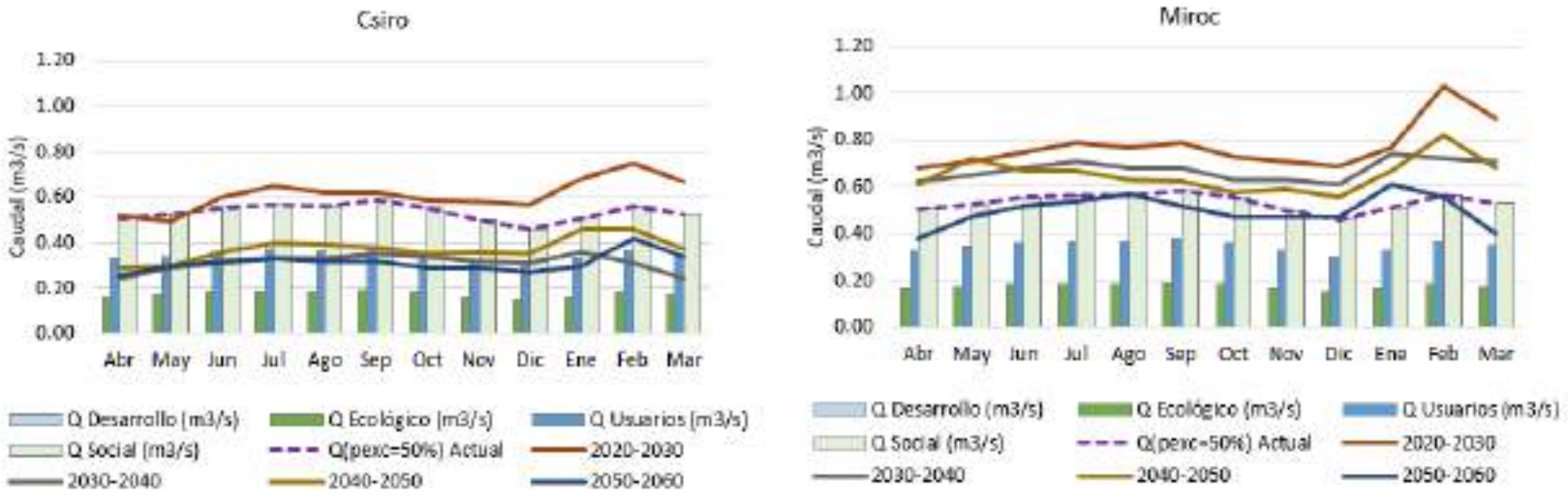


Figura 4.155: Requerimientos según uso y disponibilidad hídrica futuro según resultados de modelación para AEC Palpana.

- **Calina:**

Para el caso particular de Calina, su caudal ambiental se define a partir del requisito establecido por el caudal de usuario, el cual actualmente se satisface parcialmente con el caudal actual. Sin embargo, como se presenta en la Figura 4.156, tanto para los caudales resultantes del modelo CSIRO y MIROC, se tiene que no es posible suplir este requerimiento de caudal para cada una de las décadas presentadas, situación que empeora al analizar futuros más lejanos, como la década 2050-2060, en donde se suple alrededor del 50% del caudal de usuario para el modelo CSIRO y un 60% para el modelo MIROC. En esta AEC, según el modelo CSIRO para el periodo 2020-2030 se estaría supliendo la componente ecológica, sin embargo, para proyecciones futuras no se estaría supliendo. En cuanto al modelo MIROC, sus proyecciones muestran que se suple la componente ecológica excepto para el periodo 2050-2060.

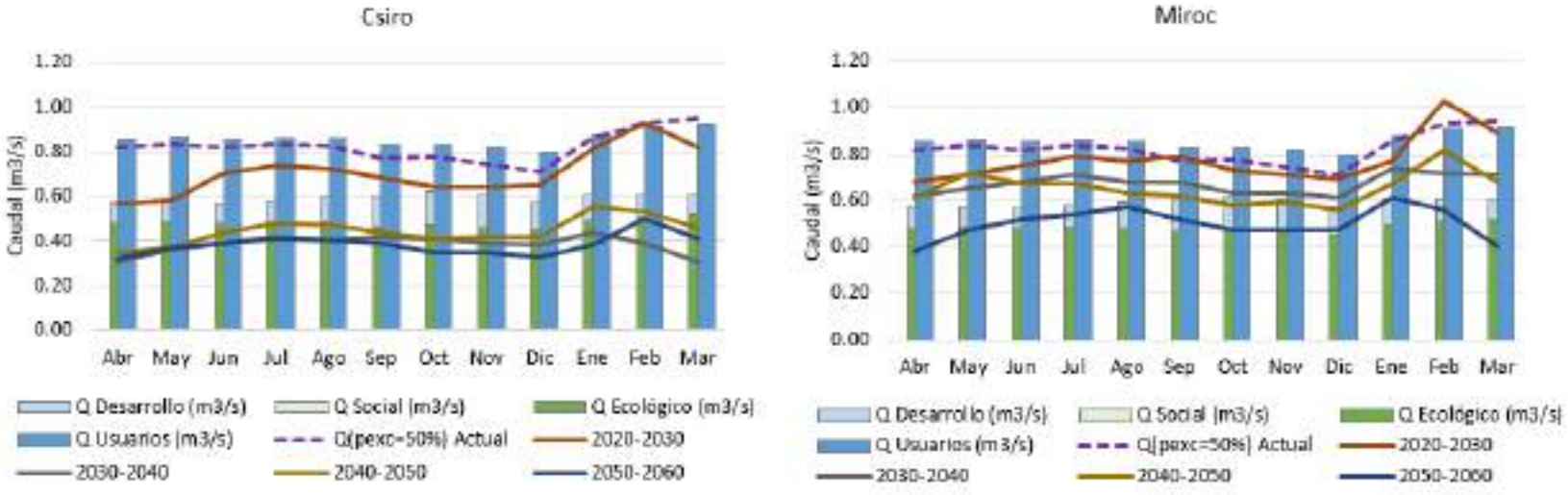


Figura 4.156: Requerimientos según uso y disponibilidad hídrica futuro según resultados de modelación para AEC Calina.

- **Ayquina:**

A diferencia de la tendencia anterior, según se observa en la Figura 4.157, los caudales futuros en ambos modelos superan al caudal actual con probabilidad de excedencia del 50%, de manera que para ambos casos, y para cada escenario, es posible suplir el caudal ambiental definido por el requerimiento de usuario. Cabe destacar que en esta AEC no existe componente ecológica del caudal ambiental, ya que no se tiene registros de especies de fauna íctica.

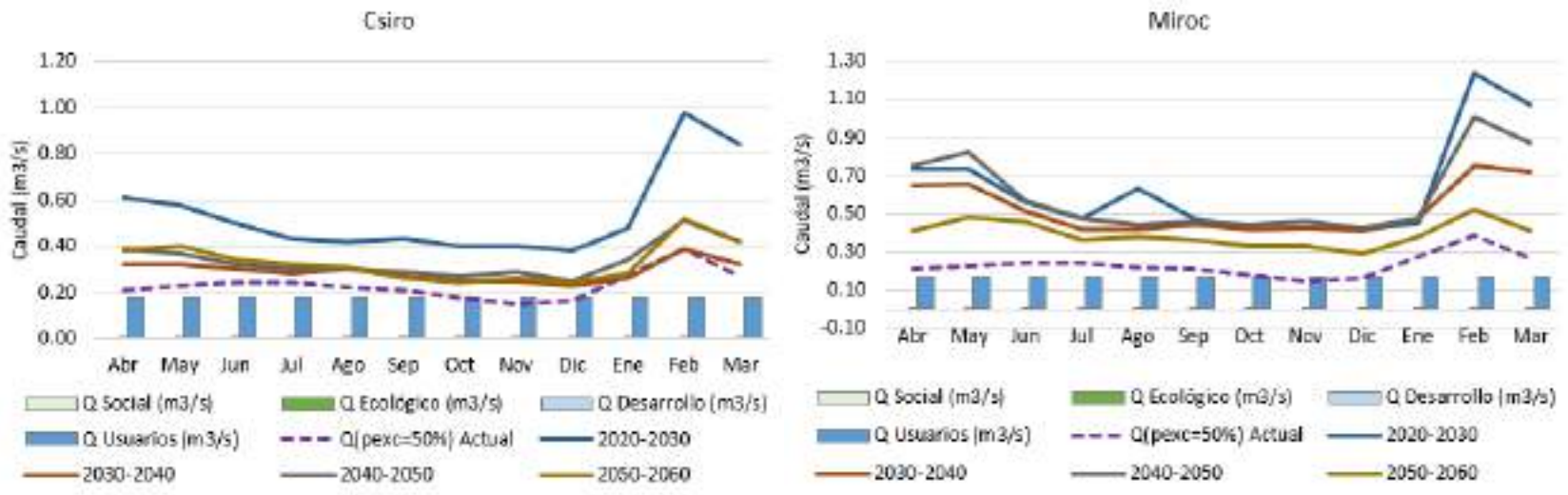


Figura 4.157: Requerimientos según uso y disponibilidad hídrica futuro según resultados de modelación para AEC Ayquina.

Folio006007

- **Lasana:**

Según se observa en la Figura 4.158, los caudales de ambos modelos son muy inferiores al caudal actual de probabilidad de excedencia del 50%, de modo que si bien en el escenario actual era posible suplir el caudal ambiental, esto ya no es posible en un escenario futuro. En particular, el caudal se ve severamente disminuido entre los meses de abril y noviembre para el modelo CSIRO, en donde la oferta no es capaz de suplir el caudal ecológico del AEC, reduciendo ampliamente su habitabilidad, lo cual implica a su vez la imposibilidad de realizar extracciones para suplir el caudal de desarrollo de las demandas de riego que existen aguas debajo de estas. Nuevamente se observa que la disponibilidad total disminuye al evaluar décadas más lejanas, con lo cual se espera que, ante el manejo actual de la cuenca, las presiones totales del sistema impliquen una reducción importante del hábitat en el tramo definido por la AEC. En esta AEC, según el modelo CSIRO para el periodo 2020-2030 se estaría supliendo la componente ecológica, sin embargo, para proyecciones futuras no se estaría supliendo. En cuanto al modelo MIROC, sus proyecciones muestran que se suple la componente ecológica excepto para el periodo 2050-2060.

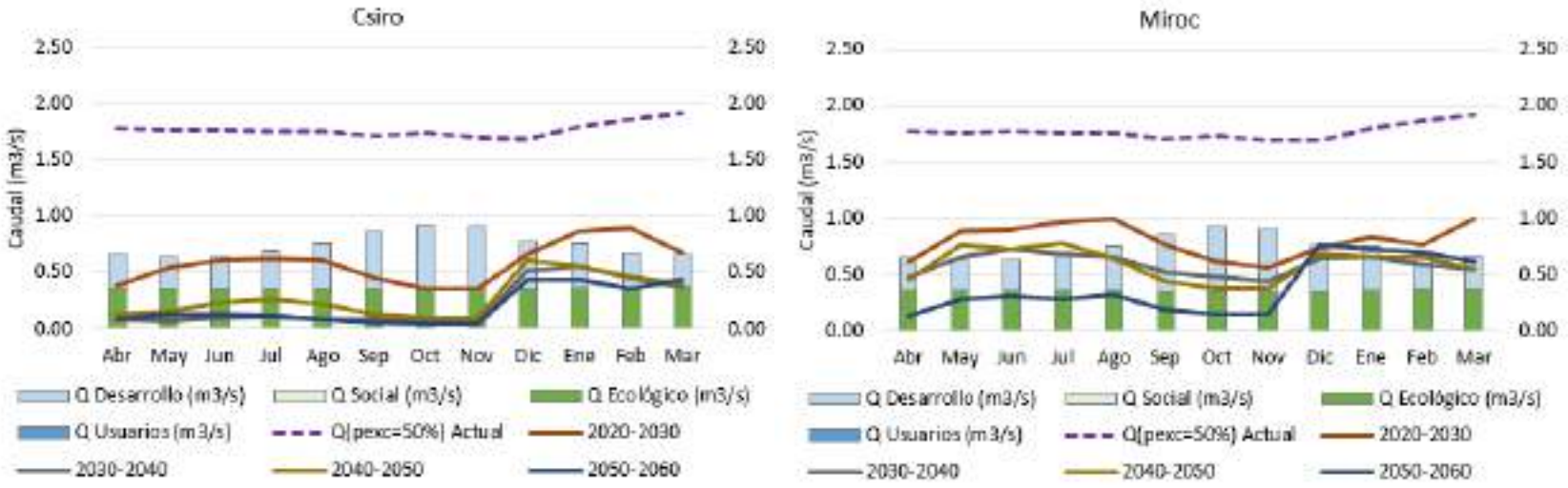


Figura 4.158: Requerimientos según uso y disponibilidad hídrica futuro según resultados de modelación para AEC Lasana.

- **ChiuChiu:**

Para el tramo definido por el AEC ChiuChiu, cuyos caudales futuros se presentan en la Figura 4.159, se tiene que la oferta futura del modelo CSIRO es insuficiente para satisfacer el requisito ecológico, disminuyendo la habitabilidad de manera importante, según lo presentado en la Tabla 4.90. Junto con esto, debido a la priorización del recurso, el caudal de desarrollo puede suplirse parcialmente únicamente en el mes de febrero para el escenario de 2020-2030, siendo descartado para el resto de los escenarios. Al considerar los caudales resultantes del modelo MIROC, el caudal disponible para el requerimiento ecológico, y por tanto la habitabilidad, aumentan con respecto al resultante del modelo CSIRO, pero incluso así, es insuficiente y sólo logra suplirlo parcialmente. Según el modelo CSIRO para ningún periodo futuro se estaría supliendo la componente ecológica, en cuanto al modelo MIROC, sus proyecciones muestran que se suple la componente ecológica solo algunos meses de los periodos 2020-2030 y 2050-2060.

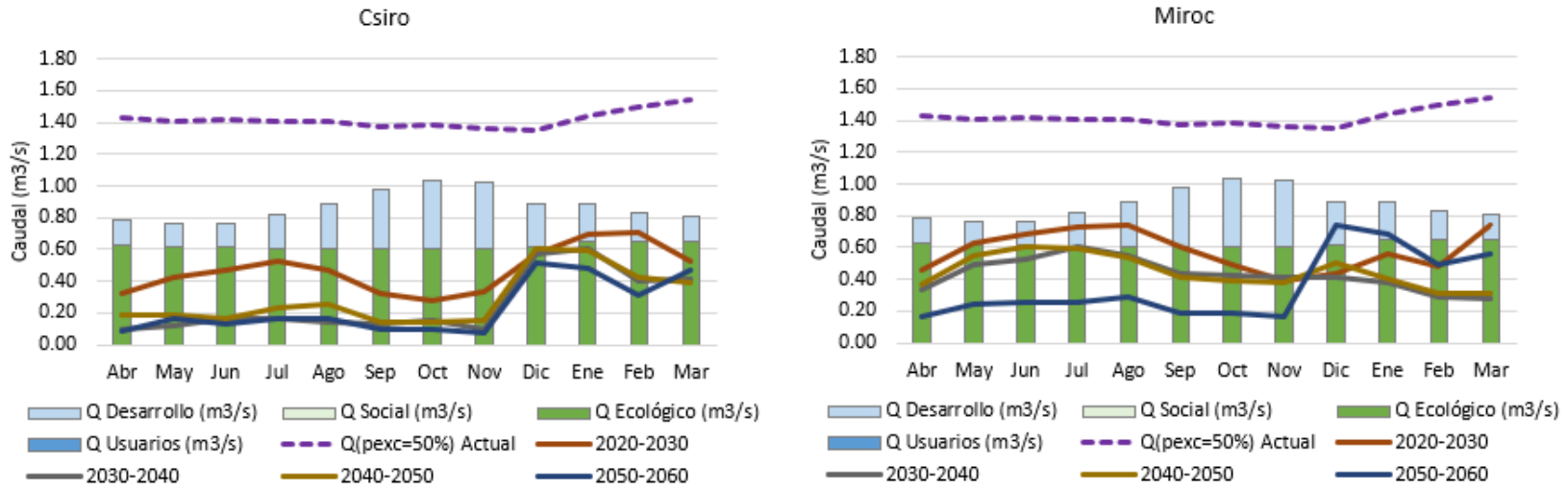


Figura 4.159: Requerimientos según uso y disponibilidad hídrica futuro según resultados de modelación para AEC ChiuChiu.

- **Calama Alto:**

El caudal actual con probabilidad de excedencia del 50% permite suplir los requerimientos ambientales gran parte del año, a excepción de los meses de octubre, noviembre y diciembre, donde el requerimiento para desarrollo se ve limitado parcialmente. Al considerar la disponibilidad hídrica del recurso para el futuro próximo, como se observa en la Figura 4.160, se tiene que el caudal de desarrollo se ve limitado entre agosto y enero, tanto para el caudal resultante del modelo csiro, como del modelo MIROC. Ahora bien, al considerar otras décadas de evaluación, se observa que para el modelo CSIRO, el caudal futuro no es capaz de suplir el requerimiento ecológico establecido para la zona, disminuyendo el hábitat disponible en ésta. Sin embargo, al considerar los resultados del modelo MIROC, se tiene que esta no se suple únicamente entre los meses de septiembre y noviembre para la década de 2050-2060, dando espacio para el desarrollo parcial de actividades relacionadas con el caudal de desarrollo. En esta AEC, según el modelo CSIRO para el periodo 2020-2030 se estaría supliendo la componente ecológica, sin embargo, para proyecciones futuras no se estaría supliendo. En cuanto al modelo MIROC, sus proyecciones muestran que se suple la componente ecológica excepto para el periodo 2050-2060.

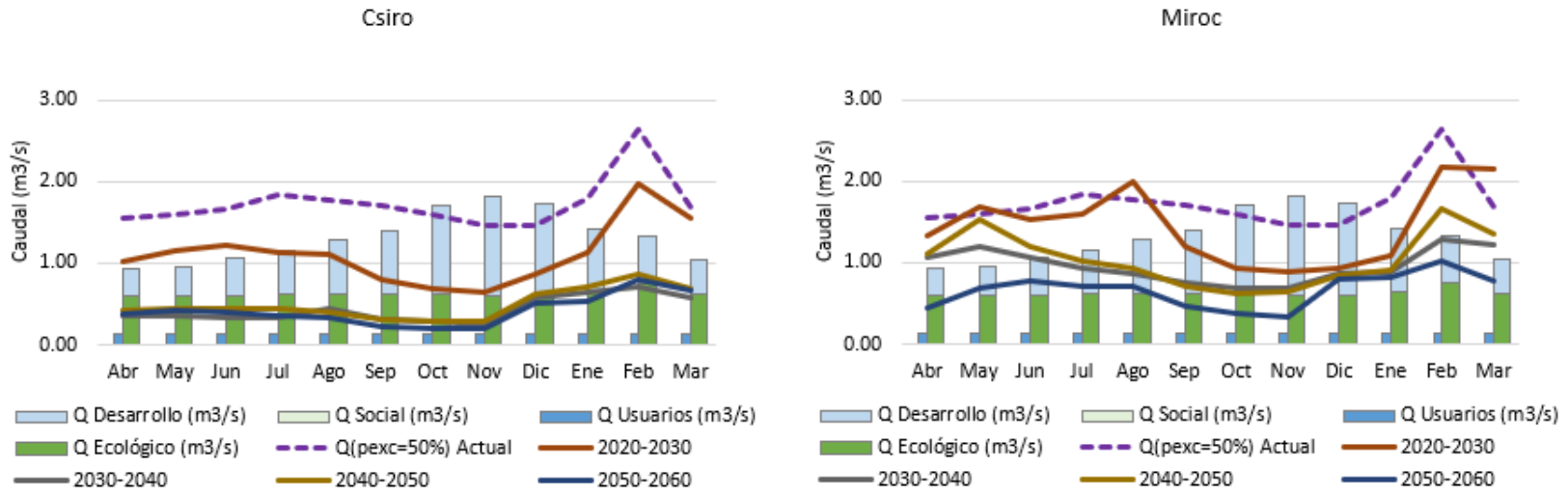


Figura 4.160: Requerimientos según uso y disponibilidad hídrica futuro según resultados de modelación para AEC Calama Alto.

- **Calama Medio:**

Para la evaluación de oferta futura de Calama Medio, presentada en la Figura 4.161 se tiene una situación similar a la observada para Calama bajo, una cobertura parcial en el futuro próximo, y un déficit que aumenta progresivamente con el tiempo. Sin embargo, tanto para los caudales resultantes del modelo CSIRO como MIROC, se logra suplir gran parte del caudal ecológico, observándose incluso diferencias que pueden ser utilizadas para la realización de actividades asociadas al caudal de desarrollo. Según el modelo CSIRO para el periodo 2020-2030 se estaría supliendo la componente ecológica, sin embargo, para proyecciones futuras no se estaría supliendo todos los mese. En cuanto al modelo MIROC, sus proyecciones muestran que se suple la componente ecológica excepto para el periodo 2050-2060, en que se observa algunos meses de déficit.

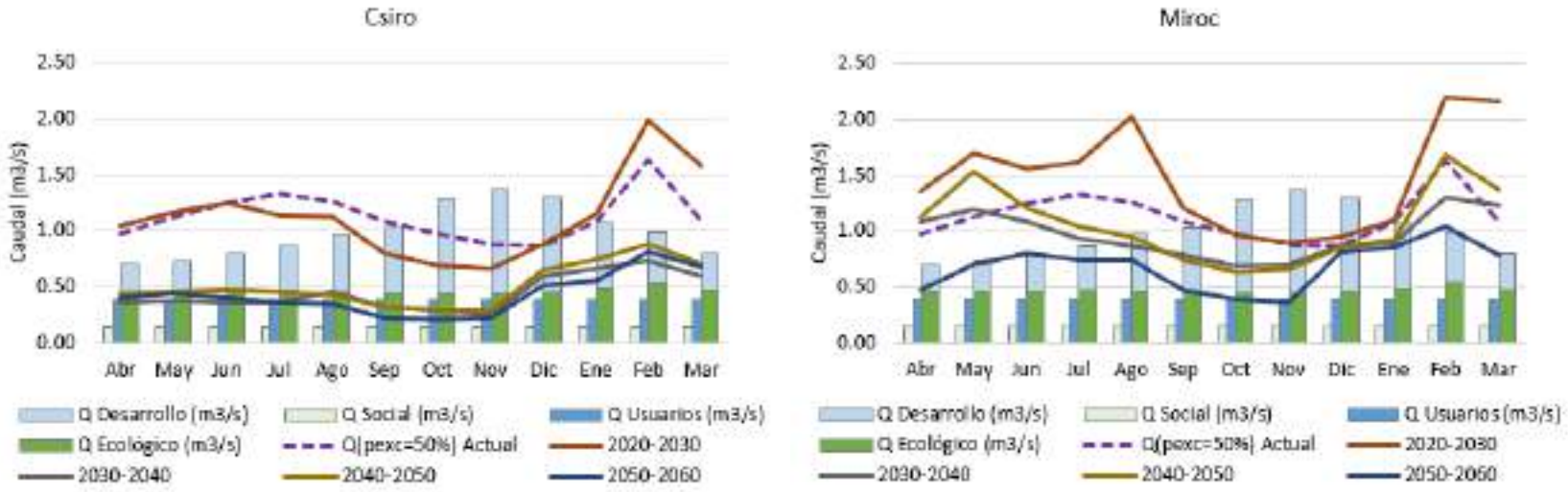


Figura 4.161: Requerimientos según uso y disponibilidad hídrica futuro según resultados de modelación para AEC Calama Medio.

- **Calama Bajo:**

En el área de estudio de Calama Bajo es posible identificar caudales de desarrollo de diferente uso, como lo son el riego o el uso en industria, donde estos últimos se desarrollan aguas abajo del tramo definido por el AEC, pero que deben ser suplidos igualmente por el caudal pasante por esta AEC. Al considerar el caudal actual, se observa que el caudal de desarrollo se ve limitado en gran parte durante los meses entre septiembre y febrero, reduciéndose hasta un 10% del valor total, esta condición de déficit se mantiene al considerar escenarios futuros de caudal, en donde para el caso particular de CSIRO, sólo existe disponibilidad en el futuro próximo.

Al evaluar la cobertura del caudal ecológico en un escenario futuro, se tiene que para los caudales resultantes del modelo CSIRO la cobertura de esta es parcial o nula para los escenarios más lejanos, con lo cual se espera que la habitabilidad resultante disminuya de manera importante con respecto a la habitabilidad actual. Al considerar los caudales resultantes del modelo MIROC, si bien se observa que existe cobertura total para ciertos meses, esta es parcial para otros, por lo cual la probabilidad de avistamiento de especies debiese variar según época del año. Por lo tanto, para ambos modelos solo se supliría totalmente el caudal ecológico el periodo 2020-2030.

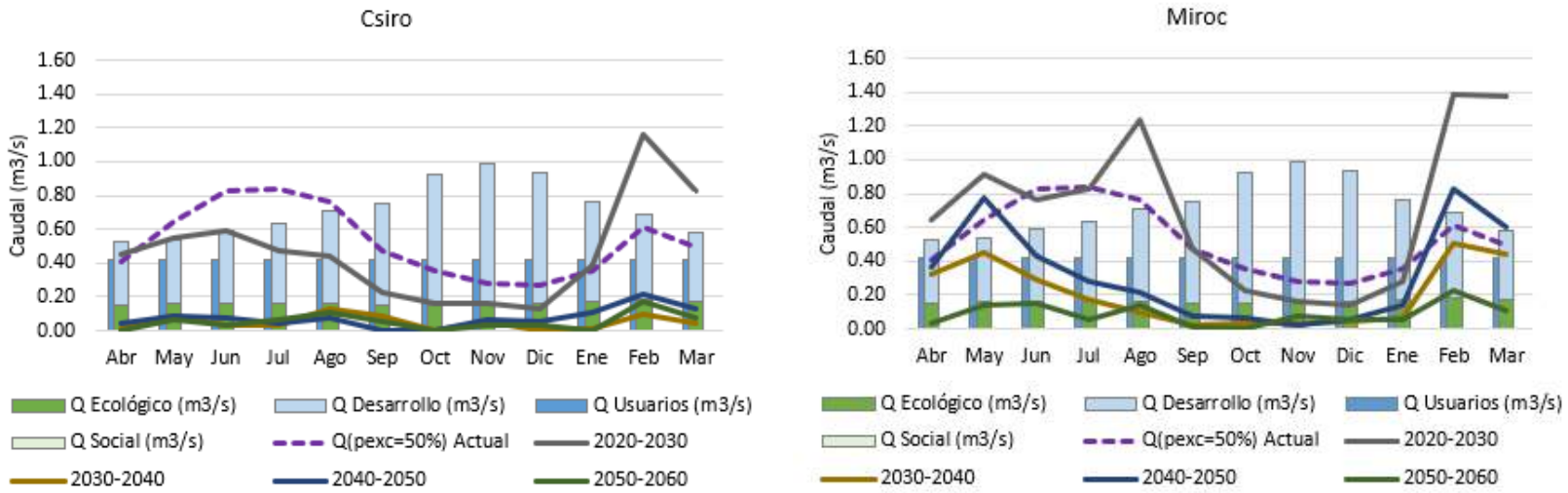


Figura 4.162: Requerimientos según uso y disponibilidad hídrica futuro según resultados de modelación para AEC Calama Bajo.

- **Coya:**

La evaluación de la oferta hídrica futura para el AEC Coya, presentada en la Figura 4.163, muestra una imposibilidad de suplir el caudal ecológico y de usuario mensual al considerar los caudales del modelo CSIRO, con ciertas excepciones para el futuro próximo, donde es posible desarrollar todas las actividades que requieren de una extracción de caudal para usos consuntivos. Tanto para los caudales de los modelos CSIRO y MIROC, se evidencia una reducción importante en la oferta respecto al caudal actual, lo cual indica que las presiones actuales que se ejercen sobre el sistema, aguas arriba del AEC, imposibilitarían en un futuro el desarrollo de diferentes actividades que hacen uso del recurso hídrico para su ejecución. La componente ecológica en particular, no logra ser suplida en la actualidad ni en las proyecciones futuras de ambos modelos.

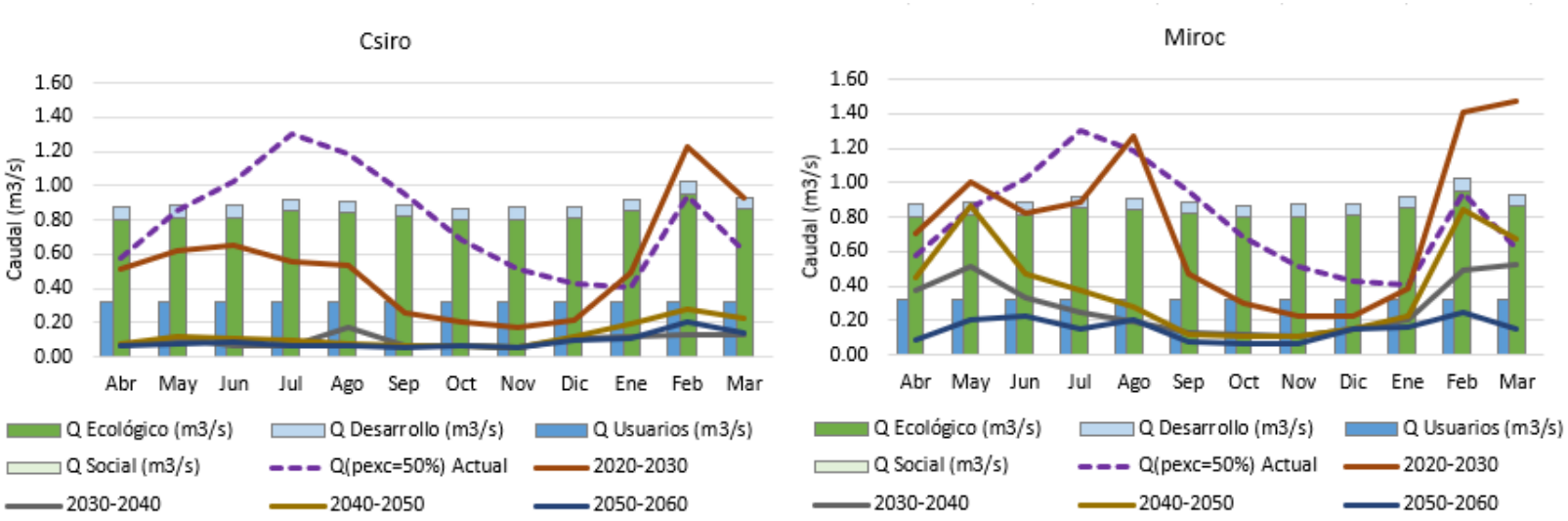


Figura 4.163: Requerimientos según uso y disponibilidad hídrica futuro según resultados de modelación para AEC Coya.

- **Quillagua:**

Finalmente, para el AEC de Quillagua, cuyos requerimientos y caudales futuros se presentan en la Figura 4.164, se tiene que al igual que en el caso actual, la cobertura del caudal ecológica es parcial durante el año, donde los meses más afectados corresponden a los meses entre septiembre y mayo. Como se observa para ambos modelos, la cobertura para los meses entre octubre y enero es casi nula, generando valores de habitabilidad del orden del 20 al 30% según lo presentado en las Tabla 4.90 y Tabla 4.91. La componente ecológica en particular, no logra ser suplida en la actualidad ni en las proyecciones futuras de ambos modelos.

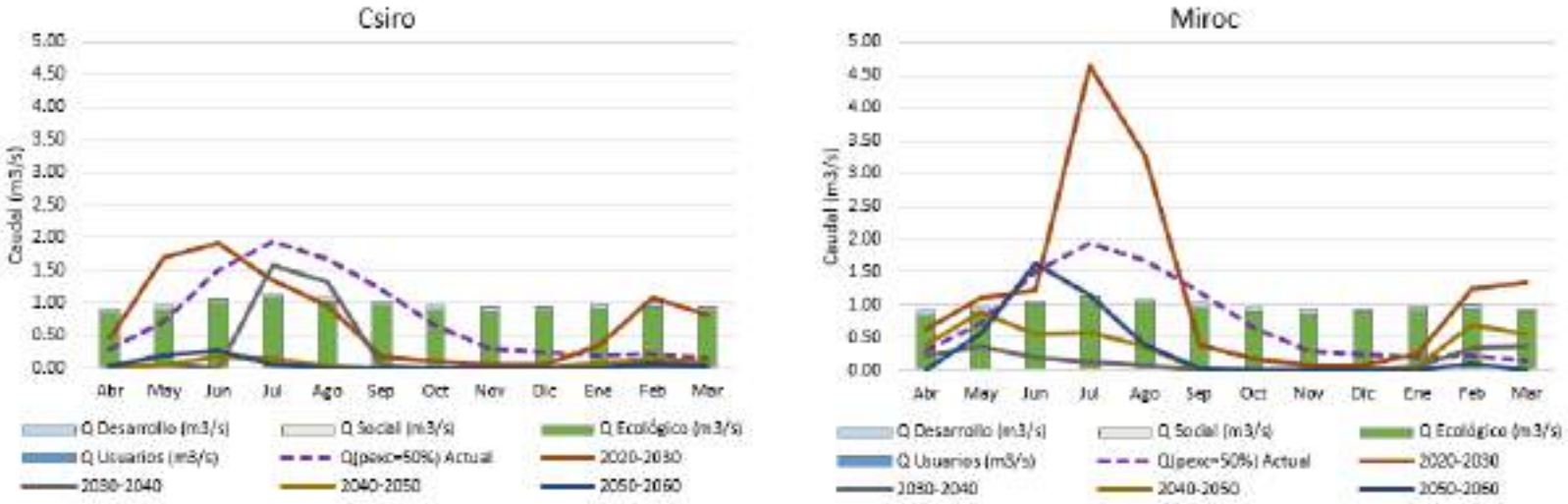


Figura 4.164: Requerimientos según uso y disponibilidad hídrica futuro según resultados de modelación para AEC Quillagua.

Folio006014

Tabla 4.92: Valores de caudal según escenario natural, actual y proyección medeo CSIRO

AEC	Periodo	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
01_Palpana	Natural	0.51	0.52	0.55	0.57	0.56	0.59	0.56	0.50	0.46	0.51	0.56	0.53
	Actual	0.51	0.52	0.55	0.57	0.56	0.59	0.56	0.50	0.46	0.51	0.56	0.53
	2020-2030	0.52	0.49	0.60	0.65	0.62	0.62	0.59	0.58	0.57	0.68	0.75	0.67
	2030-2040	0.24	0.29	0.31	0.33	0.33	0.35	0.34	0.32	0.31	0.36	0.31	0.24
	2040-2050	0.29	0.30	0.36	0.40	0.39	0.38	0.35	0.36	0.35	0.46	0.46	0.37
	2050-2060	0.26	0.30	0.32	0.33	0.32	0.32	0.29	0.29	0.27	0.30	0.42	0.34
02_Calina	Natural	1.69	1.70	1.69	1.70	1.69	1.64	1.64	1.61	1.58	1.73	1.80	1.81
	Actual	0.82	0.84	0.82	0.84	0.82	0.77	0.77	0.74	0.71	0.86	0.93	0.94
	2020-2030	0.57	0.58	0.70	0.74	0.72	0.68	0.64	0.64	0.65	0.81	0.93	0.82
	2030-2040	0.31	0.36	0.39	0.42	0.40	0.42	0.41	0.39	0.38	0.44	0.39	0.31
	2040-2050	0.35	0.37	0.44	0.48	0.47	0.44	0.41	0.42	0.42	0.55	0.53	0.46
	2050-2060	0.32	0.37	0.39	0.41	0.40	0.39	0.35	0.35	0.33	0.38	0.50	0.41
03_Ayquina	Natural	1.98	1.99	2.00	2.00	1.99	2.01	2.01	2.00	2.01	2.08	2.19	2.02
	Actual	0.21	0.23	0.24	0.24	0.22	0.21	0.18	0.15	0.17	0.27	0.39	0.27
	2020-2030	0.61	0.58	0.50	0.43	0.42	0.43	0.40	0.40	0.38	0.48	0.98	0.84
	2030-2040	0.32	0.32	0.30	0.28	0.30	0.27	0.25	0.25	0.23	0.26	0.39	0.32
	2040-2050	0.39	0.37	0.32	0.30	0.30	0.29	0.27	0.29	0.25	0.34	0.51	0.42
	2050-2060	0.38	0.40	0.34	0.32	0.31	0.26	0.24	0.26	0.24	0.28	0.52	0.42
04_Lasana	Natural	3.20	3.17	3.18	3.17	3.17	3.12	3.15	3.11	3.12	3.23	3.30	3.34
	Actual	1.78	1.76	1.77	1.76	1.76	1.71	1.73	1.69	1.69	1.80	1.86	1.92
	2020-2030	0.38	0.55	0.61	0.63	0.61	0.45	0.36	0.36	0.67	0.86	0.89	0.68
	2030-2040	0.09	0.07	0.10	0.11	0.09	0.09	0.07	0.06	0.52	0.56	0.45	0.37
	2040-2050	0.12	0.16	0.24	0.26	0.22	0.13	0.10	0.10	0.61	0.56	0.46	0.39
	2050-2060	0.08	0.13	0.12	0.11	0.09	0.06	0.05	0.04	0.43	0.43	0.36	0.43
05_Chiu_Chiu	Natural	3.02	2.96	2.96	2.96	2.95	2.91	2.96	2.95	3.01	3.13	3.17	3.15
	Actual	1.43	1.41	1.42	1.41	1.41	1.37	1.39	1.36	1.35	1.44	1.49	1.54
	2020-2030	0.32	0.42	0.47	0.52	0.47	0.32	0.28	0.33	0.57	0.69	0.71	0.53
	2030-2040	0.10	0.12	0.17	0.17	0.14	0.13	0.15	0.10	0.57	0.60	0.40	0.41
	2040-2050	0.19	0.19	0.17	0.23	0.25	0.14	0.14	0.15	0.60	0.59	0.42	0.39
	2050-2060	0.08	0.16	0.13	0.16	0.17	0.10	0.10	0.07	0.51	0.48	0.31	0.47
06_Calama_Alto	Natural	4.92	4.92	4.96	5.14	5.08	5.05	5.00	4.91	4.96	5.30	6.12	5.04
	Actual	1.55	1.60	1.66	1.83	1.76	1.71	1.59	1.47	1.46	1.80	2.64	1.68
	2020-2030	1.02	1.15	1.23	1.12	1.11	0.79	0.68	0.64	0.86	1.14	1.97	1.56
	2030-2040	0.35	0.36	0.34	0.34	0.44	0.31	0.28	0.24	0.58	0.65	0.71	0.57
	2040-2050	0.42	0.44	0.45	0.45	0.41	0.30	0.28	0.28	0.63	0.72	0.86	0.69
	2050-2060	0.38	0.43	0.39	0.35	0.33	0.22	0.20	0.21	0.50	0.54	0.80	0.66
07_Calama_Medio	Natural	4.66	4.69	4.73	4.79	4.74	4.63	4.60	4.60	4.68	5.02	5.60	4.89
	Actual	0.98	1.12	1.24	1.33	1.26	1.09	0.97	0.88	0.86	1.08	1.63	1.09

	2020-2030	1.04	1.17	1.25	1.14	1.13	0.80	0.69	0.66	0.88	1.16	1.99	1.58
	2030-2040	0.37	0.38	0.36	0.36	0.46	0.33	0.29	0.26	0.60	0.67	0.73	0.59
	2040-2050	0.44	0.46	0.47	0.46	0.43	0.32	0.30	0.30	0.65	0.74	0.88	0.71
	2050-2060	0.40	0.45	0.41	0.36	0.35	0.23	0.22	0.23	0.52	0.55	0.82	0.68
08_Calama_Bajo	Natural	4.55	4.62	4.68	4.64	4.59	4.39	4.39	4.47	4.56	4.88	5.20	4.87
	Actual	0.41	0.64	0.83	0.83	0.76	0.47	0.35	0.28	0.27	0.36	0.61	0.50
	2020-2030	0.45	0.55	0.59	0.47	0.44	0.22	0.16	0.16	0.13	0.39	1.16	0.83
	2030-2040	0.01	0.09	0.03	0.03	0.13	0.09	0.00	0.05	0.00	0.01	0.10	0.04
	2040-2050	0.04	0.09	0.07	0.04	0.07	0.00	0.00	0.06	0.05	0.11	0.21	0.13
	2050-2060	0.00	0.06	0.03	0.06	0.11	0.05	0.00	0.03	0.03	0.00	0.17	0.08
09_Coya	Natural	5.15	5.23	5.24	5.47	5.39	5.26	5.14	5.15	5.19	5.49	6.10	5.52
	Actual	0.58	0.86	1.03	1.30	1.18	0.95	0.68	0.51	0.43	0.41	0.93	0.62
	2020-2030	0.51	0.62	0.65	0.56	0.53	0.26	0.20	0.17	0.21	0.49	1.23	0.93
	2030-2040	0.06	0.11	0.06	0.07	0.17	0.06	0.06	0.05	0.11	0.12	0.13	0.13
	2040-2050	0.08	0.12	0.11	0.10	0.08	0.06	0.06	0.05	0.12	0.19	0.28	0.22
	2050-2060	0.07	0.08	0.09	0.07	0.07	0.05	0.06	0.05	0.10	0.11	0.20	0.14
10_Quillagua	Natural	4.92	5.16	5.80	6.17	5.94	5.57	5.17	4.99	5.07	5.33	5.44	5.10
	Actual	0.28	0.73	1.52	1.94	1.67	1.19	0.66	0.30	0.25	0.19	0.22	0.15
	2020-2030	0.45	1.71	1.92	1.33	0.96	0.16	0.09	0.06	0.06	0.33	1.08	0.82
	2030-2040	0.00	0.04	0.00	1.59	1.32	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	2040-2050	0.00	0.05	0.16	0.15	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.15	0.10
	2050-2060	0.03	0.20	0.26	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.03

Folio006016

Tabla 4.93: Valores de caudal según escenario natural, actual y proyección medeo MIROC

AEC	Periodo	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
01_Palpana	Natural	0.51	0.52	0.55	0.57	0.56	0.59	0.56	0.50	0.46	0.51	0.56	0.53
	Actual	0.51	0.52	0.55	0.57	0.56	0.59	0.56	0.50	0.46	0.51	0.56	0.53
	2020-2030	0.68	0.71	0.75	0.79	0.77	0.79	0.73	0.71	0.69	0.77	1.03	0.89
	2030-2040	0.62	0.65	0.68	0.71	0.68	0.68	0.63	0.63	0.61	0.74	0.72	0.71
	2040-2050	0.61	0.72	0.67	0.67	0.63	0.62	0.58	0.59	0.56	0.67	0.82	0.68
	2050-2060	0.38	0.47	0.52	0.54	0.57	0.52	0.47	0.47	0.47	0.61	0.56	0.40
02_Calina	Natural	1.69	1.70	1.69	1.70	1.69	1.64	1.64	1.61	1.58	1.73	1.80	1.81
	Actual	0.82	0.84	0.82	0.84	0.82	0.77	0.77	0.74	0.71	0.86	0.93	0.94
	2020-2030	0.73	0.80	0.86	0.90	0.88	0.86	0.79	0.76	0.77	0.89	1.16	1.06
	2030-2040	0.66	0.72	0.77	0.79	0.76	0.72	0.67	0.67	0.68	0.84	0.81	0.81
	2040-2050	0.66	0.78	0.75	0.76	0.72	0.67	0.63	0.63	0.62	0.77	0.92	0.77
	2050-2060	0.44	0.54	0.59	0.61	0.64	0.58	0.52	0.52	0.54	0.70	0.63	0.47
03_Ayquina	Natural	1.98	1.99	2.00	2.00	1.99	2.01	2.01	2.00	2.01	2.08	2.19	2.02
	Actual	0.21	0.23	0.24	0.24	0.22	0.21	0.18	0.15	0.17	0.27	0.39	0.27
	2020-2030	0.74	0.74	0.56	0.47	0.63	0.47	0.42	0.43	0.42	0.45	1.24	1.07
	2030-2040	0.65	0.66	0.51	0.42	0.42	0.44	0.42	0.43	0.41	0.47	0.75	0.72
	2040-2050	0.75	0.82	0.57	0.47	0.44	0.46	0.44	0.46	0.43	0.47	1.01	0.87
	2050-2060	0.41	0.48	0.46	0.36	0.38	0.36	0.33	0.33	0.29	0.38	0.52	0.41
04_Lasana	Natural	3.20	3.17	3.18	3.17	3.17	3.12	3.15	3.11	3.12	3.23	3.30	3.34
	Actual	1.78	1.76	1.77	1.76	1.76	1.71	1.73	1.69	1.69	1.80	1.86	1.92
	2020-2030	0.62	0.89	0.90	0.97	0.99	0.77	0.62	0.56	0.74	0.84	0.77	1.00
	2030-2040	0.49	0.66	0.73	0.68	0.66	0.53	0.49	0.44	0.65	0.66	0.59	0.55
	2040-2050	0.46	0.77	0.72	0.78	0.64	0.44	0.38	0.37	0.68	0.66	0.66	0.55
	2050-2060	0.13	0.28	0.31	0.28	0.32	0.19	0.15	0.15	0.77	0.72	0.70	0.62
05_Chiu_Chiu	Natural	3.02	2.96	2.96	2.96	2.95	2.91	2.96	2.95	3.01	3.13	3.17	3.15
	Actual	1.43	1.41	1.42	1.41	1.41	1.37	1.39	1.36	1.35	1.44	1.49	1.54
	2020-2030	0.46	0.63	0.68	0.73	0.74	0.60	0.49	0.39	0.44	0.56	0.48	0.74
	2030-2040	0.33	0.49	0.52	0.60	0.55	0.44	0.42	0.41	0.41	0.38	0.29	0.28
	2040-2050	0.37	0.55	0.61	0.59	0.54	0.41	0.39	0.38	0.50	0.40	0.31	0.31
	2050-2060	0.17	0.24	0.26	0.25	0.29	0.19	0.19	0.16	0.74	0.68	0.49	0.56
06_Calama_Alto	Natural	4.92	4.92	4.96	5.14	5.08	5.05	5.00	4.91	4.96	5.30	6.12	5.04
	Actual	1.55	1.60	1.66	1.83	1.76	1.71	1.59	1.47	1.46	1.80	2.64	1.68
	2020-2030	1.34	1.68	1.54	1.60	2.00	1.19	0.94	0.88	0.94	1.08	2.18	2.15
	2030-2040	1.06	1.19	1.06	0.93	0.86	0.76	0.68	0.68	0.86	0.88	1.28	1.22
	2040-2050	1.11	1.52	1.19	1.03	0.93	0.72	0.62	0.64	0.84	0.90	1.66	1.35
	2050-2060	0.45	0.68	0.78	0.72	0.72	0.46	0.37	0.34	0.80	0.83	1.03	0.77
07_Calama_Medio	Natural	4.66	4.69	4.73	4.79	4.74	4.63	4.60	4.60	4.68	5.02	5.60	4.89
	Actual	0.98	1.12	1.24	1.33	1.26	1.09	0.97	0.88	0.86	1.08	1.63	1.09

Folio006017

	2020-2030	1.36	1.70	1.56	1.62	2.02	1.21	0.96	0.90	0.95	1.10	2.20	2.16
	2030-2040	1.08	1.20	1.08	0.94	0.87	0.78	0.69	0.70	0.87	0.90	1.30	1.24
	2040-2050	1.13	1.54	1.21	1.05	0.95	0.74	0.64	0.66	0.86	0.92	1.68	1.37
	2050-2060	0.47	0.70	0.80	0.74	0.74	0.48	0.39	0.36	0.82	0.85	1.05	0.79
08_Calama_Bajo	Natural	4.55	4.62	4.68	4.64	4.59	4.39	4.39	4.47	4.56	4.88	5.20	4.87
	Actual	0.41	0.64	0.83	0.83	0.76	0.47	0.35	0.28	0.27	0.36	0.61	0.50
	2020-2030	0.64	0.91	0.76	0.83	1.23	0.47	0.23	0.16	0.14	0.28	1.39	1.38
	2030-2040	0.32	0.45	0.29	0.17	0.10	0.02	0.03	0.03	0.04	0.06	0.50	0.44
	2040-2050	0.37	0.77	0.43	0.28	0.21	0.08	0.06	0.02	0.05	0.14	0.83	0.60
	2050-2060	0.03	0.14	0.15	0.05	0.14	0.01	0.00	0.08	0.05	0.05	0.22	0.11
09_Coya	Natural	5.15	5.23	5.24	5.47	5.39	5.26	5.14	5.15	5.19	5.49	6.10	5.52
	Actual	0.58	0.86	1.03	1.30	1.18	0.95	0.68	0.51	0.43	0.41	0.93	0.62
	2020-2030	0.71	1.00	0.82	0.89	1.27	0.47	0.30	0.22	0.22	0.39	1.41	1.47
	2030-2040	0.37	0.51	0.33	0.25	0.19	0.13	0.12	0.11	0.15	0.20	0.49	0.52
	2040-2050	0.45	0.87	0.47	0.37	0.28	0.12	0.11	0.11	0.15	0.22	0.84	0.67
	2050-2060	0.09	0.20	0.23	0.15	0.20	0.08	0.07	0.06	0.15	0.16	0.25	0.15
10_Quillagua	Natural	4.92	5.16	5.80	6.17	5.94	5.57	5.17	4.99	5.07	5.33	5.44	5.10
	Actual	0.28	0.73	1.52	1.94	1.67	1.19	0.66	0.30	0.25	0.19	0.22	0.15
	2020-2030	0.62	1.09	1.22	4.65	3.28	0.38	0.16	0.08	0.07	0.23	1.25	1.35
	2030-2040	0.22	0.37	0.20	0.13	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.33	0.36
	2040-2050	0.39	0.88	0.54	0.58	0.36	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.69	0.56
	2050-2060	0.00	0.55	1.62	1.14	0.39	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10	0.01

Ahora bien, en el acápite 4.4.5.5, se utilizaron los requerimientos mensuales según uso en la determinación del caudal ambiental, y este se contrastó con la disponibilidad hídrica actual y natural del sistema en los diferentes tramos definidos por las AEC's, y en donde en aquellos casos donde el caudal actual no es capaz de suplir los requerimientos del caudal ambiental, se suplen primero los caudales con mayor prioridad, como lo son el requerimiento social y el ecológico. Sin embargo, lo anterior no sucede actualmente, dado que la gestión del recurso prioriza la utilización del caudal de desarrollo, el cual, al ser consuntivo disminuye de forma importante el caudal pasante en cada una de las secciones del río, con lo cual se reduce caudal disponible para el ecosistema, disminuyendo la habitabilidad del mismo.

De igual modo, al contrastar los requerimientos según uso con la disponibilidad futura del recurso, presentadas en las Figura 4.155 a Figura 4.164, se observa que esta oferta se reduce de manera importante, alcanzando valores incluso inferiores a los obtenidos actualmente, de modo que en aquellos AEC donde el caudal actual era insuficiente para satisfacer los requerimientos establecidos por el caudal ambiental, la situación se verá empeorada aún más producto de los efectos del cambio climático en la zona. Es por lo

Folio006018

anterior, que la gestión de los recursos debe optimizarse, tanto en la implementación de proyectos.

De este modo, si la tendencia en el manejo de los recursos de la cuenca es la priorización de la extracción consuntiva de derechos, incluso en los casos donde el caudal pasante al inicio de un AEC sea superior al caudal ecológico, la habitabilidad en este puede ser inferior al 70%, afectando directamente a la fauna y vegetación presente en el río.

Folio006019

5 DESARROLLO OE-3

5.1 Selección de los servicios ecosistémicos

5.1.1 Servicios ambientales: Marco definitorio

Los servicios ambientales son aquellos que brindan los ecosistemas y que inciden directamente en la protección y mejoramiento del ambiente.

En el presente siglo, la iniciativa conocida como Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA), promovida por la ONU, se ha convertido en el principal referente sobre el tema. El objetivo principal de introducir el concepto de SE es básicamente el de incluir las preocupaciones ecológicas en términos económicos, el de enfatizar la dependencia de la sociedad en los ecosistemas naturales, además de impulsar el interés público en la conservación de la biodiversidad. La definición de servicios ecosistémicos propuesta por (Millenium Ecosystem Assessment, 2003), se presentan a continuación en orden cronológico:

- Las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que lo constituyen, sustentan y satisfacen a la vida humana (Daily, 1997).
- Los bienes (como alimentos) y servicios (como asimilación de residuos) de los ecosistemas, que representan los beneficios que la población humana obtiene, directa o indirectamente, de las funciones de los ecosistemas (Costanza R, 1997).
- Funciones del ecosistema: capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente (De Groot R. W., 2002)
- Los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas (Millenium Ecosystem Assessment, 2003).
- Aquellas funciones o procesos ecológicos que directa o indirectamente contribuyen al bienestar humano o tienen un potencial para hacerlo en el futuro (U.S. Environmental Protection Agency, 2004).
- Son componentes de la naturaleza, disfrutados, consumidos o directamente usados para producir bienestar humano (Boyd J, 2007).
- Son los aspectos de los ecosistemas utilizados (activa o pasivamente) para producir bienestar humano (Fisher B, Defning and classifying ecosystem services for decision making , 2009).

Las anteriores incluyen a las definiciones más ampliamente usadas en la literatura especializada y aunque existe coincidencia en los aspectos generales, hay diferencias importantes entre ellas. Así, aunque contemporáneos, (Daily, 1997) y (Costanza R, 1997),

Folio006020

ofrecen planteamientos distintos. Mientras que el primero señala procesos y condiciones, es decir, una serie de fases consecutivas y propiedades del ambiente cuyas interacciones son el sostén de la vida humana, el segundo grupo de investigadores separa a los servicios en bienes, principalmente alimentos (objetos físicos, tangibles) y servicios (procesos intangibles) que benefician directamente al ser humano. Posteriormente, (De Groot R. W., 2002) incluyen al subconjunto de funciones del ecosistema, sus relaciones y su capacidad para producir bienestar, directa o indirectamente a la humanidad, resaltando así el carácter antropocéntrico del enunciado, mencionando que una vez que las funciones de un ecosistema son definidas, la naturaleza y la magnitud de su valor para las sociedades humanas pueden ser analizadas y evaluadas a través de los bienes y servicios proporcionados por cualquier ecosistema.

Es evidente que esta disciplina está en un proceso de consolidación, siendo objeto de una discusión que intenta cimentar el proceso de valoración de la naturaleza como un medio para generar conciencia sobre la importancia de los fenómenos ecológicos que benefician a la humanidad. Está claro entonces que se requiere de una mínima comprensión de la estructura y de los procesos ecológicos que permiten el buen funcionamiento de los ecosistemas y que finalmente proveen los servicios a las poblaciones humanas, siendo necesario un marco teórico que permita reconocer, ubicar, medir, modelar y mapear los servicios ecosistémicos, relacionando sus cambios con los posibles efectos sobre el bienestar humano (Fisher B, Defning and classifying ecosystem services for decision making , 2009). Por lo anterior, el proceso de evaluación de los SE debe sustentarse en una clara definición y considerando que no existe un concepto unificador, toda iniciativa en ese sentido debe identificar claramente cuáles son los componentes, aspectos o procesos que prioriza para entender en su contexto la clasificación de los servicios.

En el caso específico del agua, desde el punto de vista económico, debieran ser considerados como externalidades positivas de actividades, tales como la protección y el mantenimiento de áreas naturales (H. Rosa, 2004.). Desde el punto de vista económico cuando se refiere a la multifuncionalidad de un recurso se utiliza el marco teórico del valor económico total (VET), que hace referencias a los usos del recurso hídrico y al valor de uso indirecto, el que se refiere a las funciones y servicios ambientales (Mejías, 2002).

Se presenta en la Figura 5.1 los tipos del uso del agua tanto consuntivo como no consuntivo y en la Tabla 5.1 los Servicios Ecosistémicos de Agua Dulce. Simbolizado con “X” negras se aprecian los Servicios ecosistémicos potenciales de desarrollarse en agua dulce, mientras que las “X” en verde corresponden a los aplicables a la cuenca del río Loa.

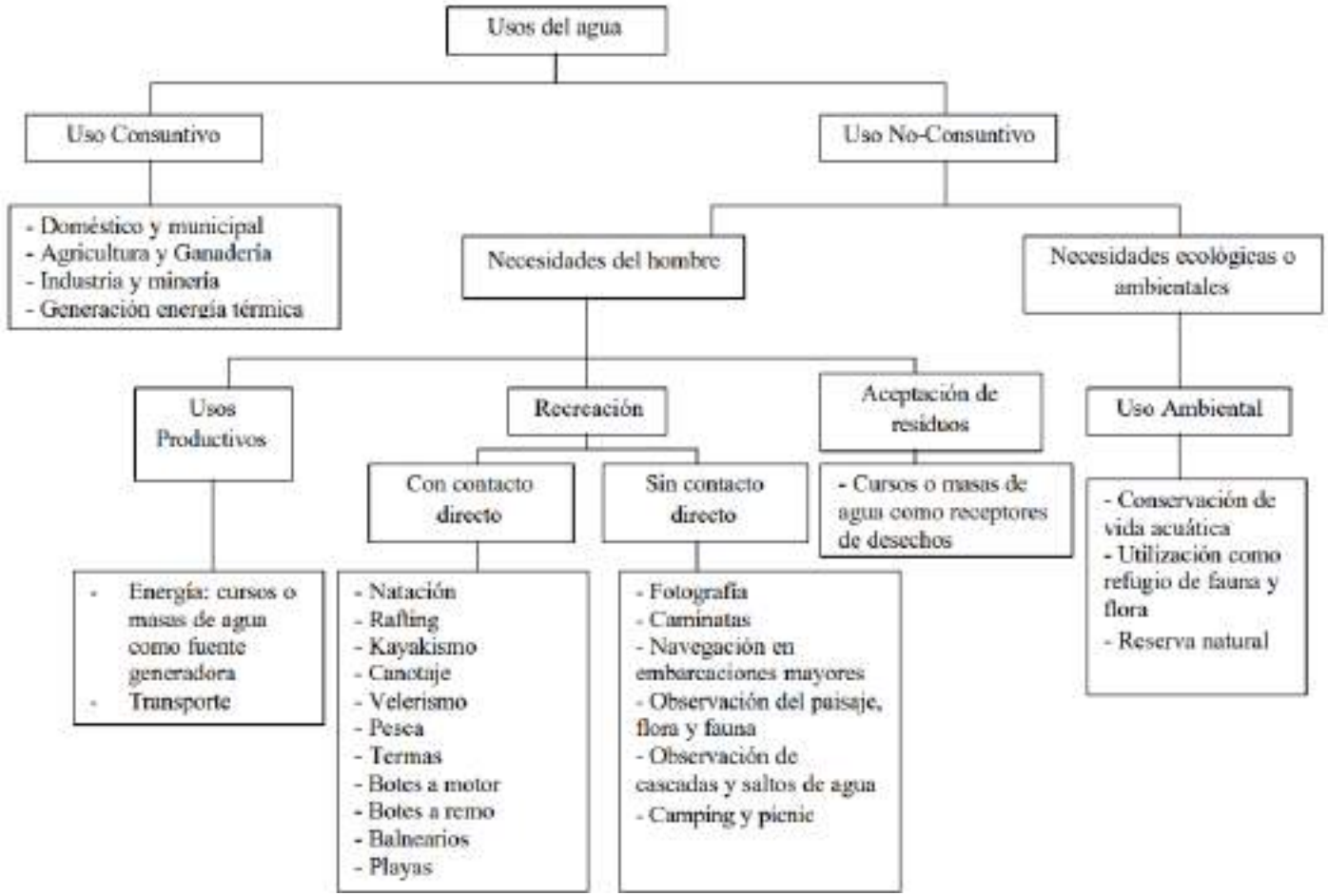


Figura 5.1. Tipos de usos del agua.

Fuente: (US Government), (Valls, 1980) y (Ministry of Supply and Services,, 1993)

Tabla 5.1. Los Servicios Ecosistémicos de Agua Dulce.

	Tierras agrícolas	Pantanos de turba	Deltas	Estuarios	Bosques	Humedales	Amorti-guamiento/ Riparias	Lagos/ Ríos	Hielos perennes/ Nieves	Aguas Urbanas	Acuíferos
Esenciales											
Abastecimiento de agua		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alimentación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Materias primas	X	X	X	X	X	X	X	X			
Recursos medicinales	X	X	X	X	X	X	X	X			
Regulación											
Clima y gases atmosféricos	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Riesgos naturales		X	X		X	X	X	X		X	X
Erosión del suelo	X		X		X	X	X	X	X	X	
Regulación del agua	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Control biológico					X	X		X			
Calidad del agua y procesamiento de residuos	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Formación de suelos	X	X	X	X	X	X		X			
Aprovisionamiento											
Ciclo de nutrientes	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
Hábitat y biodiversidad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Producción primaria	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
Polinización	X		X		X	X	X				
Culturales											
Estéticos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Recreación y turismo		X	X	X	X	X	X	X		X	
Educación y ciencia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Espirituales y religiosos	X		X	X	X	X	X	X	X		

Fuente: (Russell A. Mittermeier, 2019)

Folio006023

Desde otra perspectiva, el método denominado Matriz Batelle-Columbus[1] que plantea una lista de verificación con escalas de ponderación relativa a la descripción de los factores ambientales, con relación al impacto de proyectos relacionados con el recurso hídrico, establece los siguientes componentes:

- Ecología
  - Especies y poblaciones terrestres
  - hábitat y comunidades
  - Ecosistemas
- Contaminación ambiental
  - Contaminación del agua
  - Contaminación atmosférica
  - Contaminación del suelo
  - Contaminación por ruido
- Aspectos estéticos
  - Suelo
  - Aire
  - Agua
  - Biota
  - Objetos artesanales
  - Composición
- Aspectos de interés humano
  - Valores educacionales y científicos
  - Valores artísticos
  - Culturas
  - Sensaciones
  - Estilos de vida

Al clasificar estos usos desde la perspectiva del Valor Económico Total (VET), es posible esquematizar su ubicación en términos de valor de uso (directo o indirecto) y no uso (de opción o de existencia). El resultado de este ejercicio se presenta en la siguiente Figura 5.2.

[1] Método de Batelle-Columbus: fue desarrollada en 1972, por los Laboratorios del Battelle y Columbus, de EE. UU., a pedido de la EPA (Environmental Protection Agency) para la evaluación de los proyectos de los impactos provocados sobre los recursos hídricos.

Folio006024

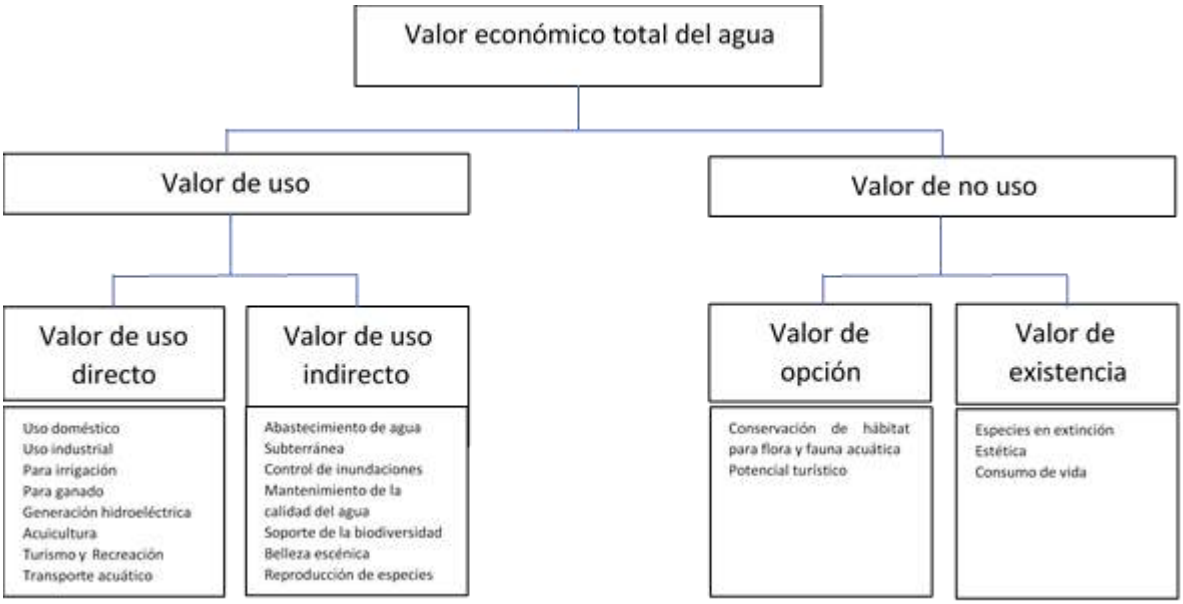


Figura 5.2. Componentes de valor económico total del agua (Castro, 1998)

5.1.2 Aproximacion conceptual descriptiva de los servicios ambientales de la cuenca del río Loa

Aproximación conceptual

De acuerdo a la revisión de antecedentes teóricos, es posible plantear como definición conceptual de los servicios ambientales del agua, a aquellos que brindan los ecosistemas: protección de la biodiversidad y conservación de los hábitats acuáticos, mantención de la calidad del agua, belleza escénica o paisajismo y el turismo asociado. Esta aproximación conceptual es similar a lo definido como usos del agua para fines ambientales por la Política Nacional de Recursos Hídricos, los cuales son proporcionados por un caudal mínimo ecológico. Al respecto, se plantea que:

- Cuando se habla de "usos" o "servicios del agua", implica la libre voluntad de ejercerlo por el hombre. Por lo tanto, los valores de usos indirectos o de opción del agua, implican necesariamente un beneficio. (lo que es concordante con que la valoración económica implica la valoración de los servicios del recurso, más que su valor intrínseco).

Folio006025

Usos y servicios del agua en la cuenca

En particular, en cuanto a la revisión de usos y servicios del agua que existen en la Cuenca del Río Loa, es posible advertir a lo menos la presencia de los siguientes:

- Usos directos
  - Agua para riego agrícola y consumo animal (ganadería)
  - Uso doméstico (agua potable)
  - Uso industrial
  - Uso minero
  - Generación de energía hidroeléctrica
- Usos indirectos o servicios ambientales
  - Conservación de la vida acuática (biodiversidad)
  - Utilización como refugio de fauna y flora
  - Reserva natural (abastecimiento de aguas subterráneas)
  - Recepción y purificación de desechos
  - Recreación por contacto directo (natación, playas y otros)
  - Turismo por contacto indirecto (fotografía, caminatas, camping y picnic, lugares de observación)
  - Paisajismo (contemplación estética)
  - Navegación comercial (turismo) y recreativa (pesca)

Folio006026

Balance del uso del agua en la Cuenca del Río Loa

Con relación a la definición de usos consuntivos y no consuntivos del recurso hídrico en la Cuenca, se ha estimado sus demandas brutas y netas, lo que se presenta la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Balance oferta-demanda hídrica en cuenca Río Loa.

Ítem	Caudal (m^3/s)
Oferta	4,8
Demanda Agrícola	0,51
Demanda Agua Potable	1,09
Demanda Minera	2,76
Evaporación Cuerpos de Agua	1,59
Caudal en Desembocadura	0,29
Reúsos de Agua	Desconocido
Reúsos en Riego	Desconocido
Reúsos en Minería	Desconocido

Fuente: (Arrau Ingeniería E.I.R.L., 2012)

Lo registrado en la Tabla 5.2, demuestra que la oferta hídrica del río satisface en el margen la demanda regional, concentrando esta última, en lo que respecta al uso antrópico en la actividad minera y el consumo de agua potable.

Descripción de algunos servicios ambientales observados en la Cuenca del Loa

Es posible describir algunos servicios ambientales observables en la Cuenca del Río Loa, los cuales son clasificables genéricamente como: de provisión; de regulación/mantención y culturales. A continuación, se presenta esta descripción:

A. Servicios de provisión

a) Recolección de recursos hidrobiológicos asociados al cuerpo fluvial: En la parte baja de la cuenca, se ha documentado la presencia del Camarón de río del Norte de Chile, Cryphiops caementarius, el cual históricamente ha sido un recurso hidrobiológico fundamental, principalmente en la zona de la desembocadura y la localidad de Quillagüa. Sin embargo, actualmente no se ha detectado su presencia. Los habitantes de la región declaran que, previo al desarrollo de grandes proyectos asociados el río Loa, esta especie representaba un pilar en lo económico y nutricional para su subsistencia, observándose actualmente una disminución de su disponibilidad cercana al 50%, lo cual se puede atribuir a al efecto negativo que han generado derrames accidentales de faenas mineras.

Otra especie de importancia comercial presente en el río es la Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) especie norteamericana introducida. Hasta el momento no existe un estudio que precise el estado del pez la Trucha del río Loa y según lo establecido por Ley, está prohibida su comercialización.

Folio006027

b) *Producción agrícola y ganadera: Desde épocas precolombinas asentamientos humanos se han emplazado en zonas aledañas al río, estableciendo un desarrollo cultural fuertemente ligado a la agricultura. Las zonas más relevantes para este uso, son los diversos oasis presentes a lo largo del río, Lasana, Chiu Chiu, Calama, Quillagüa. Este uso ha sido significativamente afectado por el gradual deterioro del estado ambiental de las aguas, debido a prácticamente la ausencia de agua para satisfacer las demandas de los cultivos en épocas estivales y a la disminución de la calidad de agua para riego producto de la menor dilución de sales y elementos contaminantes. En la actualidad la agricultura de la cuenca produce principalmente alfalfa que se utiliza para la producción pecuaria, hortalizas y maíz, que son cultivos con relativa resistencia al Arsénico y el Boro. Gran parte de esta actividad está asociada a la agricultura de subsistencia. En tanto producción pecuaria se asocia principalmente a sectores en que el agua fluye naturalmente, como es el caso de vegas y bofedales asociados a los oasis.*

c) *Agua potable y saneamiento: Las aguas del río Loa, en particular aquellas provenientes del sector alto de la cuenca, dan sustento a las grandes ciudades de la Región, como es el caso de Calama y Antofagasta. Para el caso de agua potable la principal extracción se realiza en las captaciones de Linzor, Toconce, Hojalar, Lequena, Quinchimale y Puente negro. Las captaciones se establecen en la parte alta de la cuenca, precisamente porque la calidad de agua de esta zona es la mejor, ya que es cercana al nacimiento de los cuerpos fluviales los cuales están sometidos a menores presiones de contaminación. Sin embargo, la población de las grandes ciudades no valora el recurso lo suficiente como para hacer un uso doméstico eficiente y sustentable, debido principalmente a que la mayor parte de los habitantes de estos grandes asentamientos urbanos desconoce la presión que generan estas extracciones de agua sobre el ecosistema fluvial y no poseen una identificación con el territorio que los motiven a conocer el estado ambiental de las aguas, producto de un desarrollo de estos centros urbanos industrializados que favorecen el crecimiento económico el cual no asegura la mantención de la salud de los ecosistemas aledaños (Misetic, 2017).*

B. *Servicios de regulación y mantención*

a) *Corredor biológico único en la Región: El río Loa se caracteriza por ser el más extenso a nivel nacional y el único cuerpo fluvial de la Región que desemboca en el mar. Esta condición genera un corredor biológico único, donde sus aguas conectan la Cordillera de los Andes con el Océano Pacífico*

Folio006028

b) *Retención de contaminantes por parte de cobertura vegetal tolerante: Las especies vegetales que se encuentran aledañas a las zonas de escorrentías; particularmente en las zonas bajas del río, presentan altos niveles de tolerancia a la salinidad y más importante aún, cumplen un rol biológico de control de diversos elementos contaminantes cómo el Arsénico, a través de procesos de fitoestabilización, fitoextracción o inclusive, la sorción directa de este elemento por parte de la materia orgánica presente bajo las coberturas vegetales.*

c) *Altos niveles de endemismo: Dado que la cuenca del río Loa se encuentra emplazada en el desierto más árido del mundo, cabría esperar que presentara una diversidad ecológica extremadamente pobre, y a la vez con un alto grado de endemismo de los taxa, producto de la heterogeneidad geomorfológica y climática que caracteriza a la cuenca. Aun así, es posible identificar un número considerable de fauna, principalmente aves y mamíferos.*

C. *Servicios culturales*

a) *Usos recreativos de las aguas: Según los registros del Servicio Nacional de Turismo en relación a los atractivos turísticos de la Región de Antofagasta, se señalan sectores que son utilizados como balneario por los habitantes y visitantes, destacando los ubicados en las comunas de Calama y María Elena correspondientes a los sitios naturales Ojos de Opache y sector cascadas y Balneario Coya Sur, respectivamente. Otra actividad recreativa que tiene lugar en las riberas del río es la pesca deportiva, principalmente de la Trucha arcoíris.*

b) *Interacciones físicas y espirituales: Existe una estrecha relación de los pueblos originarios y el río. Un factor común que tienen las etnias indígenas presentes en la cuenca, principalmente Aymaras, Atacameños y quechuas es su visión del río como un ente viviente, que es capaz de proveer una serie de grandes beneficios para estas comunidades (Gleisner 2014). Algunos de los ritos que se celebran en torno a las aguas, es la limpieza de canales, la cual se hace en familia o en comunidad y tiene por objetivo limpiar de obstáculos los canales de manera que el agua fluya sin problemas y llegue a las zonas de regadío sin desbordarse o encharcarse. Sin embargo, las constantes presiones sobre las aguas, que producen la disminución en cantidad y en calidad del recurso, han afectado directamente a estas costumbres, observándose que muchos comuneros han optado por vender sus derechos de aprovechamiento de aguas y han migrado desde la zona.*

Folio006029

5.1.3 Marco objetivo: La clasificación CICES

La Clasificación Internacional Común de los Servicios de los Ecosistemas (CICES) se desarrolló a partir del trabajo sobre la contabilidad ambiental realizado por la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA). Apoya la revisión del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE), que actualmente dirige la División de Estadística de las Naciones Unidas (UNSD) y acaba de publicarse su versión CICES v5.1. Esta actualiza, mejora y completa la estructura y alcance de la anterior v4.3 de 2013, sobre la base de la experiencia adquirida por la comunidad de usuarios.

Es una clasificación internacional desarrollada al reconocerse que, si se elaboraban métodos de contabilidad de ecosistemas y se realizaban comparaciones, era necesaria cierta estandarización en la forma en que se describen los servicios de los ecosistemas. De este modo, se consideró que la normalización era especialmente importante cuando había que establecer un vínculo con la contabilidad económica.

La primera versión totalmente operativa: CICES (v4.3) se publicó en 2013. Desde entonces, a través de la experiencia adquirida por la comunidad de usuarios, su estructura y alcance han sido revisados y el resultado ha sido la elaboración de una versión completamente revisada (v5.1).

La propuesta original de interés en CICES ha crecido y actualmente es incuestionable que, además, de la necesidad de estandarización en el contexto de la contabilidad ambiental, el trabajo de mapeo y valoración de los servicios ecosistémicos y las evaluaciones de los ecosistemas en general se beneficiarían de enfoques más sistemáticos para nombrar y describir los servicios de los ecosistemas.

El marco conceptual de SS. EE. que se propone está basado en lo reportado por (Boyd J, 2007) y se resume en el diagrama de la Figura 5.3 conocido como la “Cascada de los Servicios Ecosistémicos” (CSE).

Folio006030

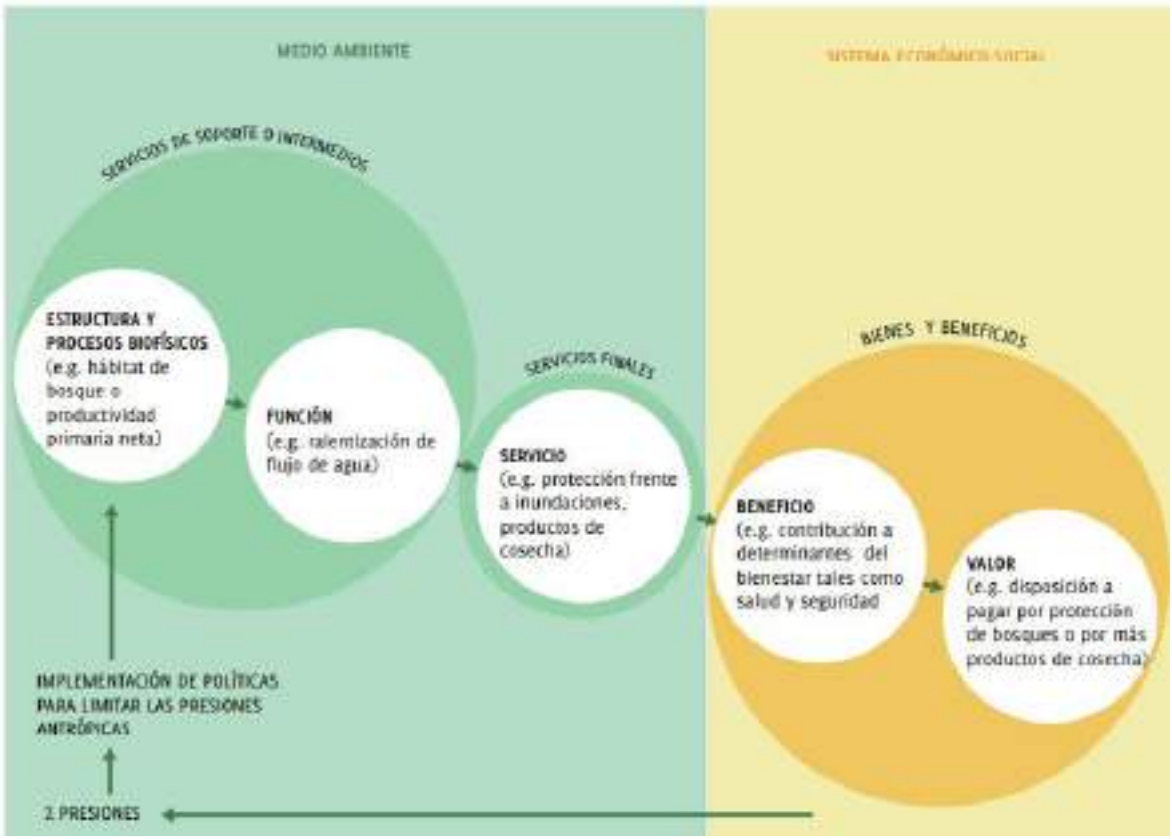


Figura 5.3. Marco conceptual: La Cascada de los Servicios Ecosistémicos (CSE).

Fuente: (Haines-Young R. a., 2012)

La Cascada de los Servicios Ecosistémicos (CSE) conecta lógica y sucintamente las estructuras y procesos ecosistémicos con los elementos que afectan el bienestar humano a través de una especie de "cadena de producción". De esta manera, la CSE demuestra que se requiere de estructuras funcionales ecosistémicas para la generación de servicios ecosistémicos y de los consiguientes beneficios asociados a ellos (Potschin, 2011). En otras palabras, la CSE revela que para obtener un flujo continuo de SS. EE. se requiere proteger y conservar los ecosistemas y la biodiversidad que les dan sustento.

Folio006031

5.1.4 Servicios Ecosistémicos Recopilados en Taller realizado junto a actores locales

De modo de lograr incorporar el conocimiento de actores locales en relación con los servicios ecosistemicos asociados a la cuenca del río Loa, se realizó un taller de trabajo el día 4 de marzo de 2019 en Calama. El objetivo de este taller fue acercar los conceptos de caudal ambiental y servicios ecosistémicos a la audiencia, para posteriormente consultar sobre su conocimiento respecto del tema y poder hacer un registro de ellas. Durante la jornada de la mañana en la Gobernación Provincial de El Loa, se trabajó con representantes de las empresas que realizan sus actividades asociadas a la extracción de agua del río y durante la tarde, en las dependencias de la Municipalidad de Calama se realizó el mismo trabajo esta vez con representantes de servicios públicos, organizaciones urbanas de Calama, asociación de agricultores y algunos miembros de comunidades indígenas. En esta ocasión se utilizaron ploteos de sectores cercanos a Calama con un nivel de detalle, para que los asistentes lograran identificar ciertas zonas y demarcarlas.

A continuación, en las Figura 5.4 a Figura 5.6, se presentan los servicios ecosistémicos localizados en dicho taller.

Figura 5.4. Servicios ecosistémicos levantados en Taller participativo junto a actores locales. Cuenca alta río Loa.

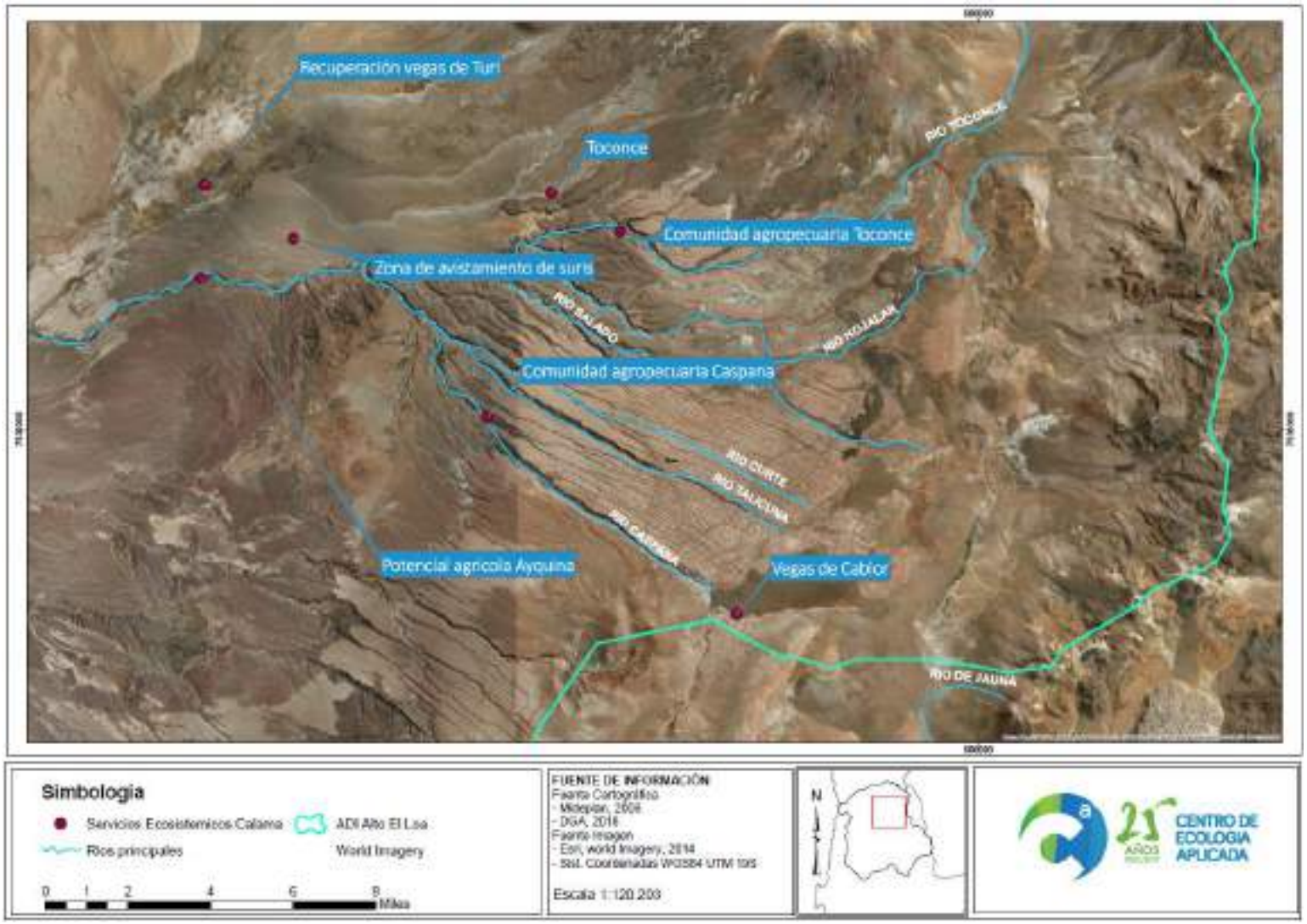


Figura 5.5. Servicios ecosistémicos levantados en Taller participativo junto a actores locales. Cuenca río Salado.

Folio006034

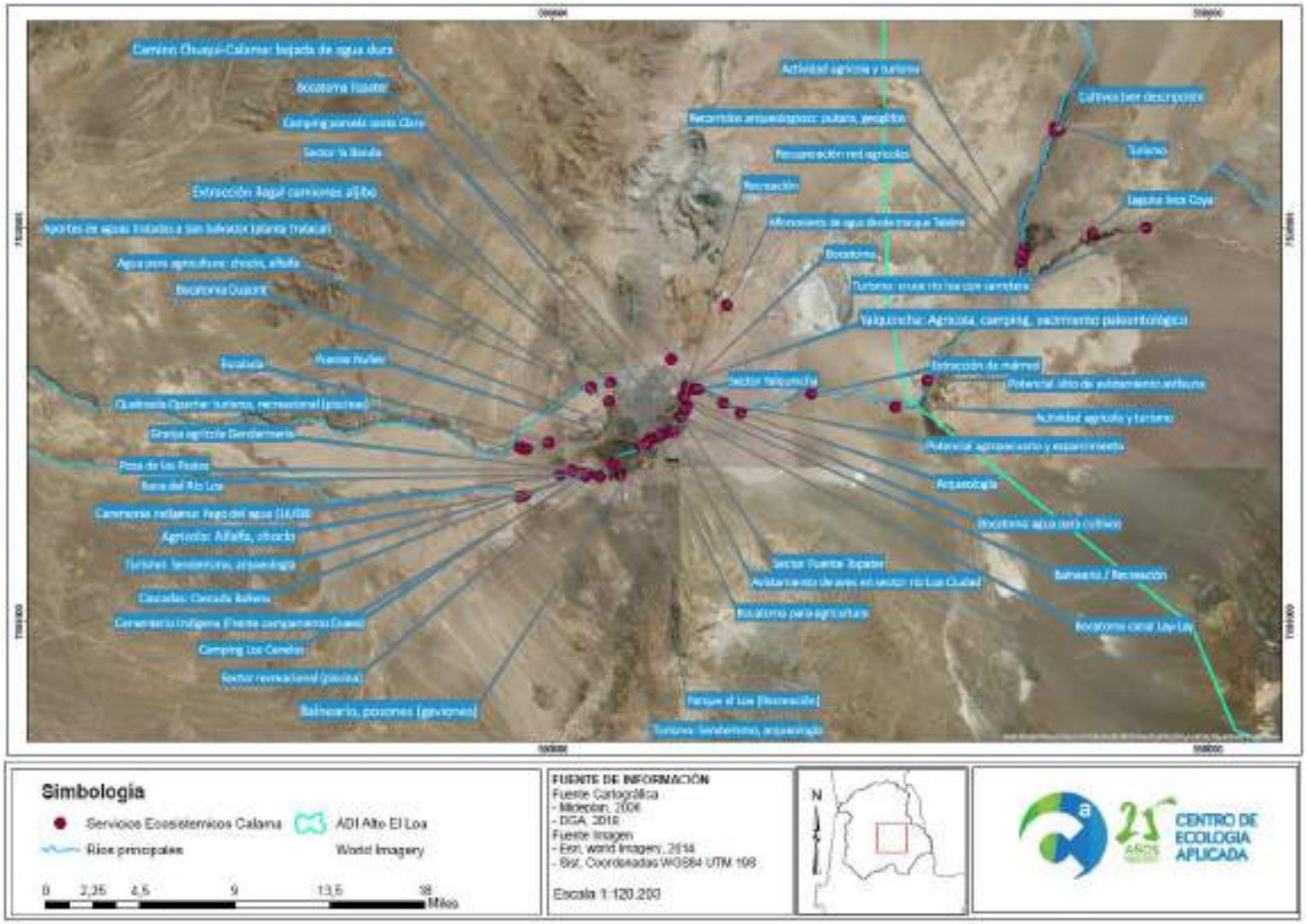


Figura 5.6. Servicios ecosistémicos levantados en Taller participativo junto a actores locales. Cuenca alta río Loa.

Folio006035

5.1.5 Selección experta de servicios ambientales de la cuenca del río loa de acuerdo a la clasificación CICES.

Atendiendo a la última clasificación CICES v 5.1 (Haines-Young R. a., 2017), los autores expertos de este informe, plantean la siguiente selección de servicios ambientales de la Cuenca del río Loa.

Se destacan en la Tabla 5.3, los ítems seleccionados. En verde se señalan los servicios que se consideran evidentes, donde se hace la diferencia de los ríos y esteros con los humedales.

Según el Convenio de Ramsar[2], "Un humedal es una zona de la superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan". Si bien los ríos y esteros pueden ser considerados como humedales según esta definición, en los humedales no se presenta necesariamente un flujo de agua superficial, por lo que los servicios ecosistémicos brindados pueden diferir.

[2] https://www.ramsar.org/

Folio006036

Tabla 5.3. Selección Servicios ambientales proporcionados por la cuenca del Río Loa.

		Cod.	Clase CICES v 5.1	Ríos y Esteros	Humedales
1	APROVISIONAMIENTO	1.1.1.1	Plantas terrestres cultivadas (incluyendo hongos, algas) cultivadas con fines nutricionales		
2		1.1.1.2	Fibras y otros materiales de plantas cultivadas, hongos, algas y bacterias para uso directo o procesamiento		
3		1.1.1.3	Plantas cultivadas (incluyendo hongos, algas) cultivadas como fuente de energía		
4		1.1.2.1	Plantas cultivadas con fines nutricionales por acuicultura in situ.		
5		1.1.2.2	Plantas cultivadas con fines materiales por acuicultura in situ (excluyendo materiales genéticos)		
6		1.1.2.3	Plantas cultivadas como fuente de energía por la acuicultura in situ.		
7		1.1.3.1	Animales criados para proporcionar nutrición.		
8		1.1.3.2	Fibras y otros materiales de animales criados para uso directo o procesamiento (excepto materiales genéticos)		
9		1.1.3.3	Animales criados para proporcionar energía (incluyendo mecánica)		
10		1.1.4.1	Animales criados por acuicultura in situ con fines nutricionales.		
11		1.1.4.2	Animales criados por acuicultura in situ con fines materiales (excepto materiales genéticos)		
12		1.1.4.3	Animales criados por la acuicultura in situ como fuente de energía.		
13		4.2.1.1	Agua de superficie para beber.		
14		4.2.1.2	Aguas superficiales utilizadas como material (no para bebida)		
15		4.2.1.3	Agua superficial de agua dulce utilizada como fuente de energía.		
16		4.2.1.4	Agua costera y marina utilizada como fuente de energía.		
17		4.2.2.1	Agua subterránea para beber		
18		4.2.2.2	Agua subterránea utilizada como material (no para bebida)		
19		4.2.2.3	Agua subterránea utilizada como fuente de energía.		
20		4.2.X.X	Otro		

Folio006037

		Cod.	Clase CICES v 5.1	Ríos y Esteros	Humedales
21		2.1.1.1	Bio-remediación por microorganismos, algas, plantas y animales.		
22		2.1.1.2	Filtración / secuestro / almacenamiento / acumulación por microorganismos, algas, plantas y animales.		
23		2.1.2.1	Reducción de olores		
24		2.1.2.2	Atenuación del ruido		
25		2.1.2.3	Proyección visual		
26		2.2.1.1	Control de las tasas de erosión.		
27		2.2.1.2	Amortiguamiento y atenuación del movimiento de masas.		
28	SERVICIOS DE MANTENCIÓN O REGULACIÓN	2.2.1.3	Ciclo hidrológico y regulación del flujo de agua (incluido el control de inundaciones)		
29		2.2.1.4	Protección contra tormentas		
30		2.2.1.5	Protección contra incendios		
31		2.2.2.1	Polinización (o dispersión de 'gameto' en un contexto marino)		
32		2.2.2.2	Dispersión de semillas		
33		2.2.2.3	Mantención de poblaciones y hábitats de viveros (incluida la protección de la reserva genética)		
34		2.2.3.1	Control de plagas (incluyendo especies invasivas)		
35		2.2.3.2	Control de Enfermedades		
36		2.2.4.1	Procesos climáticos y su efecto en la calidad del suelo.		
37		2.2.4.2	Procesos de descomposición y fijación y su efecto en la calidad del suelo.		
38		2.2.5.1	Regulación de la condición química de las aguas dulces por procesos vivos.		
39		2.2.5.2	Regulación de la condición química de las aguas saladas por procesos vivos.		
40		2.2.6.1	Regulación de la composición química de la atmósfera.		
41		2.2.6.2	Regulación de la temperatura y la humedad, incluyendo ventilación y transpiración.		
42		2.3.X.X	Otro		

Folio006038

		Cod.	Clase CICES v 5.1	Ríos y Esteros	Humedales
43	SERVICIOS CULTURALES	3.1.1.1	Características de los sistemas vivos que permiten actividades que promueven la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones activas o inmersivas.		
44		3.1.1.2	Características de los sistemas vivos que permiten actividades que promueven la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones pasivas u observacionales.		
45		3.1.2.1	Características de los sistemas vivos que permiten la investigación científica o la creación de conocimientos ecológicos tradicionales.		
46		3.1.2.2	Características de los sistemas vivos que posibilitan la educación y la formación.		
47		3.1.2.3	Características de los sistemas vivos que son acumulativos en términos de cultura o patrimonio.		
48		3.1.2.4	Características de los sistemas vivos que posibilitan experiencias estéticas.		
49		3.2.1.1	Elementos de los sistemas vivos que tienen un significado simbólico.		
50		3.2.1.2	Elementos de los sistemas vivos que tienen un significado sagrado o religioso.		
51		3.2.1.3	Elementos de los sistemas vivos utilizados para el entretenimiento o la representación.		
52		3.2.2.1	Características o características de los sistemas vivos que tienen un valor de existencia.		
53		3.2.2.2	Características o características de los sistemas vivos que tienen un valor de legado.		
54		3.3.X.X	Otro		

Folio006039

		Cod.	Clase CICES v 5.1	Ríos y Esteros	Humedales
55	PROVISIONAMIENTO ABIÓTICO	4.2.1.1	Agua de superficie para bebida.		
56		4.2.1.2	Aguas superficiales utilizadas como material (no bebida)		
57		4.2.1.3	Agua superficial de agua dulce utilizada como fuente de energía.		
58		4.2.1.4	Agua costera y marina utilizada como fuente de energía.		
59		4.2.2.1	Agua subterránea para bebida		
60		4.2.2.2	Agua subterránea utilizada como material (no bebida)		
61		4.2.2.3	Agua subterránea utilizada como fuente de energía.		
62		4.2.X.X	Otro		
63		4.3.1.1	Sustancias minerales utilizadas para la nutrición.		
64		4.3.1.2	Sustancias minerales utilizadas para fines materiales.		
65		4.3.1.3	Sustancias minerales utilizadas como fuente de energía.		
66		4.3.2.1	Sustancias no minerales o propiedades del ecosistema utilizadas para la nutrición.		
67		4.3.2.2	Sustancias no minerales utilizadas para materiales.		
68		4.3.2.3	Energía eólica		
69		4.3.2.4	Energía solar		
70		4.3.2.5	Geotermia		
71		4.3.2.6	Otro		
72	REGULACIÓN Y MANTENCIÓN ABIÓTICA	5.1.1.1	Dilución por los ecosistemas marinos y de agua dulce.		
73		5.1.1.2	Dilución por la atmósfera.		
74		5.1.1.3	Mediación por otros medios químicos o físicos (por ejemplo, mediante filtración, secuestro, almacenamiento o acumulación)		
75		5.1.2.1	Mediación de molestias por estructuras o procesos abióticos.		
76		5.2.1.1	Flujos de masa		
77		5.2.1.2	Flujos de líquidos		
78		5.2.1.3	Flujos gaseosos		
79		5.2.2.1	Mantenimiento y regulación por procesos químicos y físicos naturales inorgánicos.		
80		5.3.X.X	Otro		
81	Cultural (Abiotico)	6.1.1.1	Características naturales, abióticas de la naturaleza que permiten interacciones físicas y experienciales activas o pasivas.		
82		6.1.2.1	Características naturales, abióticas de la naturaleza que permiten interacciones intelectuales.		
83		6.2.1.1	Características naturales, abióticas de la naturaleza que permiten interacciones espirituales, simbólicas y otras.		
84		6.2.2.1	Características naturales, abióticas o características de la naturaleza que tienen un valor de existencia o legado		
85		6.3.X.X	Otro		

Folio006040

5.2 Valoración de servicios ecosistémicos y evaluación costo beneficio

A continuación, se entrega una estimación del valor económico de los Servicios Ecosistémicos que otorga el Río Loa.

La situación actual, marcada por una presión creciente sobre los recursos hídricos del Río, determina un marco de valorización respecto de sus Servicios, condicionado en un contexto de escasez. Si bien este contexto puede inscribirse con propiedad en el campo de acción de la economía y/o la gestión, la naturaleza intangible de muchos de los Servicios Ecosistémicos definidos como tales, dificulta obtener de valores precisos.

Existe un gran volumen de producción científica relacionada con técnicas y métodos de valorización de estos Servicios, sin embargo, aunque algunos exhiben un alto grado de sofisticación, es claro que sus resultados frente a una misma realidad muestran amplios niveles de dispersión, lo que genera la necesidad de ofrecer un valor medio dentro de un rango de valores.

En este Informe, se adopta una postura pragmática, más que teórica. El fin último que se persigue es construir respuestas a partir de lo que se dispone. Existe una multitud de trabajos relativos al estado hídrico del Río, en términos de su uso y la presión que ejercen diversas actividades y sectores sobre el agua de la cuenca; a partir de ellos y ponderando sus niveles de uso con los valores del agua sometida a un proceso de desalación, como recurso sustituto más probable, se valorizan los Servicios Ecosistémicos de aprovisionamiento presumiendo su costo de reemplazo.

En lo referente a los Servicios de Regulación y Mantención, se reconoce que la intangibilidad de sus diversas partidas impide una valorización directa o indirecta sobre la base de valores de Stock Ambiental[3] y Precios Locales[4], por tanto, se recurre a una estimación basada en valores estándares para ecosistemas fluviales, derivados de estudios globales.

Finalmente, en el caso de los Servicios Culturales se simplifica la metodología del costo de viaje y se atribuye una ponderación, basada en información estadística nacional, al valor global de los viajes realizados, hacia la zona de Alto El Loa[5] y San Pedro de Atacama, como

[3] Cuantificación de volúmenes de recursos naturales involucrados en una valoración.
[4] Precio de los recursos involucrados.
[5] Descripción. La ruta patrimonial Alto El Loa incluye un Valle verde lleno de vida, donde el río riega huertas con cultivos de zanahorias, maíz y alfalfa, los animales pastan. La cultura atacameña de Chiu Chiu con una iglesia considerada Monumento Histórico nacional. El observatorio de arqueoastronomía Paniri Caur. La

Folio006041

los sitios de interés cultural y recreativo de la Región y que se vinculan parcialmente con el espacio de influencia del Río Loa.

Los resultados obtenidos se sistematizan, permitiendo determinar un Valor Medio[6], así como un rango probable, respecto de la cuantía económica anual actual y perpetua de los Servicios Ecosistémicos del Río Loa.

5.2.1 Sistema de clasificación

En términos generales, los Servicios Ecosistémicos (Boyd J., 2007) que consideran el marco amplio que define su portafolio, son susceptibles de ser clasificados de acuerdo a diferentes sistemas. En la Tabla 5.4 se presenta una comparación entre los sistemas de clasificación CICES (CICES 5.1, 2018) y TEEB (TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2010).

Para efectos del ejercicio de valoración a que refiere este informe, se ha adoptado la Clasificación Internacional Común de los Servicios de los Ecosistemas (CICES 5.1), la cual los clasifica en tres grupos: Aprovisionamiento; Mantención y Regulación y Servicios Culturales.

---

zona típica de Ayquina, la fiesta de la Virgen de Guadalupe recibe a más de 10.000 personas. En Caspana, el verde de las terrazas que contrasta con las casas de piedra rosada, barro y techos de paja. La iglesia del siglo XVII y el Museo Etnográfico. En Lasana los campos de flores se mezclan con las rocas del desierto, y la cocina regional se funde con la artesanía. Se degusta llamo, patasca (caldo hecho con mote) y conejo, además de algunos dulces tradicionales. https://chile.travel/donde-ir/norte-desierto-atacama/alto-el-loa

[6] Valor promedio.

Folio006042

Tabla 5.4. Comparación entre las clasificaciones de SS.EE. de CICES y TEEB.

Sección CICES	División CICES	Categoría TEEB			
Aprovisionamiento	Nutrición	Alimentos			
	Abastecimiento de agua	Agua			
	Materiales	Materias primas	Recursos genéticos	Recursos medicinales	Recursos ornamentales
	Energía				
Regulación y Mantención	Regulación del entorno biofísico	Purificación del aire	Tratamientos de agua residuales (purificación de aguas)		
	Regulación del flujo	Prevención de disturbios o moderación	Regulación de los flujos de agua	Prevención de la erosión	
	Regulación del ambiente físico - químicas	Regulación del Clima (incluye secuestro de carbono)	Mantener fertilidad del suelo		
	Reglamento del entorno biótico	protección del patrimonio genético		Polinización	Control Biológico
Cultural	Simbólico	Información para el desarrollo cognitivo			
	Intelectual y vivencial	Información estética	Inspiración para la cultura, arte y diseño	Experiencia espiritual	Zona turística

Fuente: (TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2010); (CICES 5.1, 2018)

5.2.2 Generalidades del Rio Loa

La cuenca hidrográfica del Río Loa, con una extensión de 33.081 km², se ubica en la II Región de Antofagasta, en la zona norte de Chile (Figura 5.7). El Río Loa nace a los pies del volcán Miño y posee una dirección sur en su primer tramo hasta aproximadamente la localidad de Chiu-Chiu, donde comienza a doblar en dirección oeste hasta la junta con el Río San Salvador. En este punto, el Río Loa toma una dirección norte hasta el poblado de Quillagua, donde continúa hacia el oeste para finalmente desembocar en el Océano Pacífico.

Folio006043

En la cuenca se presentan tres tipos climáticos: Estepa de altura en la parte más alta (3.500 m.s.n.m.) y oriental de la cuenca; Subtipo climático desértico interior en la parte intermedia de la cuenca y el Desértico costero con nublados abundantes en el plano occidental.

Los aportes de agua al Río Loa son generados por decenas de vertientes a lo largo de su trayecto, en su zona alta, mientras que sus afluentes principales corresponden a los ríos San Pedro, Salado y San Salvador junto a la Quebrada Amarga.

A pesar de su gran longitud y área de influencia, los recursos hídricos de la cuenca del Río Loa son escasos, debido a las condiciones desérticas y el escaso nivel de precipitación de la zona.

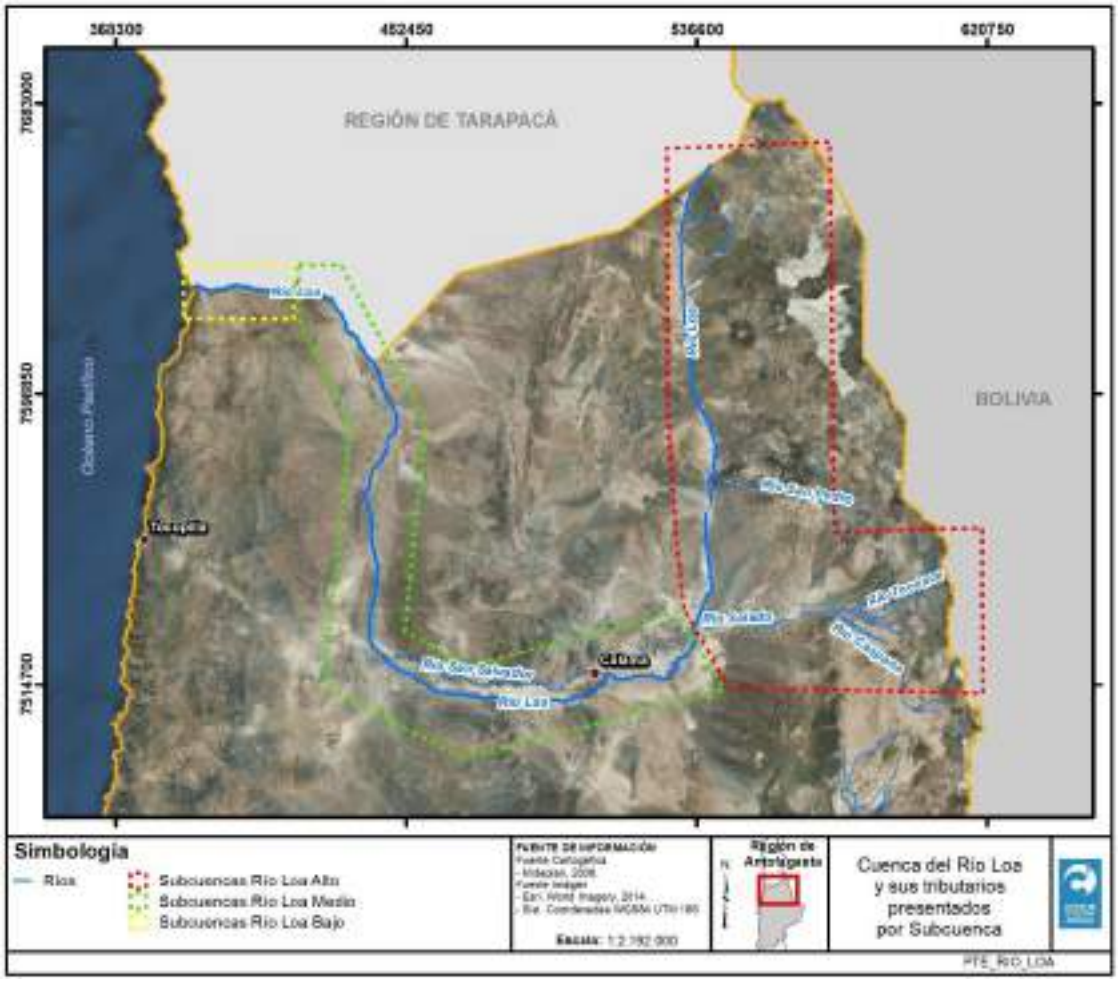


Figura 5.7. Mapa representativo de la cuenca del Río Loa.

Folio006044

5.2.2.1 Balance Hídrico del Río

Los derechos de aguas del Río Loa están registrados en el sitio web de la Dirección General de Aguas (DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), MOP, 2019). La información disponible para cada derecho otorgado consiste en datos asociados al expediente: Código, fecha de resolución, solicitante, unidad de resolución, otros; ubicación del derecho (comuna, provincia, cuenca, fuente, coordenadas, etc.), caudales (mensuales y anuales), tipo de derecho (naturaleza, tipo y ejercicio) y descripción.

En cuanto al ejercicio de los derechos, éste se clasifica en cinco categorías: Permanente y Continuo, Permanente y Discontinuo, Eventual y Continuo, Eventual y Discontinuo, y Permanente y Alternado.

5.2.2.2 Demandas Hídricas por Uso

Existen estudios previos relativos a estimaciones respecto del uso del agua del Río Loa (Arrau Ingeniería E.I.R.L. MOP, 2012), los cuales ofrecen un balance entre la oferta y demanda hídrica en la cuenca del Río Loa. Con relación a la definición de usos consuntivos y no consuntivos del agua del Río, como se observa en la Tabla 5.5, el uso minero es el más importante.

Tabla 5.5. Balance oferta-demanda hídrica en cuenca Río Loa.

Ítem	Caudal (m^3/s)
Oferta	4,80
Demanda Agrícola	0,51
Demanda Agua Potable	1,09
Demanda Minera	2,76
Evaporación Cuerpos de Agua	1,59
Caudal en Desembocadura	0,29
Reúsos de Agua	Desconocido
Reúsos en Riego	Desconocido
Reúsos en Minería	Desconocido

Fuente: (Arrau Ingeniería E.I.R.L. MOP, 2012)

Este balance fue realizado el año 2012, sin embargo, se considera que estos datos son relevantes y se encuentran vigentes, como contribución al ejercicio de valorización que da cumplimiento de los objetivos que este informe plantea.

Folio006045

5.2.3 Valoración de Servicios de Aprovisionamiento

Según las naciones Unidas (FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2019) el agua, alimentos, madera y otros bienes son algunos de los beneficios materiales que las personas obtienen de los ecosistemas y que se conocen como "Servicios de abastecimiento" (aprovisionamiento). Muchos de los Servicios de abastecimiento se comercializan en los mercados. Sin embargo, en muchas regiones, los hogares rurales también dependen directamente de los Servicios de abastecimiento para su subsistencia. En este último caso, el valor de los Servicios puede ser mucho más importante del que reflejan los precios que alcanzan en los mercados locales.

La agricultura, la silvicultura y la pesca resultan afectadas por todos los tipos de Servicios Ecosistémicos y a su vez influyen en ellos.

5.2.3.1 Consolidación de Servicios previamente seleccionados

En la sección 5.1.5 del presente informe, se presentó la selección experta de los Servicios Ecosistémicos de Aprovisionamiento, que proporciona la cuenca del Río Loa a partir de la clasificación CICES versión 5.1 (CICES 5.1, 2018).

En la Tabla 5.6, a partir de lo seleccionado se plantea una consolidación de los Servicios Ecosistémicos en cinco ítems instrumentales para su posterior valoración: Uso productivo agrícola, Uso productivo pecuario, Agua potable, Agua uso industrial y Agua generación de energía.

Folio006046

Tabla 5.6. Consolidación de Servicios de Aprovisionamiento proporcionados por la cuenca del Río Loa.

		Code	Clase CICES v 5.1	Ríos y Esteros	Humedales	Ítem de consolidación
1	APROVISIONAMIENTO	1.1.1.1	Plantas terrestres cultivadas (incluyendo hongos, algas) cultivadas con fines nutricionales			Uso productivo agrícola
2		1.1.1.2	Fibras y otros materiales de plantas cultivadas, hongos, algas y bacterias para uso directo o procesamiento			
3		1.1.1.3	Plantas cultivadas (incluyendo hongos, algas) cultivadas como fuente de energía			
7		1.1.3.1	Animales criados para proporcionar nutrición.			Uso productivo pecuario
8		1.1.3.2	Fibras y otros materiales de animales criados para uso directo o procesamiento (excepto materiales genéticos)			
9		1.1.3.3	Animales criados para proporcionar energía (incluyendo mecánica)			
13		4.2.1.1	Agua de superficie para beber.			Agua potable
14		4.2.1.2	Aguas superficiales utilizadas como material (no para bebida)			Agua uso industrial
15		4.2.1.3	Agua superficial de agua dulce utilizada como fuente de energía.			Agua generación de energía
17		4.2.2.1	Agua subterránea para beber			Agua potable
18		4.2.2.2	Agua subterránea utilizada como material (no para bebida)			Agua uso industrial
19		4.2.2.3	Agua subterránea utilizada como fuente de energía.			Agua generación de energía

Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de CICES versión 5.1 (CICES 5.1, 2018) y selección y consolidación experta.

Folio006047

5.2.3.2 Método de valoración

En este contexto, en lo referente a la valoración de los Servicios Ecosistémicos del Río Loa, la consolidación en los ítems señalados en el apartado anterior será abordada específicamente como sigue:

1 Uso productivo agrícola y pecuario. Para efectos de valoración en este caso se considerará el uso - consumo de agua de la actividad agrícola como un todo. Sobre el valor de esta demanda, se aplicará un "precio alternativo económico" respecto de su uso actual y de reemplazo.

2 Agua potable. Se considerarán los antecedentes estadísticos de precios modales del agua potable de la Región, registrado por las empresas sanitarias de la zona.

3 Agua uso industrial. El principal uso es por parte de las empresas mineras, por tanto se considerará las cifras de uso planteadas por la DGA, ponderándolas por el precio del agua desalada, que se estima como su mejor indicador alternativo de reemplazo, en condición de escasez, atendiendo a la condición en que se desarrolla la producción minera en la zona.

4 Agua generación de energía. Su valor por uso no consuntivo es marginal en la Región, por tanto no se considerará en el ejercicio.

5.2.3.2.1 Estimación de Valor

En las siguientes tablas se presenta las matrices base para el desarrollo del ejercicio de valoración de los Servicios Ecosistémicos de aprovisionamiento del Río Loa.

En la Tabla 5.7, se presentan los valores estimados del costo de reemplazo de los caudales de agua del Río, utilizada en diversas actividades sectoriales, sobre la base del balance hídrico lo planteado por Arrau registrado en este informe en la Tabla 5.5 (Arrau Ingeniería E.I.R.L. MOP, 2012). En el documento citado se considera un caudal promedio anual expresado en m^3/s, el cual se multiplica por un factor (60x60x24x365) para expresarlo en m^3/año. Para su valoración se consideran como precios de reemplazo, los informados por las desalinizadoras (CÁMARA DE DIPUTADOS, 2017).

Respecto de los precios planteados en la Tabla 5.7, se aplicará un marco de *probabilidades a priori* (Tabla 5.8), definidas por juicio experto, con el objeto de ejecutar un ejercicio de simulación para estimar el valor parcial por sector y global de los Servicios Ecosistémicos de aprovisionamiento del Río Loa.

Folio006048

Los antecedentes se procesan utilizando el software **@RISK**[7], presumiendo que los distintos niveles de precio se distribuyen con una *distribución discreta* estructurada a partir de las probabilidades a priori establecidas, originándose un output a partir de 10.000 iteraciones.

Como resultado del análisis de datos, se obtuvo una Valor Medio anual de 560,4 millones de dólares, el que se ubicó en un rango de confianza del 85% limitado por una Valor Mínimo de 353 millones de dólares y un Valor Máximo de 725 millones de dólares.

Respecto de la Varianza de estos resultados, la contribución al valor estimado proviene en los porcentajes que se indica, del uso consumo originado por las actividades demandantes de agua en la cuenca:

- 80,90 % por la Minería,
- 16,46 % por Agua Potable y
- 2,64 % por la Agricultura.

En la Figura 5.8 se presenta el gráfico de distribución de los valores de aprovisionamiento obtenido en el ejercicio de simulación, en tanto en la Figura 5.9 se entregan los valores estimados de uso de las diferentes actividades de uso o consumo, destacándose en este caso la Minería, como principal actividad.

A partir de los Valores Medios (Figura 5.9), los cuales corresponden a resultados anuales, es posible estimar además el Valor Perpetuo. Para estos efectos, se ha considerado una Tasa de Descuento del 6% (Ministerio de Desarrollo Social, 2019), obteniéndose un rango de 5.883 a 12.083 millones de dólares y una Media de 9.340 millones de dólares, por estos Servicios.

Es habitual que, en la valoración de activos ambientales, en los que no se reconoce un horizonte para su extinción se utilice el cálculo de su perpetuidad o valor perpetuo como forma de estimar el Valor Presente (Valor Actual Neto) de un flujo permanente anual de ingresos, costos o beneficios, suponiendo que este mantendrá su nivel en el tiempo. Aznar y Estruch (2015) plantean este enfoque en su libro “Valoración de Activos Ambientales: teoría y casos” (página 100).

[7] Software que permite realiza análisis de riesgo, utilizando la simulación para mostrar múltiples resultados posibles en un modelo de hoja de cálculo, y le indica qué probabilidad que se produzcan. Computa y controla matemática y objetivamente gran número de escenarios futuros posibles, y luego le indica las probabilidades y riesgos asociados con cada uno.

Folio006049

Existen casos, sobre todo en valoración agraria y como veremos también en valoración de activos ambientales, en que podemos aceptar la hipótesis de encontrarnos ante una renta o flujo de caja constante, o sea que tanto los ingresos como los gastos de esos bienes anuales suelen ser suficientemente iguales en los años como para considerarlos constantes y la situación actual es la que seguirá prevaleciendo en ese bien indefinidamente. En ese caso podemos utilizar la capitalización perpetua, reduciéndose el cálculo al cociente entre el flujo constante y la tasa considerada. (Aznar y Estruch, 2015)

$$V = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{FC}{(1+r)^i} = \frac{FC}{(1+r)} + \frac{FC}{(1+r)^2} + ... + \frac{FC}{(1+r)^i} + ... = \frac{\frac{FC}{(1+r)}}{1 - \frac{1}{(1+r)}} \approx \frac{FC}{r}$$

En el caso particular de esta valoración de servicios ecosistémicos del río Loa, se ha procedido -debido a este concepto- que el valor del stock anual de servicios del río (expresado en dólares de 2019), puede suponerse como un monto constante con prevalencia indefinida, por tanto, puede perpetuarse, utilizando como tasa (r) para la actualización a Valor Presente de este flujo infinito, la tasa social de descuento de la economía chilena en la actualidad (6%). Este valor de referencia es el que se utiliza en las evaluaciones sociales de proyectos en Chile, según la indicación del Ministerio de Desarrollo Social.

Tabla 5.7. Matriz de costo de remplazo de usos de agua para diferente usos o consumo, ponderados por precios probables.

Ítem	Caudal (m^3/s)	Caudal (m^3/año)	Precio (US$ / m^3)											
			1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Oferta	**4,8**	**151.372.800**												
Demanda Agrícola	0,51	16.083.360	16.083.360	24.125.040	32.166.720	40.208.400	48.250.080	56.291.760	64.333.440	72.375.120	80.416.800	88.458.480	96.500.160	104.541.840
Demanda Agua Potable	1,09	34.374.240	34.374.240	51.561.360	68.748.480	85.935.600	103.122.720	120.309.840	137.496.960	154.684.080	171.871.200	189.058.320	206.245.440	223.432.560
Demanda Minera	2,76	87.039.360	87.039.360	130.559.040	174.078.720	217.598.400	261.118.080	304.637.760	348.157.440	391.677.120	435.196.800	478.716.480	522.236.160	565.755.840

Fuente: Elaboración propia, en base a estimación de Arrau (Arrau Ingeniería E.I.R.L. MOP, 2012).

Tabla 5.8. Matriz de probabilidades a priori, relativas a los precios del agua asignada a diferente usos o consumo.

Ítem	Caudal (m^3/s)	Caudal (m^3/año)	Probabilidad											
			1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Demanda Agrícola			15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	6,25%	6,25%	5,00%	3,00%	1,50%	1,50%	1,50%
Demanda Agua Potable			15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	3,57%	3,57%	3,57%	3,57%	3,57%	3,57%	3,57%
Demanda Minera			1,50%	1,50%	3,00%	3,00%	3,00%	6,25%	8,00%	13,75%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%

Fuente: Elaboración propia, en base a opinión experta.

Folio006051

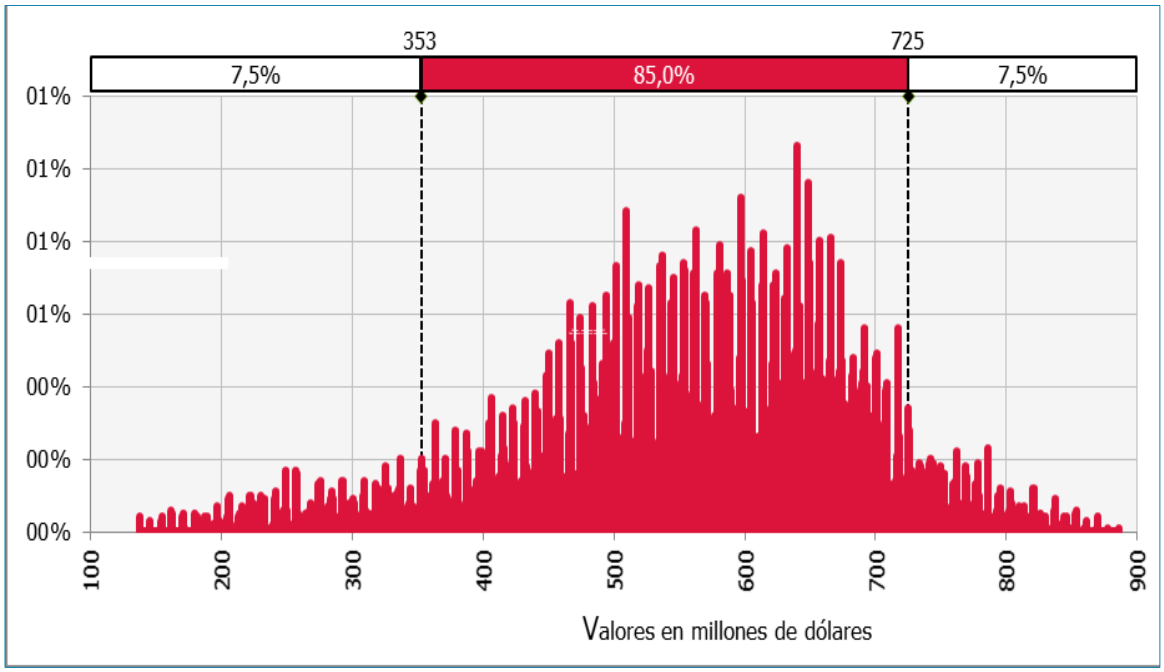


Figura 5.8. Distribución simulada de valores de Servicios de aprovisionamiento del Río Loa, con un 85% de seguridad, calculado con @RISK.

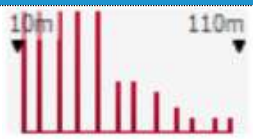
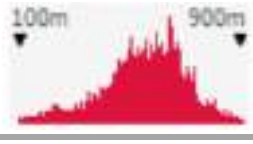
Nombre	Gráfico	Media	Perpetuo
Agricultura		42.037.880	700.631.333
Agua potable		94.532.600	1.575.543.333
Minería		423.881.700	7.064.870.000
Servicios de aprovisionamiento		560.452.200	9.340.870.000

Figura 5.9. Detalle de Valores Medios anuales y perpetuos de los Servicios de aprovisionamiento del Río Loa, en millones de dólares, calculado con @RISK.

Folio006052

5.2.4 Valoración de Servicios de Mantención y Regulación

Los Servicios de Regulación son aquellos que derivan de las funciones clave de los ecosistemas, que ayudan a reducir ciertos impactos locales y globales (por ejemplo, la Regulación del clima y del ciclo del agua, el control de la erosión del suelo, la polinización, otros).

El mantenimiento de la calidad del aire y del suelo, el control de las inundaciones y enfermedades o la polinización de cultivos son algunos de los "Servicios de Regulación" proporcionados por los ecosistemas. A menudo son invisibles y, por consiguiente, en la mayoría de los casos se dan por sentados. Cuando se ven dañados, las pérdidas resultantes pueden ser importantes y difíciles de recuperar (Fisher B, 2009) (De Groot & Wilson, 2002) (FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2019), (Millenium Ecosystem Assessment, 2003).

5.2.4.1 Selección de servicios

En la Sección 5.1, se realizó una preselección experta de los Servicios Ecosistémicos de Mantención o Regulación, que proporciona la cuenca del Río Loa a partir de la clasificación CICES (CICES 5.1, 2018).

En la Tabla 5.9, a partir de lo seleccionado se plantea una consolidación de los Servicios Ecosistémicos en los siguientes ítems instrumentales para su posterior valoración:

5.2.4.1.1 Clima local y calidad del aire

Los ecosistemas influyen en el clima local y la calidad del aire. Por ejemplo, los árboles proporcionan sombra mientras que los bosques influyen en las precipitaciones y en la disponibilidad de agua, tanto a escala local como regional. Los árboles y otras plantas desempeñan asimismo un importante papel en la Regulación de la calidad del aire mediante la eliminación de contaminantes de la atmósfera.

5.2.4.1.2 Secuestro y almacenamiento de carbono

Los ecosistemas regulan el clima mundial mediante el almacenamiento de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, cuando los árboles y plantas crecen, eliminan dióxido de carbono de la atmósfera y lo retienen eficazmente en sus tejidos.

5.2.4.1.3 Moderación de fenómenos extremos

Los ecosistemas y los organismos vivos crean amortiguadores contra las catástrofes naturales. Reducen los daños causados por inundaciones, tormentas, tsunamis, avalanchas, desprendimientos de tierras y sequías.

Folio006053

5.2.4.1.4 Tratamiento de aguas residuales / depuración de residuos y basuras.

Algunos ecosistemas como los humedales filtran efluentes, descomponen residuos mediante la actividad biológica de los microorganismos y eliminan agentes patógenos nocivos. Por tanto, a juicio experto, se supone que el Río Loa ofrece este servicio ecosistémico como depositario de residuos y basuras como otros ríos y que contribuye implícitamente a su descomposición y depuración en el mediano y largo plazo. El servicio de depuración de las aguas servidas tratadas de la ciudad de Calama constituye una prueba tangible de este servicio.

5.2.4.1.5 Prevención de la erosión y conservación de la fertilidad del suelo

La cubierta vegetal previene la erosión del suelo y garantiza la fertilidad del suelo mediante procesos biológicos naturales como la fijación del nitrógeno. La erosión del suelo es un factor clave en el proceso de degradación de la tierra, pérdida de fertilidad del suelo y desertificación, y contribuye a reducir la productividad de la pesca en los cursos inferiores de los Ríos.

5.2.4.1.6 Polinización

Los insectos y el viento polinizan las plantas y los árboles, lo cual es fundamental para el desarrollo de las frutas, hortalizas y semillas. La polinización animal es un servicio ecosistémico proporcionado principalmente por los insectos pero también por algunos pájaros y murciélagos. En los agroecosistemas, los polinizadores son vitales para la producción hortícola y de forraje, así como para la producción de semillas de numerosos cultivos de raíces y fibras.

5.2.4.1.7 Control biológico de plagas

Este concepto comprende las actividades de los depredadores y parásitos en los ecosistemas que sirven para controlar las poblaciones de posibles vectores de plagas y enfermedades.

Los Servicios relacionados con el control biológico y la regulación de enfermedades (Lozano, 2012) son otro valioso aporte de los ecosistemas. Dentro de los cultivos se presentan interacciones bióticas complejas, las cuales permiten que las diversas poblaciones, tanto de microrganismos como de microrganismos, se mantengan en niveles estables y desarrollen actividades de parasitismo, mutualismo, comensalismo y depredación, entre otros; ello dinamiza el flujo de energía y de nutrientes, la dispersión de semillas y la polinización. Algunos microrganismos desempeñan un papel importante como reguladores de poblaciones de otros organismos (generalmente, de otros artrópodos); este es el principio del control biológico de plagas. Estas interacciones bióticas son de gran relevancia para el bienestar humano; en particular, para la producción agropecuaria, pues a menudo se presentan ataques tanto de plagas como de enfermedades, causados por un desbalance o una reducción de la biodiversidad.

Folio006054

5.2.4.1.8 Regulación de los flujos de agua

La Regulación de los flujos de agua es un servicio clave proporcionado por la cobertura y la configuración del suelo, pero su dinámica es mal comprendida por la mayoría de los encargados de la formulación de políticas y las organizaciones dedicadas a la ordenación de tierras.

Tabla 5.9. Consolidación de Servicios de Regulación y Mantención proporcionados por la cuenca del Río Loa.

		Code	Clase CICES v 5.1	Ríos y Esteros	Humedales	Ítem de consolidación
21	SERVICIOS DE MANTENCIÓN O REGULACIÓN	2.1.1.1	Bio-remediación por microorganismos, algas, plantas y animales.			Depuración de residuos o basuras.
22		2.1.1.2	Filtración / secuestro / almacenamiento / acumulación por microorganismos, algas, plantas y animales.			Secuestro y almacenamiento de carbono
28		2.2.1.3	Ciclo hidrológico y Regulación del flujo de agua (incluido el control de inundaciones)			Moderación de fenómenos extremos
30		2.2.1.5	Protección contra incendios			Moderación de fenómenos extremos
32		2.2.2.2	Dispersión de semillas			Polinización
33		2.2.2.3	Mantención de poblaciones y hábitats de viveros (incluida la protección de la reserva genética)			Control biológico de plagas
36		2.2.4.1	Procesos climáticos y su efecto en la calidad del suelo.			Clima local y calidad del aire
37		2.2.4.2	Procesos de descomposición y fijación y su efecto en la calidad del suelo.			Prevención de la erosión y conservación de la fertilidad del suelo
38		2.2.5.1	Regulación de la condición química de las aguas dulces por procesos vivos.			Secuestro y almacenamiento de carbono
40		2.2.6.1	Regulación de la composición química de la atmósfera.			Clima local y calidad del aire
41		2.2.6.2	Regulación de la temperatura y la humedad, incluyendo ventilación y transpiración.			Clima local y calidad del aire

Folio006055

		Code	Clase CICES v 5.1	Ríos y Esteros	Humedales	Ítem de consolidación
72	REGULACIÓN Y MANTENCIÓN ABIÓTICA	5.1.1.1	Dilución por los ecosistemas marinos y de agua dulce.			Depuración de residuos o basuras
74		5.1.1.3	Mediación por otros medios químicos o físicos (por ejemplo, mediante filtración, secuestro, almacenamiento o acumulación)			Depuración de residuos o basuras
77		5.2.1.2	Flujos de líquidos			Regulación de los flujos de agua
79		5.2.2.1	Mantenimiento y Regulación por procesos químicos y físicos naturales inorgánicos.			Depuración de residuos o basuras

Fuente: Elaboración propia en base a CISES (CICES 5.1, 2018).

5.2.4.2 Método de valoración

Los Servicios de Regulación, como el control natural de plagas y el ciclo de los elementos nutritivos, suelen producirse en segundo plano, fuera de la percepción de las personas y, por lo tanto, ni se reconocen ni se valoran. En el caso del Río Loa esta situación se plantea de manera similar. Se advierte como muy complejo evaluar en particular cada uno de los ítems de consolidación. Por esta razón, en este Informe, en la valoración de este tipo de Servicios Ecosistémicos se recurre a las referencias proporcionadas por informantes calificados y a cifras aproximadas, derivadas de estudios internacionales relativos a este tipo de Servicios proporcionados por Ríos y/o cuencas hidrográficas, tales como el de (Costanza & Rudolf De Groot, 2014)

Los Servicios de Regulación y Mantención se vinculan directamente con la definición conceptual de lo que es un río (Honorio & Torres, 2000).

Un río se define como una corriente natural de agua de flujo continuo y constante, dotado de caudal y velocidad; en el contexto ambiental, se le considera como un flujo o sistema de vectores energéticos componente de un sistema mayor denominado el «Ciclo Hidrológico del Agua», que permite la continuidad de complejas interrelaciones funcionales entre las diversas formas de energía representadas por el flujo líquido (océano), flujo gaseoso (atmósfera), el paleo flujo (litósfera) y los seres vivos. Por tanto, este componente vectorial (el río), permite la interconexión energética funcional entre los tres estados de la materia y el cuarto estado plasmático representado por la energía del sol.

Folio006056

El «Ciclo Hidrológico del Agua» en su extremo superior está conectado a un macro sistema mayor conformado por los flujos procedentes del Sol y del cosmos que inyectan a la tierra diferentes formas de energía permitiendo transformar la energía plasmática y electromagnética en otras formas de energía como la cinética, potencial, calorífica, mecánica, fotoquímica etc.; que mediante la evaporación elevan hacia niveles superiores de la atmósfera a diferentes altitudes y latitudes, miles de millones de Km^3 de agua bajo el estado líquido y/o gaseoso; mientras que en su conexión inferior este Ciclo Hidrológico es complementado por el río, enlazando a este macrosistema superior con otro geosistema energético inferior procedente del interior de la tierra; del cual, también fluye energía térmica, plasmática y electromagnética, que durante su recorrido por la superficie terrestre retorna a los mares y océanos miles y millones de Km cúbicos de sedimentos y agua para equilibrar los materiales cedidos por el océano a la atmósfera, permitiendo así, la transformación gradual de la energía cinética en energía potencial almacenada en mares y océanos.

Al observar los ocho ítems de consolidación que se evidencian en la Tabla 5.9, adicionando el concepto global de biodiversidad, que se estima conveniente agregar, se totalizan nueve ítems; de los cuales cuatro de ellos: Clima local y calidad del aire, Regulación de flujos de agua, Biodiversidad y Depuración de residuos o basuras, fueron considerados relevantes por el equipo técnico para su valoración.

5.2.4.2.1 Estimación de Valor

Sin duda, la valoración de los Servicios Ecosistémicos de Regulación y Mantención del Río Loa es compleja. En lo general, los ejercicios rigurosos de valoración de este tipo de servicios en sistemas fluviales escasean en el ámbito de la literatura publicada vinculada a la valuación de Servicios Ecosistémicos. En la casuística del Río Loa concurren, además elementos particulares, que dificultan su análisis, entre otros: en primer lugar, la ubicación del Río en una zona de extrema aridez, con fuerte presión antrópica, derivada de la actividad minera en la zona y, por otra parte, la oscilación climática que influye sobre el caudal de Río por efecto del Invierno Altiplánico.

Se debe considerar, además, que la naturaleza de los ríos como sistemas de circulación lineal, vectorial, jerarquizado y estructurados para trasladar sedimentos y fluidos vitales a través de las Cuencas Hidrográficas y sus desembocaduras, determinan complejas reacciones dinámicas, mecánicas, energéticas, químicas y bioquímicas con el propósito de dar sustento en todo su recorrido a la vida en sus diferentes formas.

El Río es un vector energético parte integrante del Ciclo Hidrológico del Agua y recorre tan solo la superficie terrestre, interconectando al colector sólido superior (Glaciares) con el colector sólido inferior (Océanos) y en dicho recorrido cumple una misión suprema y especializada desplegando un trabajo selectivo como la erosión, ataque físico, químico, bioquímico, transporte, selección y sedimentación en las cuencas de deposición tales como conos aluviales, fluviales, deltas etc. La interrupción y la contaminación de los Ríos

Folio006057

puede modificar y alterar el flujo normal del Ciclo Hidrológico del Agua provocando serios trastornos en el clima de la tierra, en los procesos isostáticos y en la conservación de diversos ecosistemas.

Todo lo indicado, aplica en el caso del Río Loa, cuyo cauce recorre una distancia del orden de 440 km e influye y es influido por a lo menos tres sistemas climáticos: Estepa de altura; Subtipo climático Desértico interior y Desértico costero.

En concordancia con estas consideraciones, que permiten caracterizar al Río Loa como un sistema ecológico de alta complejidad y a partir de una revisión bibliográfica relativa a valoración de Servicios Ecosistémicos de Regulación y Mantención proporcionados por los sistemas fluviales en el mundo, en este trabajo se procede a valorar las partidas consolidadas de Servicios indicadas, atendiendo a valores referenciales. En esta decisión metodológica influye, fundamentalmente, el hecho que no se dispone de datos cuantitativos específicos relativos a niveles de Stock ni de flujo, por ejemplo, del bioma para evaluar biodiversidad, como tampoco de evaluaciones cuantitativas respecto al efecto climático del Río Loa en su entorno, y tampoco con relación al impacto de la variabilidad del cauce sobre el ecosistema natural y antrópico de la Región. Los estudios actuales de mayor confiabilidad al respecto corresponden fundamentalmente a dos autores y sus equipos: Robert Costanza y Rudolf S. de Groot. Estos autores han hecho referencia a valuaciones de Servicios ambientales en ecosistemas fluviales (Robert & De Groot R, 1997), (Costanza & Rudolf De Groot, 2014), (Russell A. & Tracy A. Farrell, 2019).

Particularmente, Costanza (Costanza & Rudolf De Groot, 2014) publica una actualización de su estudio global realizado en 1997 integrando sus valores a los calculados por De Groot (De Groot, y otros, 2014). En este trabajo, estima un valor unitario de 12.512 dólares/ha/año (cifras expresadas en dólares de 2007) para los Servicios de Ecosistémicos de Ríos. Un 64% de dicho valor correspondería a Servicios de Ciclo hidrológico y Regulación del flujo de agua (water regulation) en tanto un 7,8% se vincula a tratamientos de residuos (waste traitment). La deducción del valor prestado por estos dos Servicios permite derivar una valía aproximada respecto de dos de las partidas agrupadas en este estudio.

Si se considera la actualización a dólares del 2019 (ajustando por inflación, los valores de 2011, utilizando la Tasas Anuales del IPC de Estados Unidos del periodo 2012 – 2019, (Global Rates, 2019)) se puede emplear una cifra de 9.105 dólares/ha/año por Servicios de Ciclo hidrológico y Regulación del flujo de agua y 1.112 dólares/ha/año por Depuración de residuos o basuras. Estos valores corresponden a cifras unitarias por hectárea por año, por tanto para su escalamiento respecto del área del Río Loa se utilizó y calculó el concepto de área de influencia considerando la superficie ocupada por el cauce del Río y sus bandas aledañas, que en este caso en particular, son de extensión muy limitada y solo en algunas zonas, como por ejemplo en la localidad de Lasana, muestra una mayor amplitud.

Folio006058

Según los cálculos desarrollados por el equipo de CEA, el área de influencia del Río definida alcanza a 4.786 hectáreas[8], lo que implica que el valor anual relativo a las partidas indicadas se podría estimar, según se plantea a continuación:

1 El valor anual de Servicios de Ciclo hidrológico y Regulación del flujo de agua se podría estimar en 43,6 millones de dólares. En términos de valor perpetuo esto correspondería a 726,2 millones de dólares.

2 El valor anual de Servicios de Depuración de residuos o basuras alcanzaría a 5,3 millones de dólares, resultando el cálculo del valor perpetuo respectivo en 88,7 millones de dólares.

Por otra parte, se presume, de acuerdo con referencias de informante calificados de la zona y tras observación in situ, que el impacto del Río Loa, desde el punto de vista de los Servicios de Regulación climática es marginal, ya que la configuración geológica del cauce, el cual fluye a través de una cerrada caja, bloquea en gran parte del cauce dicho efecto. Por esta razón, en este estudio se plantea un valor nulo para este servicio ecosistémico en particular.

Existen antecedentes registrados relativos a un eventual efecto de la evaporación en diversas locaciones en el Río (CADE-IDEPE, 2004). Esto podría representar un efecto micro climático esporádico, respecto del cual no existen mediciones que permitan su dimensionamiento y valoración.

En las zonas de Oasis (por ejemplo: Calama, Qullagua y Lasana) se presume que la evaporación de parte del caudal del Río podría originar algunos efectos en la temperatura como en la humedad, pero la estimación del valor de los servicios ecosistémicos que estos representan es de muy compleja medición, no existiendo antecedentes disponibles en periodos suficientes para una inferencia estadística de su valor. En esta zona geográfica la demanda atmosférica es tan alta que no se espera cambios relativos en la humedad atmosférica o atenuación del régimen térmico debido al cauce del Río.

La evaluación de los Servicios vinculados con la conservación de la biodiversidad constituye un ejercicio de alta complejidad, ya que se desconoce cuantitativamente el Stock y flujo del bioma del área de influencia del Río. Por esta razón se acordó el despreciar este valor para los efectos prácticos del estudio.

[8] Estimada a partir del análisis de imágenes satelitales, considerando el área potencial de crecimiento de vegetación ripariana.

Folio006059

En síntesis, el valor estimado, en este informe, respecto de los Servicios Ecosistémicos de Regulación o Mantención del Río Loa, converge a 48,9 millones de dólares por año, lo que llevado a valor perpetuo corresponde a 814,9 millones de dólares.

Respecto de estos valores se puede estimar un rango de amplia variabilidad, considerando los parámetros de dispersión obtenidos por De Groot (De Groot, y otros, 2014), respecto de su valoración de servicios de mantención y regulación de diversos casos de sistemas fluviales. Respecto de sus valores medios estimados, para estas partidas, De Groot informa un Coeficiente de Variación (CV) de un 65%. Si se aplica este nivel de variabilidad, se obtiene un rango al 85% de Confianza para el Valor Anual estimado para el Río Loa, entre 3,2 a 95,0 millones de dólares, lo cual, en términos de valor perpetuo se sitúa entre 53,3 a 1.583,1 millones de dólares, sobre la base de la aplicación de una Tasa de Descuento del 6% (Ministerio de Desarrollo Social, 2019).

5.2.5 Valoración de Servicios Culturales

5.2.5.1 Consideraciones generales

Los Servicios Ecosistémicos culturales corresponden a Servicios no materiales que el hombre obtiene de los ecosistemas. Estos están muy ligados a los valores humanos, su identidad y su comportamiento (Figueroa, 2010).

De acuerdo con De Groot et al (De Groot & Wilson, 2002), la mayoría de las funciones y procesos Ecosistémicos asociados están interrelacionados, por lo que su uso sustentable debe tomar en cuenta las interacciones dinámicas entre funciones, valores y procesos, en adición a los criterios ecológicos y a los valores socioculturales. Estos valores socioculturales, siguiendo a De Groot (De Groot, y otros, 2014), se relacionan principalmente a las ya mencionadas funciones de información o culturales, las cuales proveen oportunidades para el enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, el esparcimiento, la educación y la ciencia. Estas funciones de información se desglosan en cinco tipos: Estética, Recreación y turismo, Inspiración cultural y artística, Información espiritual e histórica, y finalmente, Información científica y educacional. Según Steward (Steward, 1955), el ambiente puede desalentar o fomentar el desarrollo cultural, planteando que la cultura es un instrumento de ajuste, un sistema de adaptación generado por sociedades bajo condiciones ambientales, espaciales, temporales e históricas particulares.

Al respecto, el Río Loa es el activo ambiental fundamental del desarrollo cultural de la Región de Antofagasta, ya que bajo su albergue se ha desarrollado prácticamente toda la historia de las culturas presentes en la zona, en especial la del pueblo Atacameño.

Folio006060

En este sentido, cabe destacar que las etnias locales -las que mantienen una presencia importante- observan una relación con el agua de índole ancestral, ya que han hecho uso de ella desde tiempos inmemoriales, en especial para el riego de sus cultivos, vinculando estas prácticas con el desarrollo de su cultura y, en convergencia con los elementos de la naturaleza de su entorno. En esta visión, sus manejos, han buscado proteger el recurso con una visión sustentable, lo que es coherente con la protección del ecosistema en dónde desarrollan sus vidas.

5.2.5.2 Selección de servicios

En la sección 5.1.5 del presente informe, se realizó una selección experta de los Servicios Ecosistémicos culturales propuestos por CICES (CICES 5.1, 2018) considerados relevantes en el caso del Río Loa, los cuales se presentan en la siguiente Tabla 5.10. Se consideró que todas las partidas propuestas constituyen objeto de valoración en este caso.

Tabla 5.10. Consolidación de Servicios Culturales proporcionados por la cuenca del Río Loa.

		Code	Clase CICES v 5.1	Ríos y Esteros
81	Cultural (Abiótico)	6.1.1.1	Características naturales, abióticas de la naturaleza que permiten interacciones físicas y experienciales activas o pasivas.	
82		6.1.2.1	Características naturales, abióticas de la naturaleza que permiten interacciones intelectuales.	
83		6.2.1.1	Características naturales, abióticas de la naturaleza que permiten interacciones espirituales, simbólicas y otras.	
84		6.2.2.1	Características naturales, abióticas o características de la naturaleza que tienen un valor de existencia o legado	

Fuente: Elaborado por el autor en base a CICES (CICES 5.1, 2018)

En este caso, atendiendo a lo antes indicado, se considera que todas las partidas propuestas constituyen objeto de valoración cuando se trata de abordar la valoración de los servicios culturales del Río Loa.

5.2.5.3 Método de valoración

Al respecto Small et al (2017) exponen críticamente que la valoración económica de servicios culturales ha progresado muy lentamente respecto de sus pares relativas a aprovisionamiento y regulación, no existiendo dentro del estado del arte una metodología que pueda con eficacia representar cuantitativamente lo que estos autores denominan “services that have no material benefits” (N.SMALL, M.MUNDAY, & DURANCE, 2017).

Sin embargo, la observación directa de la realidad del Río Loa permite determinar que los Servicios culturales pueden ser valorados utilizando el Método del Costo de Viaje (Freeman, 1993) o un símil de tal método. En concordancia de lo que proponen múltiples

Folio006061

autores respecto a este tipo de servicio, la adopción rigurosa de este método requiere del desarrollo de un modelo econométrico basado en una regresión entre el número de viajes desarrollados anualmente por visitantes versus el costo que cada uno de ellos asume para visitar la zona de interés y su nivel de ingresos. En este caso, la información disponible impide un desarrollo de esta naturaleza, por tanto, se puede buscar una aproximación, simplificando sus elementos a estimaciones de costo de viaje ponderadas por el volumen de viajantes a la zona de influencia del Río.

5.2.5.3.1 Estimación de valor

En lo que se refiere al objeto de este ejercicio, se percibe que la zona vinculada a la cuenca del Río, en particular la denominada Alto Loa, recibe un número importante de visitas del orden de 180.000 por año (INSUS, ingeniería Sustentable, 2018), los cuales en su mayoría pernoctan en Calama y en San Pedro de Atacama, desarrollando giras a sectores de interés arqueológico y cultural. Ahora bien, el Río en sí mismo no constituye objeto de interés principal, aun cuando su existencia implícitamente constituye la génesis de la existencia de gran parte de dichos sitios.

El ejercicio de valoración puede desarrollarse, por tanto, suponiendo que una fracción marginal del costo total de viajes y visitas que anualmente se desarrollan en la Región, corresponde al valor económico que se puede otorgar a los Servicios Ecosistémicos Culturales del Río.

Siendo casi imposible contar con un registro anualizado de los gastos que cada visitante a la zona efectúa, cruzado con su origen y su nivel de ingresos, se plantea la siguiente aproximación instrumental al Método del Costo de Viaje (Freeman, 1993). El Servicio Nacional de Turismo cuenta con registros relativos al valor promedio del gasto efectuado por visitante a la Región. Dicho valor puede ser ponderado por el número total de visitantes (turistas) lo cual permite estimar un monto global de ingresos regionales por este concepto, el cual es de: 73,89 millones de dólares. Los parámetros para estimar dicho valor, corresponde a:

- Número de visitantes anuales Calama: 148.200, Anuario de Turismo, 2017 (SERNATUR, MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y TURISMO, 2019).
- Gasto promedio total por turista: 222,5 dólares (PPT-Plan-Nacional-3-de-Mayo-2019-1.pdf). (INE, Ministerio de Economía y Hacienda, 2019)

Respecto de dicha cifra se aplicó un porcentaje relativo al destino de los viajes turísticos; se consideró que el 5,0 % estaba relacionado con Visitas de Paisajes y/o Atractivos Naturales. Por tanto, es posible estimar el orden de magnitud de los ingresos turísticos relacionados con lugares naturales en 1,65 millones de dólares por año, lo que constituye una aproximación al valor de los Servicios Culturales asociados al Río Loa y sus zonas de influencia, tomando como base la información disponible en las estadísticas sectoriales, y

Folio006062

la recomendación de la SEREMIA de Medio Ambiente de la Región, al respecto. Al perpetuar la cifra promedio estimada, se alcanza un monto medio de 27,48 millones de dólares. Para efectos de resguardar la confiabilidad de tal estimación, se aplica un rango de fluctuación, considerándose un intervalo de +/- 10% respecto de los montos medios registrados.

5.2.6 Síntesis general

La integración de los resultados de los ejercicios de valoración ya expuestos pueden ser sintetizados esquemáticamente tal como se presenta en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11. Síntesis de resultados de valorización de Servicios Ecosistémicos del Río Loa.

Servicio Ecosistémico	Valores en Millones de Dólares			
	Valor anual	Rango	Valor Perpetuo	Rango
Aprovisionamiento	561	353 – 725	9.341	5.883 - 12.083
Mantención y Regulación	49	3 - 95	815	53 - 1.583
Cultura	1,65	1,48 – 1,81	27,48	24,73 – 30,22
Total	**611,65**	**357,48 – 821,81**	**10.193**	**5.961 – 13.696**

Derivado de este ordenamiento, es posible señalar que el valor global anual de Servicios Ecosistémicos del río Loa alcanza a US$ 611,65 millones, en tanto, su valor perpetuo converge a un valor de US$ 10.194 millones. Ambos valores se instalan en los siguientes rangos probables de 357,48 a 821,81 millones dólares y de 5.961 a 13696 millones de dólares.

Estudios similares realizados en sistemas lóticos cercanos ofrecen resultados que no son concluyentes respecto del valor de los servicios ambientales de los diferentes ríos estudiados. Por ejemplo, Geldes (2003) al estudiar la Valoración Económica de los Servicios Ambientales del Agua en la Cuenca del Río Limarí, IV Región de Chile, concluye:

- La valoración de los servicios ambientales del agua no está ajena a controversia, ya que estos son dinámicos y no se conoce con certeza toda su extensión, especialmente en la Cuenca del río Limarí.

- La disponibilidad para pagar por los servicios ambientales del agua en la Cuenca del río Limarí estimada a Enero del 2002, por medio de valoración contingente, es de $3.166, para un tamaño de muestra de 102 jefes hogares.

Folio006063

Los valores obtenidos en el estudio de Geldes (2003) no convergen a un valor global de los servicios ecosistémicos del río Limarí. Estas conclusiones no permiten una comparación con los resultados de este respecto a este estudio, no son un referente.

En el caso del estudio de Huenchuleo & Alejandro de Kartzow (2018) titulado: "Valoración económica de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Aconcagua, Chile" se plantea que:

Las preferencias de las comunidades rurales por mejoras en los servicios ecosistémicos de las cuencas hidrográficas, así como los factores que determinan la valoración de estos servicios no han sido lo suficientemente estudiados en los países en desarrollo.

En el mismo estudio en el capítulo de resultados se señala:

"En función de las estimaciones de la Disposición a Pagar (DAP) marginal, se puede señalar que los atributos de mayor importancia para los agricultores fueron la mejora en la disponibilidad de agua para riego (USD 3.93/mes/hogar), seguido de un mejoramiento de la protección de la calidad del agua (USD 3.24/mes/hogar). Menor importancia se asignó a una mejora en la capacidad de almacenaje de agua a través de embalses (USD 1.47/mes/hogar) y la condición de la flora y fauna del río (USD 1.42/mes/hogar). En este sentido, la DAP total por mejoras en la provisión de SE relacionados con la cuenca del río Aconcagua fluctuó entre USD 10.06/mes y USD 20.12/ mes por hogar. Considerando el tamaño de la muestra estudiada (n = 105), la DAP total de los hogares encuestados está entre USD 1 056 y USD 2 112. Finalmente, si se toma el número total de explotaciones agrícolas en la cuenca del río Aconcagua (n = 6 422), la DAP total alcanza valores entre USD 64 250 y USD 128 500."

Las cifras a las que alcanzan estos autores claramente subestiman lo que corresponde a la provisión de servicios ecosistémicos del caudal total del Río Aconcagua, mostrando ordenes de magnitud entre USD$ 64.250 y USD$ 128.500 por mes lo cual al anualizarlo corresponde a USD$ 700.071 y USD$ 1.542.000, estos valores no son comparables con este estudio ya que representan una imagen parcial, a diferencia de lo realizado en la valoración presentada. No cabe duda de que el uso activo de los servicios ecosistémicos del Río Aconcagua, atendiendo a su caudal, población y actividades económicas que se desarrollan en su entorno es muy superior al observado en la cuenca del río Loa.

Las conclusiones de los dos estudios referidos demuestran una clara divergencia con los resultados de este estudio y permiten observar además que las metodologías tradicionales de valoración son ineficaces para arribar a resultados realistas, respecto del valor total de los servicios ecosistémicos provistos por las cuencas o áreas totales de influencia del cauce de estos.

Folio006064

Con respecto a las cifras empleadas en el estudio y las referencias internacionales estas se encuentran contenidas en el acápite “5.2.4.2.1 Estimación de Valor“. En dichas referencias se advierte que los autores presentan sus resultados en rangos de amplia varianza lo que indica la complejidad de la valoración de los servicios ambientales en sistemas lóticos. Los autores citados son De Groot & otros (2014), los que hacen referencia integral, actualizada y global a otras valuaciones de Servicios ambientales en ecosistemas fluviales: (Robert & De Groot R, 1997), (Costanza & Rudolf De Groot, 2014), (Russell A. & Tracy A. Farrell, 2019).

5.2.7 Conclusiones

- En este Informe, se adopta una postura pragmática más que teórica respecto de la valoración de los servicios ecosistémicos del Río Loa, atendiendo a la naturaleza del sistema complejo que representa este particular ecosistema fluvial.

- Se consideró la valoración de tres tipos de Servicios: Aprovisionamiento, de Regulación y Mantención y Culturales; respecto de los cuales se consolida su portafolio, proveniente de la clasificación CICES 5.1, en partidas de servicios consideradas representativas y relevantes según juicio experto.

- Considerando como base la recopilación de información proveniente de múltiples trabajos relativos al estado hídrico del Río Loa -en términos de su uso y la presión que ejercen diversas actividades y sectores sobre el agua de la cuenca- se ponderó sus niveles de consumo con los valores del agua sometida a procesos de desalación -como recurso sustituto más probable- valorando los Servicios Ecosistémicos de Aprovisionamiento, según el costo de reemplazo del recurso hídrico utilizado para su atención. A partir de este cálculo, se obtiene una Valor Medio anual de 560,4 millones de dólares, el que se ubica en un rango entre 353 millones de dólares y 725 millones de dólares. En términos de Valor Perpetuo, presenta un rango entre 5.883 a 12.083 millones de dólares, con una Valor Medio de 9.340 millones de dólares.

- En lo referente a los Servicios de Regulación y Mantención, se reconoce que la intangibilidad de sus diversas partidas impide una valorización directa o indirecta sobre la base de valores de Stock Ambiental y Precios Locales, por tanto, se recurre a una estimación basada en valores estándares para ecosistemas fluviales, derivados de estudios globales. Se estima, en este contexto, que el Valor Medio de esta partida converge a 49,1 millones de dólares por año, lo que llevado a Valor Perpetuo corresponde a 818,4 millones de dólares. En términos de rango el valor anual se estima entre 3,2 a 95,0 millones de dólares, y en términos de Valor Perpetuo se sitúa entre 53,3 a 1.583,1 millones de dólares.

- En el caso de los Servicios Culturales se simplifica la metodología del costo de viaje y se atribuye una ponderación, basada en información estadística nacional, al valor

Folio006065

global de los viajes realizados a los sitios de interés cultural y recreativo de la Región, que se vinculan con el espacio de influencia del Río Loa. El valor de los Servicios Culturales asociados al Río Loa y sus zonas de influencia se estima en 1,65 millones de dólares por año, y su Valor Perpetuo corresponde a un valor medio de 27,48 millones de dólares, considerándose un intervalo de +/- 10% respecto a estos montos.

- Los resultados obtenidos se sistematizan, permitiendo determinar un Valor Medio y un rango probable, respecto de la cuantía económica anual actual y perpetua de los Servicios Ecosistémicos del Río Loa. A partir de estos cálculos, es posible señalar que el Valor Global Anual de Servicios Ecosistémicos del río Loa alcanza a 611,65 millones de dólares, en tanto, su Valor Perpetuo converge a un valor de 10.194 millones de dólares. Ambos valores se instalan en los rangos probables: 357,48 a 821,81 millones de dólares y 5.960 a 13.696 millones de dólares.

5.3 Evaluación macroeconómica

5.3.1 Valor económico del caudal ambiental

El valor medio de los servicios ambientales (US$ 4,04 por m3) se estimó como el cociente entre el Valor Anual Medio estimado de los servicios ecosistémicos del Río Loa, correspondientes a USD$ 611,65 millones y la oferta hídrica del río correspondiente a 4,8 m^3/s (Arrau, 2012)[9] en su equivalente anual (151.372.800 m^3 por año).

La oferta natural anual calculada en este estudio equivale a 175,6 millones de metros cúbicos, lo que representa el 116% del caudal hídrico obtenido por Arrau (2012). El valor de 175,6 millones de m^3 corresponde al valor del volumen anual considerando un flujo natural medio en la desembocadura (considerando toda la cuenca como aportante), dentro de un rango cuyo valor central probable es de 5,39 m^3/s, siendo su valor extremo máximo 5,57 m^3/s (+3%; margen de error estadístico). Considerando esta oferta hídrica, el valor económico del Caudal Ambiental anual puede ser estimado en 709,77 millones de dólares, en coherencia con el Valor Medio de los servicios ambientales del Río (US$ 4,04 por m^3), detallado en el párrafo anterior; en este valor se incluye los servicios de aprovisionamiento, de mantención o regulación y culturales.

En consecuencia, se advierte que el caudal ambiental estimado supera al caudal actual por tanto existe un diferencial hídrico negativo en el Río, lo que implica un menor valor global de los servicios ambientales que el río Loa idealmente debería proporcionar.

[9] Arrau, 2012: Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta

Folio006066

En este contexto se deben desarrollar acciones que permitan reducir parte o la totalidad del déficit calculado; esto significaría liberar al Río de la presión de demanda actual relevante en la Región, ejercida por la actividad minera, agrícola y el uso-consumo humano de agua potable.

Este conjunto de acciones restituiría parte del Capital Social de Servicios con que el Río contribuye a la sociedad regional y nacional, debiendo la sociedad invertir recursos económicos en ello.

Para sustentar racionalmente la implementación de tal marco de acción, conviene evaluar sus respectivos flujos económicos de beneficios y costos sociales.

5.3.1.1 Marco de supuestos

Atendiendo a la complejidad de esta evaluación, es necesario plantear un escenario base delimitado por un marco de supuestos que permitan representar la *restitución parcial* del valor de los servicios ecosistémicos del Río, en términos de flujos de ingresos sociales, así como de inversiones y costos sociales, en un horizonte de largo plazo. Atendiendo a los antecedentes recabados se ha llegado a la convicción que una restitución total del caudal ambiental implicaría inversiones y cambios normativos, que dados sus montos y tiempos se observan como inviables.

En este sentido, al considerar el origen principal de la demanda hídrica del río Loa, se plantean tres dimensiones esenciales de acción, en términos de liberación parcial del uso del caudal del Río:

1° Reducción de la presión de demanda hídrica por parte de la actividad agrícola que se desarrolla en torno al río Loa, sobre la base de inversiones intraprediales en sistemas de riego tecnificado, para mejorar la eficiencia de riego de la situación actual la cual es deficiente. No se considera las inversiones extraprediales dada la complejidad de su cálculo.

2° Disminución de la presión de demanda hídrica de la actividad minera que se desarrolla en la cuenca del río Loa, sobre la base de uso de agua desalada para sus procesos.

3° Ajuste de la presión de demanda hídrica del caudal del Río, por efecto de consumo humano de agua potable, sobre la base de inversiones en desalación de agua de mar.

De acuerdo con el estudio de Arrau (2012), la minería, consumo humano y agricultura, demandan respectivamente un 57,5%, 22,7% y un 10,62% de la oferta hídrica actual del Río. De tal manera, para efectos de esta estimación, se supone que el caudal ambiental calculado se ve afectado en las mismas proporciones; con lo cual se plantea referencialmente que la actividad minera presionaría por el uso de 101 millones de

Folio006067

m^3/año, el consumo humano por 39,9 millones de m^3/año y la agricultura demandaría 18,6 millones de m^3/año.

En este sentido, en un escenario base promedio, para efectos de estimar un flujo de ingresos sociales por concepto de liberación parcial del caudal ambiental del río, se estima que, a través de las acciones esenciales indicadas, se podría reducir en términos de valores medios, en un 30% el uso agrícola, en un 27,5% el uso minero y en un 25% del uso-consumo humano. Respectivamente, esto representaría la restitución a la sociedad de los beneficios brindados por los servicios ecosistémicos del Río, debido al no uso de los siguientes caudales hídricos 5,6; 27,7 y 9,9 millones de m^3/año, en total 43,34 millones de m^3 por año. Esto representaría un ingreso social anual total de US$ 175,15 millones por año.

El costo social de esta restitución de caudal ambiental proviene de la valorización del marco de acción planteado:

1. En el caso de la agricultura, se plantea la tecnificación del riego a nivel intrapredial, implementando sistemas de riego tecnificados -Goteo, Aspersión o Microaspersión- en una superficie agrícola de 3500 ha, con una inversión por ha del orden de US$ 2.600.-. Se estima que la consecuente mejora de eficiencia derivada de esta medida permitiría el no uso ya indicado del 30% del caudal ambiental calculado. Esta inversión, representaría un valor global del orden de US$ 9,1 millones, a ser desembolsados una sola vez, al inicio de la ejecución del marco de acción. En este caso no se plantea un flujo asociado de costos anuales, debido a su diversidad y no considerarse significativos para esta evaluación. En tanto, respecto de los ingresos sociales por este concepto se indexan a una tasa perpetua regular de crecimiento del 2% anual.
2. En el caso de la minería, se plantea la sustitución de un 27,5% del uso del caudal ambiental, por medio de la utilización de agua desalada. En un escenario medio base se estima un nivel de inversiones por un valor de US$ 76,1 millones, asociado a un flujo de costos anuales de US$ 125 millones/año, previendo un precio de US$ 4,5 por m^3. En este caso se plantea como supuesto un crecimiento anual del 2% anual en el flujo neto (ingresos menos costos anuales).
3. En el caso del uso-consumo de agua potable por parte de la población regional, se plantea la sustitución de un 25% del uso del caudal ambiental, por medio de la utilización de agua desalada. En un escenario medio base se estima un nivel de inversiones por un valor de US$ 27,3 millones, asociado a un flujo de costos anuales de US$ 32,9 millones por año, presumiendo un precio por m^3 de agua desalada puesta en centros urbanos de US$ 3,3/m^3. Se plantea como supuesto un crecimiento anual del 2% en el flujo de ingresos menos costos anuales.

Para efectos de obtener el VAN social en este escenario base, se plantea su cálculo como VAN perpetuo, utilizando una tasa social de descuento del 6% (Ministerio de Desarrollo Social, 2019).

Folio006068

La aplicación de los supuestos planteados permite obtener el marco de resultados que se presenta en la Tabla 5.12.

Tabla 5.12. Evaluación beneficio costo de la implementación de plan de acción para la restitución parcial del caudal ambiental estimado del río Loa, Escenario base. Cifras en US$ de mayo de 2020.

Área de Actividad	Inversión	Costo anual	Ingreso anual	Flujo anual	$VAN_{6\%}$
Agricultura	9.100.000	0	22.623.882	22.623.882	556.497.056
Minería	76.097.340	124.989.881	112.232.200	(12.757.681)[1]	(395.039.362)
Consumo humano de agua potable	27.320.850	32.907.964	40.294.169	7.386.206	157.334.288
Totales	112.518.190	157.897.845	175.150.252	17.252.407	318.791.981

Nota. Valores negativos se expresan entre paréntesis.

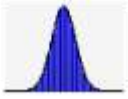
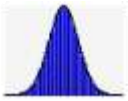
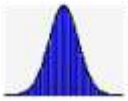
Los resultados del escenario base de esta evaluación, muestran la viabilidad del marco de acción propuesto, estimándose la relación Beneficio/Costo en 1,078. Esta situación viable también se verifica también en los casos de las intervenciones en la agricultura y el consumo humano de agua potable, no así en el caso de la minería; esto último determinado por el alto costo de traslado del agua desalada desde el mar a las plantas mineras, así como por el monto de inversión que se requiere para su producción.

5.3.1.2 Análisis de sensibilidad

Atendiendo a la variabilidad implícita en las estimaciones técnicas del caudal ambiental y en el valor económico de los servicios ecosistémicos, se hace necesario sensibilizar los parámetros definitorios del Escenario Base ya presentado. Para este efecto, se considera un ejercicio de Simulación de Monte Carlo, utilizando como variables, distribuciones y parámetros de entrada los indicados en la siguiente tabla:

Folio006069

Tabla 5.13. Variables de sensibilización, distribuciones y parámetros por área de actividad.

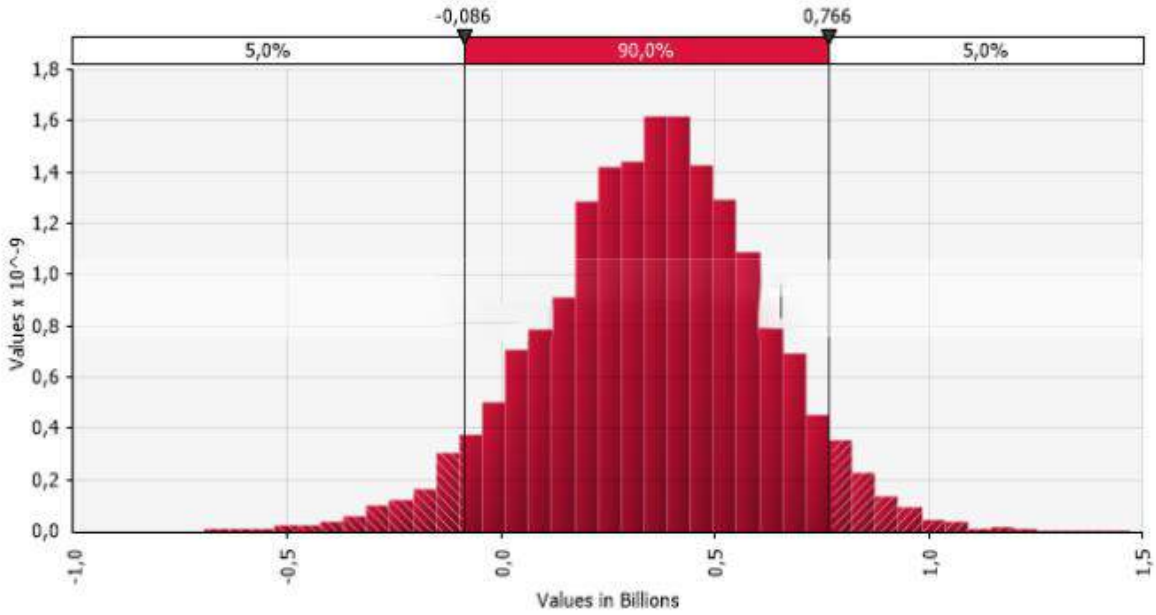
Área de actividad	Variable de sensibilización	Gráfico distribución	Función de Distribución y Parámetros
Agricultura	Superficie (ha) /año		Triangular con VM de 3150; VE 3500 y VMX 3850 hectáreas.
	Inversión (US$/ha)		Triangular con VM de 2300; VE de 2600 y VMX de3300 Dólares.
	Mejora de eficiencia (%)		Triangular con VM de 25%; VE de 30% y VMX de 35%.
	Tasa de crecimiento (%)		Triangular con VM de 0%; VE de 2% y VMX de 3%
Minería	Precio agua desalada Dólares / m^3		Normal VM de 4,5 y Desviación Estándar de 0,3 Dólares.
	Impacto porcentual (%)		Uniforme con VM de 20% y VMX de35%.
	Tasa de crecimiento anual (%)		Normal VM de 2,0 % y Desviación Estándar de 0,2%
Uso/consumo humano Agua potable	Precio agua desalada Dólares/ m^3		Triangular con VM de 2,0; VE de 3,3 y VMX de 3,8 Dólares.
	Impacto porcentual (%)		Uniforme con VM de 20% y VMX de30%.
	Tasa de crecimiento (%)		Normal VM de 2,0 % y Desviación Estándar de 0,2%

Nota: **1.- Valor Mínimo (VM), 2.- Valor Esperado (VE), 3.- Valor Máximo (VMX)**

Los antecedentes indicados se procesan utilizando el complemento @RISK de EXCEL, software de simulación, obteniéndose resultados referentes a la variable de salida correspondiente al $VAN_{6\%}$, tras 10.000 iteraciones.

Se presenta, en los siguientes gráficos, dos outputs @RISK seleccionados, correspondientes al VAN descontado al 6%.

Folio006070



Variable de salida	Media	Desviación Estándar	5%	95%
$VAN_{6\%}$ Dólares	351.871.676	258.655.444	(85.525.484)	765.756.213

Figura 5.10. Distribución de sensibilización del $VAN_{6\%}$.

Respecto del $VAN_{6\%}$ el resultado de la simulación que se muestra en el Gráfico 1, revela que, tras 10.000 iteraciones, su monto converge a un valor central de US$ 351,8 millones, con una desviación estándar de US$ 258,6 millones. El 90% de los valores de este output se encuentran en el rango entre un $VAN_{6\%}$ negativo de US$85,5 millones y un $VAN_{6\%}$ positivo de 765,75. Lo registrado demuestra una alta probabilidad de Viabilidad Económica del marco de acción destinado a restituir parcialmente el caudal ambiental del río Loa.

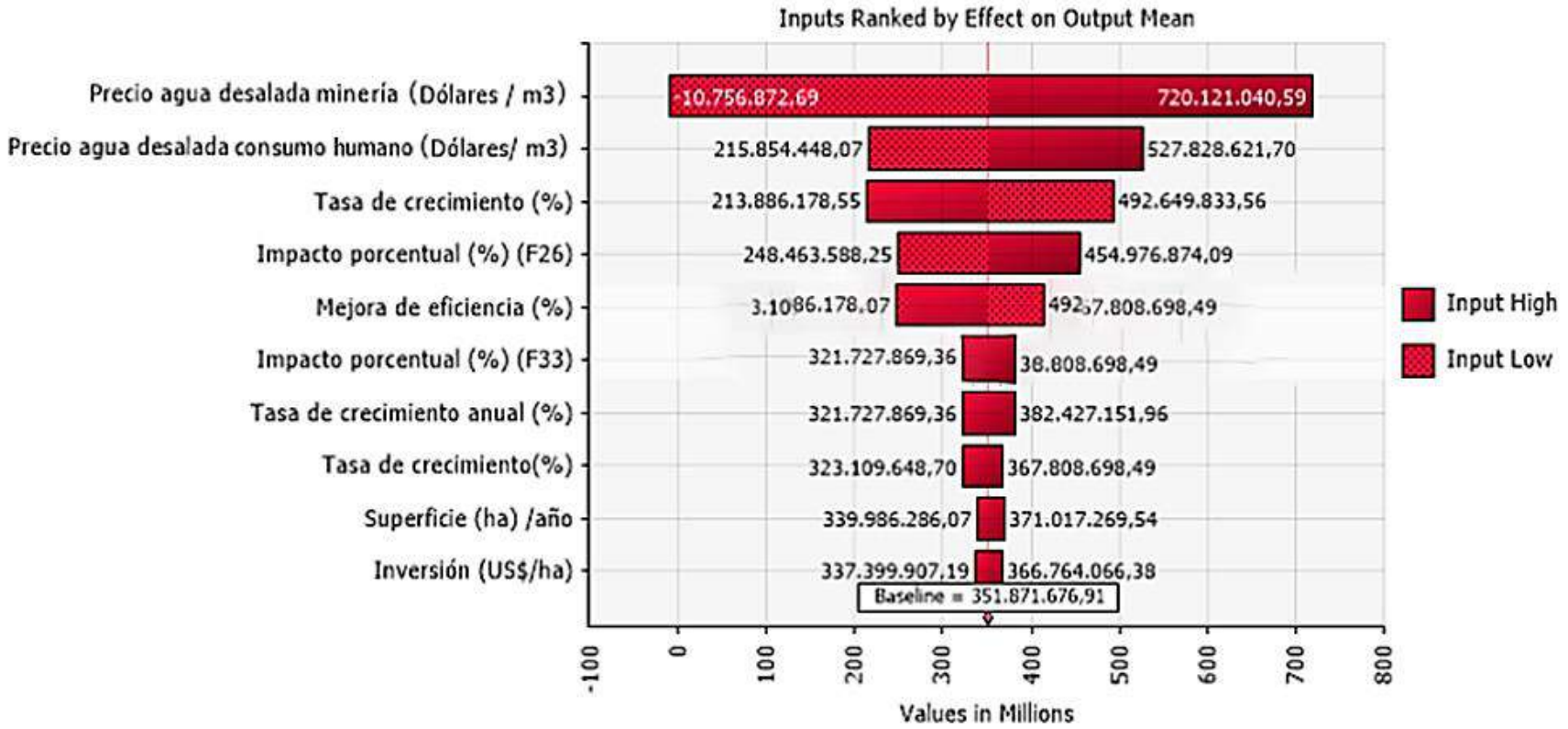


Figura 5.11. Gráfico de impacto de variables de sensibilización sobre el $VAN_{6\%}$

Folio006072

Nota respecto al Ranking de influencia de Variables de sensiblización en el VAN de la Figura 5.11:

1. Precio agua desalada mineria.
2. Precio agua desalada consumo humano.
3. Tasa de crecimiento del sector minero.
4. Impacto porcentual sobre el caudal ambiental del sector minero.
5. Mejora de eficiencia del agua de riego en la agricultura.
6. Impacto porcentual del agua consumo humano.
7. Tasa de crecimiento anual del agua consumo humano.
8. Tasa de crecimiento del sector nagrícola
9. Superficie de la agricultura, Cuenca del Rrío Loa.
10. Inversión del sector agrícola

El gráfico de impacto, por su parte, indica que las variables mas determinantes del patrón de distribución del $VAN_{6\%}$ en su sensibilización, corresponden a los precios del agua desalada para uso minero y como agua potable, siendo también altamente influyentes la tasa de crecimiento anual para el sector minero, el impacto porcentual de restitución del caudal ambiental, por parte del sector minero, así como la mejora en la eficiencia hídrica del uso agrícola.

5.3.1.3 Sugerencias

A partir de los resultados de esta evaluación se plantean las siguientes sugerencias para una valorización más detallada de las inversiones y costos asociadas a las acciones planteadas:

- Realización de estudios in situ de evaluación de inversiones en sistemas de regadío intrapredial en la Cuenca del Río Loa.
- Estudio normativo legal respecto del uso de agua naturales por parte de las mineras, sustituyéndolas por agua desalada.
- Creación de instrumentos e instituciones para una regulación activa de las operaciones de extracción de agua en el Rio.
- Estudio de optimización de costos de producción y transporte de agua desalada, en la Región.

Folio006073

5.3.1.4 Conclusiones

Los resultados alcanzados originan las siguientes conclusiones:

1. El Caudal Ambiental Anual calculado en este estudio equivale a 175,6 millones de metros cúbicos, lo que representa el 116% del caudal hídrico del Río; el valor económico de este Caudal Ambiental anual puede ser estimado en 709,7 millones de dólares.
2. Existe un déficit de agua en el Río, lo que redunda en un menor valor económico de los servicios ambientales respecto a una situación ideal.
3. Se debe desarrollar acciones que permitan reducir parte o la totalidad del déficit calculado.
4. Se plantea la reducción de la presión de demanda hídrica por parte de la actividad agrícola que se desarrolla en torno al río Loa, sobre la base de inversiones intraprediales en sistemas de riego.
5. Se plantea la disminución de la presión de demanda hídrica de la actividad minera que se desarrolla en la cuenca del río Loa, sobre la base de uso de agua desalada.
6. Se plantea ajuste de la presión de demanda hídrica del caudal del Río, por efecto de consumo humano de agua potable.
7. Un escenario base que considera la restitución parcial a la sociedad de los beneficios brindados por los servicios ecosistémicos del Río, debido al no uso del agua por parte de la agricultura, la minería y consumo humano en relación con los siguientes caudales hídricos: 5,6; 27,7 y 9,9 millones de m3/año representaría un ingreso social anual total de US$ 175,15 millones por año.
8. La evaluación del marco de acción en el escenario base demuestra su viabilidad, estimándose la relación Beneficio/Costo en 1,078, correspondiente a un $VAN_{6\%}$ positivo de 315 millones de dólares
9. La evaluación económica sensibilizada, revela que el $VAN_{6\%}$ converge a un valor central de US$351,8 millones, con una desviación estándar de US$ 258,6 millones.
10. Las variables críticas del patrón de distribución del $VAN_{6\%}$ en su sensibilización, son los precios del agua desalada para uso minero y como agua potable, la tasa de crecimiento anual para el sector minero, el impacto porcentual de restitución del caudal ambiental, por parte del sector minero, así como la mejora en la eficiencia hídrica del uso agrícola.

Folio006074

5.3.2 Estimacion de efectos macroeconómicos de la recuperación parcial del caudal ambiental del río Loa.

El monto de costos e inversiones sociales que estima la evaluación Costo Beneficio de las acciones destinadas a la reposición parcial del caudal del Río Loa converge a un valor equivalente anual de largo plazo de US$ 240 millones. El sacrificio económico de este volumen de recursos deriva en un potencial impacto en los equilibrios macroeconómicos de la Región, el cual se estudia en este apartado, presumiendo su expresión en términos de un mayor Gasto público a ser transferido a la sociedad, para efectos del rescate parcial del caudal ambiental del Río y de sus servicios ecosistémicos asociados.

5.3.2.1 Marco teórico: modelo macroeconómico de Mundell-Fleming, con tipo de cambio flexible.

El Modelo de Mundell–Fleming, permite describir adecuadamente a la economía chilena, por cuanto en una de sus variantes, se refiere a una economía pequeña, con tipo de cambio flexible y perfecta movilidad de los flujos de capitales, esto implica que cualquier desequilibrio o shock que impacten en la economía genera un tipo de ajuste (automático o inducido) que se logra cuando la tasa de interés nacional es igual a la tasa de interés internacional (relevante para los inversionistas)

Por otra parte, se concibe que en el modelo de formación de precios, la oferta agregada corresponde a una de corto plazo, en la cual existe margen para la expansión de la actividad económica, por cuanto no se ha alcanzado una situación de pleno empleo de la fuerza de trabajo o población económicamente activa. En consecuencia, todo desplazamiento de la demanda agregada (expansión o contracción) tendrá efectos sobre la actividad económica y sobre el nivel General de Precios (P).

El modelo se ilustra en la siguiente figura:

Folio006075

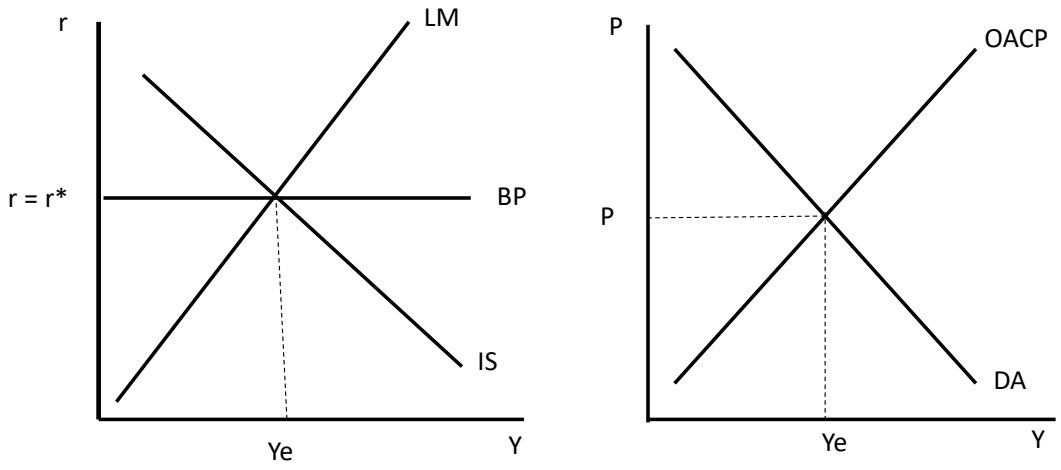


Figura 5.12. Modelo Mundell-Fleming con tipo de cambio flexible y perfecta movilidad de capitales.

Donde r, corresponde a la tasa de interés, nacional; r* a la tasa de interés internacional; Y, al PIB de la Economía; la curva LM, al equilibrio en el mercado monetario; la Curva IS, al equilibrio en el mercado de los bienes y servicios; P, al nivel general de precios de la economía; la curva OACP, corresponde a la Oferta Agregada de la economía para el corto plazo; y la curva de DA, de demanda agregada.

La Política fiscal expansiva se ilustra como un desplazamiento hacia la derecha de la curva IS y de la Demanda Agregada. En este caso, y como tendencia probable, se identifican un incremento en la actividad económica; un incremento en la tasa de interés; una ciada en el Tipo de Cambio y un incremento en el nivel de General de Precios.

5.3.2.2 Efectos multiplicadores del gasto público: visión general a nivel país

Teniendo como referencia el marco teórico elegido y adecuado para representar a la economía chilena, se identifican los siguientes multiplicadores cuya estimación se realizó considerando, datos preexistentes en estudios especializados o sobre la base de estimaciones con modelos econométricos *ad-hoc.*

a) Efecto del incremento en el Gasto Público sobre el PIB

Se estimaron dos modelos econométricos sobre la base de datos históricos de la economía chilena, considerando el periodo 1900 a 2017, cuyos resultados son:

Modelo 1. Efecto multiplicador del Gasto Público en valor absoluto

Los coeficientes del modelo son distintos de cero al 1 % de significancia y con un coeficiente de determinación ajustado de 81,3%.

Folio006076

Variable dependiente: PIB

Metodo de Mínimos Cuadrados

Date: 05/04/20 Time: 10:19

Muestra: 1900 2017

Included observations: 118

Variable	Coeficiente t	Error estandar	Estadístico t	Prob.
Constante	5.53E+17	1.05E+17	5.264401	0.0000
Gasto Público	3.164909	0.139786	22.64104	0.0000

R cuadrado	0.815468	Mean dependent var	1.82E+18
R- cuadrado ajustado	0.813877	S.D. dependent var	2.24E+18
S.E. of regression	9.65E+17	Akaike info criterion	85.67670
Sum squared resid	1.08E+38	Schwarz criterion	85.72366
Log likelihood	-5052.925	F-statistic	512.6168
Durbin-Watson stat	1.581657	Prob(F-statistic)	0.000000

Donde

R cuadrado = Coeficiente de determinación. Indica en el porcentaje en el cual el conjunto de variables independientes explica la variabilidad de la variable independiente.

R cuadrado ajustado = Coeficiente de determinación ajustado por la calidad de las variables independientes del modelo.

SE of regression= Desviación estándar de la Regresión.

Sum squared resid= Suma de los cuadrados de los errores

Log likelihood = Logaritmo de la función máximo verosímil, funcional a este método de estimación

Durbin –Watson= Estadístico para evaluar la presencia de autocorrelación en los errores del modelo.

Mean dependent var= Promedio de la variable dependiente

SD dependent var = Desviación estándar de la variable dependiente

Akaike info criterion= Indicador de bondad de ajuste cuando se emplea el método de estimación Máximo verosímil.

Schwarz criterion = Indicador de bondad de ajuste cuando se emplea el método de estimación máximo verosímil

Folio006077

F- Staistics = Estadístico F, para testear la hipótesis nula que todos los coeficientes del modelo son iguales a cero.

Prob (F statistics) = Probabilidad de cometer el error tipo I, al rechazar la hipótesis nula de que todos los coeficientes del modelo son iguales a cero.

Modelo 2. Elasticidad PIB respecto a la variación de 1% en el Gasto Público (Modelo doble log)

Dependent Variable: Log PIB
Method: Least Squares
Date: 05/04/20 Time: 10:17
Sample: 1900 2017
Included observations: 118

Variable	Coeficiente	Error estandar	Estadístico t	Prob.
C	16.54633	1.532787	10.79493	0.0000
Log Gasto Público	0.629715	0.038976	16.15642	0.0000

R-squared	0.692332	Mean dependent var	41.28605
Adjusted R-squared	0.689680	S.D. dependent var	1.333072
S.E. of regression	0.742606	Akaike info criterion	2.259502
Sum squared resid	63.96983	Schwarz criterion	2.306463
Log likelihood	-131.3106	F-statistic	261.0299
Durbin-Watson stat	1.933707	Prob(F-statistic)	0.000000

Los coeficientes son distintos de cero, al 1% de significancia y el coeficiente de determinación es de 68,9%.

La estimación de estos multiplicadores se realizó en Eviews 10.0, sobre la base de información del Banco Central y del texto La República en Cifras Chile 1810 – 2010, de Díaz, Lüders, y Wagner, Ediciones PUC.

b) Efecto del cambio en el PIB sobre la tasa de interés nacional

Dado que se ha tomado como referencia el modelo para una economía abierta con perfecta movilidad de capitales, la economía debiera presentar una tasa de interés alineada con la tasa de interés internacional.

Folio006078

c) Efecto del incremento en el Gasto Público sobre el tipo de cambio nominal

Se considera que la eventual entrada de divisas al país por efecto de la mayor tasa de interés nacional respecto a la internacional será absorbida por el Banco Central, mediante operaciones de compraventa de divisas, tal de cerrar la brecha de tasas. En este caso debiera corresponder a una política monetaria expansiva.

d) Efecto del incremento en el Gasto Público sobre el Nivel General de Precios

Dependiendo de la composición del Gasto Público, el que puede orientarse a consumo o inversión, habrá efectos sobre el nivel General de Precios. Si el Gasto tiende a incrementar la demanda agregada, puede generar una presión inflacionaria, en tanto que si se orienta a inversión en capital físico y humano, tiende a expandir la oferta agregada y no genera presión inflacionaria.

5.3.2.3 Efectos multiplicadores del gasto público a nivel regional

Para proyectar los efectos del Gasto Publico estimado, cuyo objetivo es la recuperación parcial de las capacidades agroecológicas y ambientales del Rio Loa, se procedió a ponderar, los efectos multiplicados estimados a nivel nacional, por la importancia relativa de la economía Regional en el total nacional.

El monto de costos e inversiones sociales que estima la evaluación Costo Beneficio de las acciones destinadas a la reposición parcial del caudal del Río Loa converge a un valor equivalente anual de largo plazo de US$ 240 millones. Este monto corresponde al valor anualizado perpetuo de la sumatoria de las inversiones y costos anuales para la reposición parcial del caudal ambiental estimado en el escenario base, se utilizó una tasa de descuento del 6%. Los resultados del escenario base de esta evaluación, muestran la viabilidad del marco de acción propuesto, estimándose la relación Beneficio/Costo en 1,078. (acápite 5.3.1.1) El costo utilizado para esta relación corresponde al valor anualizado perpetuo de la sumatoria de las inversiones (112,5 millones de dólares) y costos anuales (157,9 millones de dólares) para la reposición parcial del caudal ambiental estimado en el escenario base, se utilizó una tasa de descuento del 6% obteniéndose un aproximado de 240 millones de dólares.

El PIB de la Segunda Región de Antofagasta representa 0,1 del PIB nacional. En tanto, si se considera que el Presupuesto de la Nación para 2020 fue de US$ 74.000 millones, el desembolso permanente de US$ 240 Millones, como gasto Público para reposición de las capacidades del Río, representa un incremento de 0,003% del Gasto Publico, el cual se observa como una cifra muy poco significativa. Los efectos regionales se representan en el siguiente Cuadro.

Folio006079

Tabla 5.14. Efecto Regional del Gasto Público en reposición parcial del caudal ambiental del Río Loa.

	Nivel País	Impacto del Gasto de US$ 240 millones/año	Efecto Regional anual
Efecto Multiplicador absoluto del Gasto Público sobre PIB	3,16	758,4 a nivel del país	US$ 75,8 millones
Elasticidad PIB Gasto Público	0,62	0,003% respecto al Gasto Total	0,002% incremento del PIB Regional

Fuente: Estimaciones del equipo consultor.

El impacto de la medida de mitigación es poco significativo, dada las proporciones que representa.

5.3.2.4 Conclusiones

a) El Gasto Público destinado a la reposición de las capacidades ambientales del Río Loa, genera un efecto multiplicador anual en la Región de US$ 75,8 millones, en actividades principalmente de inversión.

b) Dada la baja significancia del Gasto de reposición respecto del total de Gasto Público total, y la magnitud del efecto multiplicador y de la elasticidad PIB a Gasto público, se estima que no habrá efectos significativos en el nivel ceneral de predios; empleo y tipo de cambio.

6 DESARROLLO OE-4

6.1 Actas de talleres de trabajo/actividades de difusión

Este objetivo se ha desarrollado de acuerdo con la programación definida en el plan de trabajo inicial. Al respecto, se mencionan las actividades de difusión a la comunidad y a las autoridades realizadas.

6.1.1 Reuniones

6.1.1.1 Reuniones de coordinación

Según las bases técnicas de licitación y el plan de trabajo, se ejecutaron cuatro reuniones de coordinación:

- **Primera reunión de coordinación e información con la contraparte técnica. Realizada el día 12/04/2018. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Reuniones_de_coordinación/20180412_GOA002_MIN_Reunión_inicio_GORE_MMA_CEA

- **Segunda reunión de coordinación e información con la contraparte técnica para validación social y productiva de los servicios ecosistémicos. Realizada el día 31/07/2019. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Reuniones_de_coordinación/20180731_GOA002_MIN_Reunión_cartera_de_proyectos_ MMA_CEA

- **Tercera reunión de coordinación e información con la contraparte técnica para validación social y productiva de los servicios ecosistémicos. Realizada el día 16/08/2019. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Reuniones_de_coordinación/20180816_GOA002_MIN_Reunión_validación_ServEcosist_ MMA_CEA

- **Cuarta reunión de coordinación e información con la contraparte técnica para validación cálculo de caudal ambiental. Realizada el día 23/04/2020 mediante videoconferencia. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Reuniones_de_coordinación/

6.1.1.2 Reuniones de presentación del estudio

Esta actividad se realizó de manera parcelada y con todos los actores de interés que fueron abordados debidamente con la contraparte técnica del estudio. El objetivo de estas reuniones fue dar a conocer el estudio y sus implicancias, además de conocer la percepción de la audiencia al respecto. Las reuniones se sucedieron de la siguiente forma:

- **Presentación del estudio a organizaciones urbanas de Calama. Realizada el día 06/06/2018. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Reuniones_de_presentación/20180606_GOA002_MIN_Reunión_inicio_Comunidades_CEA

- **Presentación del estudio a servicios públicos. Realizada el día 06/06/2018. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Reuniones_de_presentación/20180606_GOA002_MIN_Reunión_inicio_SSPP_CEA

- **Presentación del estudio a comunidades indígenas del Alto Loa. Realizada el día 03/07/2018. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Reuniones_de_presentación/20180703_GOA002_MIN_Reunión_inicio_Comunidades_Alto_Loa_MMA_CEA

- **Presentación del estudio a Comunidad Aymara y Quillagüa. Realizada el día 17/08/2018. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Reuniones_de_presentación/20180817_GOA002_MIN_Reunión_inicio_Comunidad_Aymara_Quillagüa_CEA

- **Presentación del estudio a empresas. Realizada el día 17/08/2018. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Reuniones_de_presentación/20180817_GOA002_MIN_Reunión_inicio_EMPRESAS_CEA

- **Presentación del estudio a asociacones de agricultores de Calama. Realizada el día 12/09/2018. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Reuniones_de_presentación/20180912_GOA002_MIN_Reunión_inicio_ASOC_AGRIC_CEA

Folio006082

6.1.1.3 Reuniones de difusión de avance

Esta actividad se realizó en dos jornadas de trabajo durante el día 13/12/2018. Durante la mañana se elaboró la presentación a empresas ligadas con el área de estudio en las dependencias de la Gobernación Provincial El Loa, mientras que durante la tarde se elaboró la presentación a servicios públicos, ASAC, organizaciones urbanas de Calama y comunidades indígenas asistentes.

- **Presentación de Informe de Avance N°1 a empresas. Realizada el día 13/12/2018. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Reuniones_de_difusión_de_avance/20181213_GOA002_MIN_Reunión_difusón_de_avance_EMPRESAS_CEA

- **Presentación de Informe de Avance N°1 a servicios públicos, organizaciones urbanas de Calama y comunidades indígenas. Realizada el día 13/12/2018. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Reuniones_de_difusión_de_avance/20181213_GOA002_MIN_Reunión_difusión_de_avance_SSPP_Comunidades_CEA

6.1.2 Charlas y Capacitaciones

A pedido de miembros de las distintas organizaciones, principalmente de Calama se han realizado charlas y capacitaciones que permiten a los participantes acercarse a los conceptos relacionados con los monitoreos del objeto de estudio. En ese contexto se han realizado dos jornadas de este tipo, la primera en el marco de la reunión para la presentación del estado de avance del estudio, ocasión en la que se presentaron algunos instrumentos de monitoreo relacionados con la medición de calidad de agua y caudales, además de la facilitación de los conceptos de caudal ambiental y variables estado. Mientras que la segunda charla en terreno tuvo lugar durante la ejecución de la segunda campaña de monitoreo del río, en ellas participaron integrantes de la Red de Mujeres El Loa.

6.1.2.1 Charlas en el uso de equipos y acercamiento de términos técnicos.

Esta actividad se realizó posterior a la presentación de los resultados del primer informe de avance del estudio el día 13 de diciembre de 2018, y tuvo por objetivo acercar los conceptos de caudal ambiental y variables estado. Posteriormente se mostraron algunas herramientas utilizadas en los motiroreos, el equipo multiparamétrico, el correntómetro y el cuadrante de flora. Al día siguiente en el Parque El Loa en Calama, se realizó una capacitación en terreno usando los equipos mencionados, el mismo ejercicio se realizó durante la tarde con la comunidad aimara de Quillagüa en las cercanías del pueblo del mismo nombre. Del mismo modo se realizó una jornada en terreno con asociadas de la Red

Folio006083

de Mujeres del Loa, participando de diversas actividades, como muestreo de agua, aforos, reconocimiento de flora y fauna.

Lista de asistentes se encuentran disponible en las siguientes rutas:

- Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Charlas_Capacitaciones/20181214_Multiparametro_Quillagüa

- Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Charlas_Capacitaciones/20181214_Multiparametro_Red_de_Mujeres_El_Loa

Folio006084

Figura 6.1 Capacitaciones en el uso de equipos de monitoreo durante la reunión de difusión del estado de avance en Hotel Diego de Almagro de Calama y capacitación in situ, Parque El Loa

Folio006085

Figura 6.2 Capacitaciones en el uso de equipos de monitoreo. Durante la segunda campaña de monitoreo. Calama.

6.1.2.2 Capacitación modelo WEAP

En las dependencias del Centro de Ecología Aplicada, el día 11 de diciembre de 2019, se realizó la capacitación para la programación del modelo hidrológico, la cual fue dirigida por Eduardo Rubio, quien desarrolló los siguientes temas.

Tabla 6.1. Programa capacitación WEAP.

	Temas Tratados
1	10:00 – 11:30: Iniciando WEAP – WEAP en 1 Hr.
2	11:30 – 12:15 Herramientas Básicas
3	12:15 – 13:00 Escenarios Primera Parte
4	14:00 – 15:00 Escenarios Segunda Parte
5	15:00 – 16:30 Demanda en WEAP
6	16:30 – 17:30 Datos, Resultados y Formato

Folio006086

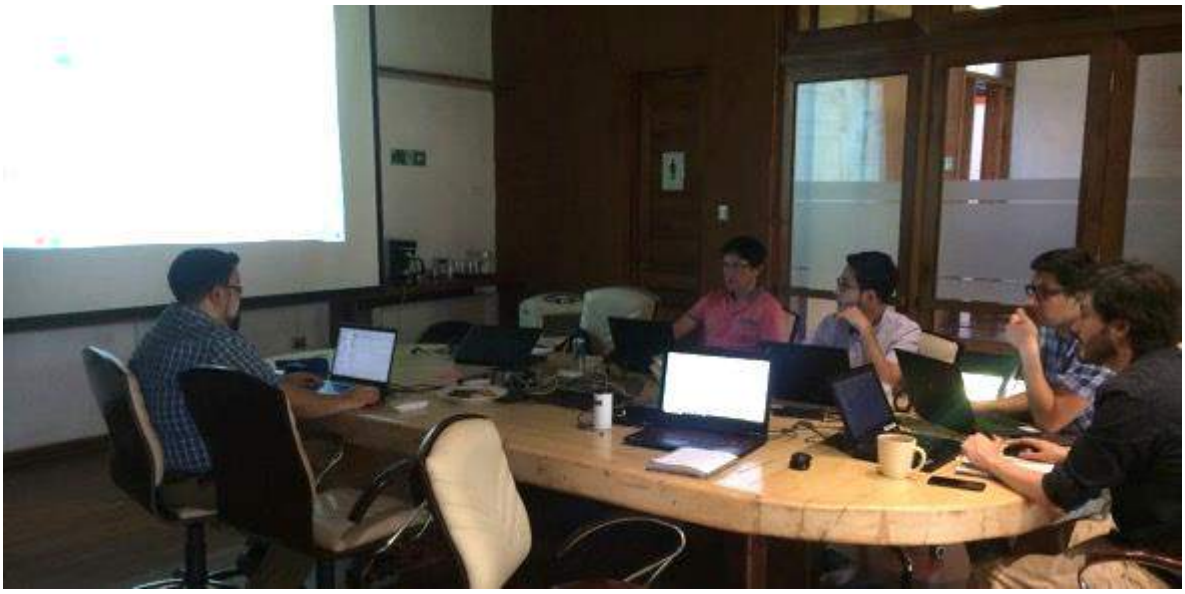


Figura 6.3 Capacitación en el uso dl modelo WEAP.

El modelo WEAP corresponde a un software pagado, por lo tanto, según lo establecido en las bases del estudio, se entrega al final del estudio una licencia para su uso. Ésta se puede encontrar en:

- **Licencia WEAP:**
  Anexos Digitales/OE 2 Modelo Eco-Hidrológico Integrado y Caudal Ambiental/ 00_Modelo Hidrológico WEAP /Licencia WEAP

El acta de la capacitación se encuentra disponible en la siguiente ruta:

- **Capacitación para la programación del modelo hidrológico (WEAP). Realizada el día 11/12/2019. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/ OE4_Difusión/Talleres_de_trabajo_participativo/20191211_GOA002_MIN_Capacitación_WEAP

6.1.2.3 Capacitación en la evaluación del caudal ambiental

Esta capacitación fue realizada el día 15 de mayo de 2020. Por motivos de contingencia, fue realizada mediante videoconferencia, debido a la pandemia del COVID-19 vivida a nivel mundial. La capacitación consideró un tiempo aproximado de 3 horas, en el cual se realizaron las siguientes actividades:

- Introducción y contextualización del estudio.
- Explicación de la metodología de la guía.
- Pausa 10 minutos
- Ejemplo de aplicación con los resultados del estudio.

Folio006087

- Instancia de consultas y discusión.

El acta de este taller y un video registrado del mismo, están disponibles en:

- **Capacitación para la evaluación del caudal ambiental:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/ OE4_Charlas_Capacitaciones/20200515_Capacitación_Metodología_Qamb

De acuerdo con la programación definida en el plan de trabajo inicial, se realizaron cuatro talleres de participación.

6.1.2.4 Taller de servicios ecosistémicos

De modo de lograr incorporar el conocimiento de actores locales en relación con los servicios ecosistémicos asociados a la cuenca del río Loa, se realizó un taller de trabajo el día 4 de marzo de 2019 en Calama. El objetivo de este taller fue acercar los conceptos de caudal ambiental y servicios ecosistémicos a la audiencia, para posteriormente consultar sobre su conocimiento respecto del tema y poder hacer un registro de ellas.

Durante la jornada de la mañana en la Gobernación Provincial de El Loa, se trabajó con representantes de las empresas que realizan sus actividades asociadas a la extracción de agua del río y durante la tarde, en las dependencias de la Municipalidad de Calama se realizó el mismo trabajo esta vez con representantes de servicios públicos, organizaciones urbanas de Calama, asociación de agricultores y algunos miembros de comunidades indígenas. En esta ocasión se utilizaron ploteos de sectores cercanos a Calama con un nivel de detalle, para que los asistentes lograran identificar ciertas zonas y demarcarlas.

Ambas actas se encuentran disponibles en las siguientes rutas:

- **Taller de identificación de servicios ecosistémicos con servicios públicos, ASAC y organizaciones de Calama. Realizada el día 04/03/2019. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/ OE4_Difusión/Talleres_de_trabajo_participativo/20190304_GOA002_MIN_Taller_ ServEcosist_SSPP_comunidades_CEA

- **Taller de servicios ecosistémicos con empresas. Realizada el día 04/03/2019. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/ OE4_Difusión/Talleres_de_trabajo_participativo/20190304_GOA002_MIN_Taller_ ServEcosist_EMPRESAS_CEA

Folio006088

Figura 6.4 Taller Servicios ecosistémicos realizado el día 4 de marzo de 2019. Jornada de mañana en Gobernación Provincial de El Loa con representantes de empresas, jornada de tarde con organizaciones sociales, servicios públicos, agricultores, y representantes de comunidades indígenas.

6.1.2.5 Taller de expertos para la elaboración de la guía de caudal ambiental

Con fecha 25 de marzo de 2019, en un auditorio del Ministerio Medio Ambiente en Santiago, se desarrollo un taller de trabajo con la participación de dos expertos en temas relacionados a caudal ambiental. Estos expertos fueron:

Folio006089

- **Matías Peredo Parada**
  - Ingeniero Civil Hidráulico, Universidad de Chile.
  - Magister en Gestión y Planificación de Recursos Hídricos, Universidad Politécnica de Valencia.
  - Doctor en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia.
  - Especialidad en Ecohidráulica, modelación hidráulica, Unidades hidromorfológicas, caudal ecológico.
  - Principal colaborador en desarrollo de "Guía Metodológica para Determinar el Caudal Ambiental para Centrales Hidroeléctricas en el SEIA" (SEA, 2016).

- **Carlos Reiher Núñez**
  - Ingeniero Civil mención Hidráulica Sanitaria Ambiental, Universidad de Chile
  - Magíster en Ciencias de la Ingeniería mención Recursos y Medio Ambiente Hídrico, Universidad de Chile
  - Especialidad en modelación hidráulica, mecánica fluvial, hidrodinámica de ríos y reservorios, obras hidráulicas, transporte de sedimentos.

La primera parte de la reunión consideró una contextualización del estado de avance del estudio y lo principales objetivos de éste. Posteriormente se presentó la Guía Metodológica propuesta por el Centro de Ecología Aplicada, para determinar el caudal ambiental en el Río Loa. Del taller se logró contar con una discusión respecto de ella, surgiendo comentarios y recomendaciones que aportaron al desarrollo de la Guía. Para mayores detalles se puede acceder al acta elaborada durante la jornada.

Acta se encuentra disponible en la siguiente ruta:

- **Taller de expertos para la elaboración de la guía para el cálculo de caudales ambientales en la cuenca. Realizada el día 25/03/2019. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Talleres_de_trabajo_participativo/20190325_GOA002_MIN_Taller_Exp_Guía_Caudal_Ambiental_CEA

Folio006090

Figura 6.5 Taller de expertos para la elaboración de la guía de caudal ambiental, realizado el pasado 25 de marzo de 2019 en las dependencias del Ministerio del Medio Ambiente.

6.1.2.6 Taller de escenarios de cambio climático

En las dependencias del Ministerio del Medio Ambiente en Santiago, el día 28 de noviembre de 2019, se realizó un taller sobre el cambio climático y selección de escenarios futuros para aplicar al estudio.

La primera parte del taller consideró una contextualización del estado de avance del estudio y los principales objetivos de este, posteriormente se realizó una revisión de los modelos de cambio climático, el contexto de cada uno de ellos y aspectos técnicos relevantes para el estudio. Para mayores detalles se puede acceder al acta elaborada durante la jornada.

Acta se encuentra disponible en la siguiente ruta:

- **Taller sobre escenarios de cambio climático. Realizada el día 28/11/2019. Acta disponible en Anexos digitales:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/01_Talleres_Reuniones/OE4_Difusión/Talleres_de_trabajo_participativo/20191128_GOA002_MIN_Taller_Analisis_Escenarios_SSPP_CEA

Folio006091

Figura 6.6 Taller de sobre escenaios de cambio climático, realizado el 28 de noviembre de 2019 en las dependencias del Ministerio del Medio Ambiente.

6.1.2.7 Taller Final

Esta capacitación fue realizada el día 23 de junio de 2020. Por motivos de contingencia, fue realizada mediante videoconferencia, debido a la pandemia del COVID-19 vivida a nivel mundial. La capacitación consideró un tiempo aproximado de 2 horas, en el cual se realizaron las siguientes actividades:

- Introducción y contextualización del estudio.
- Presentación de participantes externos CEA en proyecto
- Presentación de contexto, objetivos, actividades y resultados del proyecto
- Instancia de consultas y discusión.

El acta de este taller está disponible en:

- **Capacitación para la evaluación del caudal ambiental:**
  Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/ 01_Talleres_Reuniones/OE4_Taller_Final

Folio006092

6.2 Material de difusión

6.2.1 Vídeo Educativo

A través de Visual Productora se desarrolló un video educativo, el cual tuvo como objetivo presentar el valor ambiental del río Loa y las problemáticas asociadas, como también el desarrollo del diagnostico (talleres, reuniones, campañas de monitoreo, actividades con comunidades, enter otras).

El vídeo educativo tiene una duración de aproximadamente 8 minutos, y da cuenta del inicio, objetivos, metodología y resultados del estudio. El vídeo está en formato mp4 y se encuentra en la siguiente ruta,

- Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/02_Material_de_Difusión/ /OE4_Video_educativo/

Asimismo, se generaron 200 copias en pendrive.

6.2.2 Tríptico

El equipo ejecutor elaboró un tríptico cuyo objetivo es acercar los términos de caudal ambiental y servicios ecosistémicos a personas que no hayan tenido la oportunidad de asistir a reuniones o capacitaciones. Se imprimieron 1000 ejemplares y para ser repartidos en distintas oportunidades, tales como jornadas de difusión.

El tríptico se encuentra en la siguiente ruta:

- Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/02_Material_de_Difusión/ OE4_ Tríptico

Figura 6.7 Tríptico elaborado por el equipo ejecutor, para la difusión de los conceptos de caudal ambiental y servicios ecosistémicos.

6.2.3 Guía Caudal Ambiental

Para la estimación del caudal ambiental del río Loa se desarrolló una Guía Metodológica, para la cual se realizó un taller participativo con la asistencia de expertos y contraparte técnica del estudio, con el fin de realizar una validación final de la metodología a utilizar en la estimación del caudal ambiental del río Loa. Se imprimieron 200 ejemplares, los cuales fueron entregados a la contraparte técnica para su difusión.

La guía se encuentra en la siguiente ruta:

- Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/02_Material_de_Difusión/ OE4_ Guía_caudal_ambiental

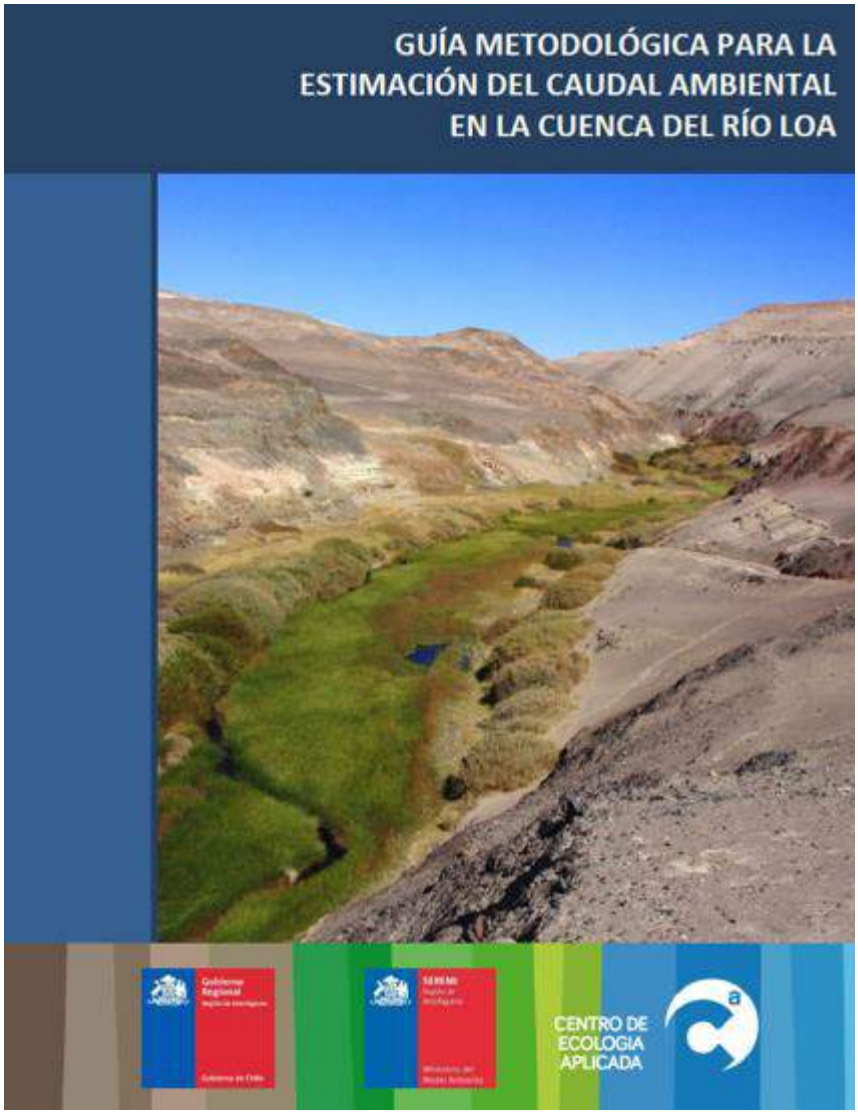


Figura 6.8 Guía Metodológica para la estimación de Caudal Ambiental elaborada por el equipo ejecutor.

Folio006095

6.2.4 Afiche

El afiche cumple la función de difundir los antecendentes generales del estudio. Actualmente este producto fue entregado para posteriormente ser distribuido por la SEREMI del Medio Ambiente en las distintas comunas de la región de Antofagasta. Se entregaron 1.000 ejemplares y el master en formato original.

El afiche se encuentra en la siguiente ruta:

- Anexos Digitales/OE 4 Difusión y Cartera de Proyectos/02_Material_de_Difusión/ OE4_Afiche

Folio006096

6.2.5 Publicación en medios loacales

El día 16 de enero de 2019 en el Mercurio de Antofagasta fue publicado un inserto que da cuenta de los principales resultados del primer informe de avance y además hace difusión de la actividad de capacitación que se realizó en el parque El Loa de Calama.

Tema del día

4 campañas
de monitoreo en terreno considera el estudio que es el primero de manera integral que permitirá obtener conclusiones más generales.

Presiones de caudal ambiental del Loa amenazan el ecosistema

PRIMEROS HALLAZGOS. *Avance de estudio evidenció la disminución gradual del caudal y el aumento de su salinidad, mermando la calidad de ésta para diferentes usos, como riego y consumo.*

Rodrigo Amparo S.

Para quienes viven en El Loa y a diario son testigos de lo que ocurre en la zona no les extrañaría evidenciar una disminución del caudal de sus aguas o reconocer algún grado de contaminación debido a diversos factores entre los que también está el trabajo minero que se realiza en la provincia. Camino a Chiu Chiu se observa el avance y crecimiento del tranque de relave que a simple vista, está llegando, en algunos lugares, a estar a pasos de la carretera que une Calama con el primer poblado del interior de Alto El Loa.

Para algunos es parte del fenómeno del cambio climático y para otros es la simple extracción del recurso hídrico que lo tienen con una baja disponibilidad del recurso, la cual genera la degradación de los sistemas acuáticos existentes en todo su trayecto desde el volcán Miño a su desembocadura en el mar. Lo cierto, real y concreto es que el río Loa y sus afluentes está declarado en agotamiento desde el 2000 por la Dirección General de Aguas a solicitud de la Comunidad Atacameña de San Francisco de Chiu Chiu.

DISMINUCIÓN DE CAUDAL

El río Loa es un ecosistema natural altamente presionado por las actividades humanas, cuyas principales consecuencias son la disminución gradual del caudal y el aumento de su salinidad, mermando la calidad de esta para los diversos usos, recreativos, riego, consumo animal y humano.

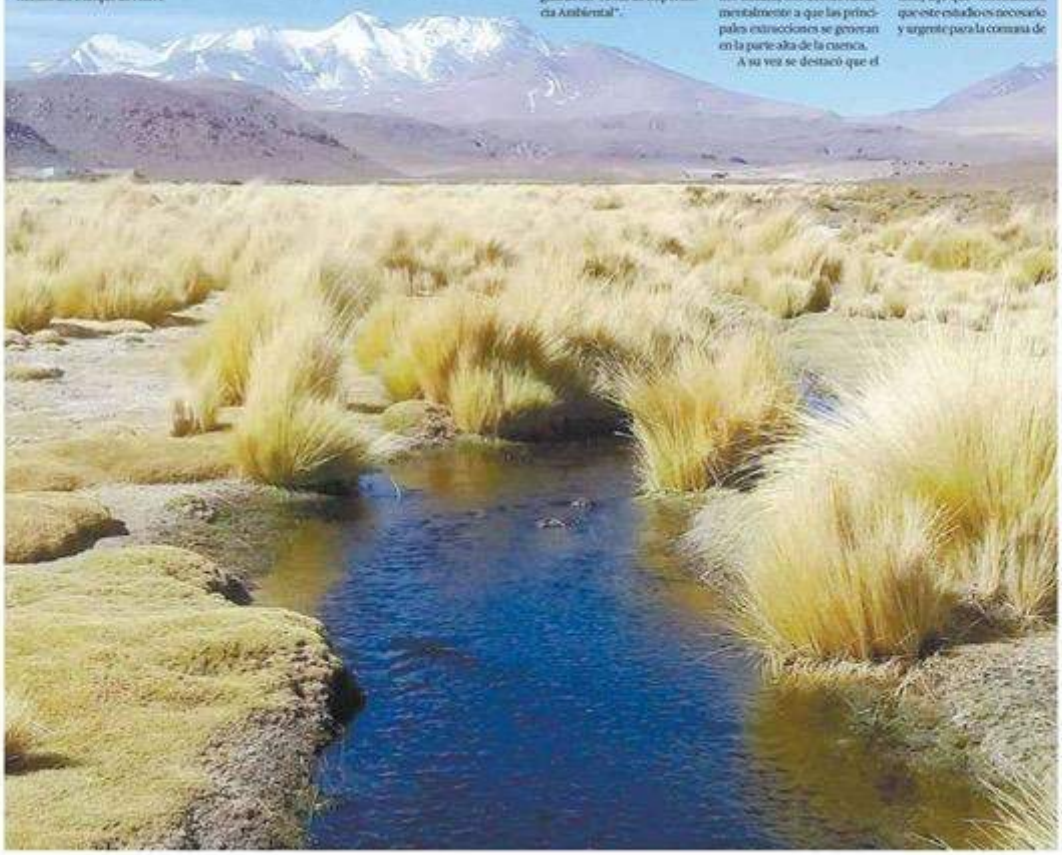
Este problema aqueja directamente a comunidades que viven del río, desde el Alto Loa hasta Quillagua, cercano a la desembocadura. Una situación que se hizo cargo la Secretaría Ministerial de Medio Ambiente de Antofagasta, que actualmente se encuentra implementando hasta el primer semestre de 2020, el estudio FNDR "Diagnóstico del Caudal Ambiental del río Loa, Región de Antofagasta" el cual, mediante un diagnóstico integral del estado ambiental del río busca generar un modelo de gestión que responda a las principales presiones y resguarde las "Áreas de Importancia Ambiental".

Durante el segundo semestre del año pasado se realizaron en Calama jornadas de difusión del estado de avance del estudio a los principales actores que se encuentran emplazados en el territorio gran cuenca del río Loa. Durante la exposición, el director del Centro de Ecología Aplicada (CEA) y ejecutor del estudio, doctor Manuel Contreras, presentó los primeros hallazgos, donde destacó que las principales presiones se generan en la parte media y baja de la cuenca que es donde ocurre una menor cantidad de agua y de menor calidad, esto debido fundamentalmente a que las principales extracciones se generan en la parte alta de la cuenca.

A su vez se destacó que el estudio considera la realización de cuatro campañas de monitoreo en terreno, valorización económica de beneficios que entrega el río, modelación de caudales ambientales, generación de una cartera de proyectos, valorización de servicios ecosistémicos y cálculo de índice de vulnerabilidad ecológica.

DESCONTAMINACIÓN

El vocero de la Federación Nacional de Pobladores, FENAPO, Sergio Chamorro, quien ha estado presente en estas instancias de participación, dijo que "entendemos que este estudio es necesario y urgente para la comuna de



2 jornadas
de difusión han sido las instancias de participación de las organizaciones en Calama, las cuales han podido conocer y aprender más del río Loa.

2020 primer semestre
durante los seis primeros del próximo año concluyen las mediciones y estudios del Centro de Ecología Aplicada (CEA) que trabajan en este estudio.

EL RÍO LOA PRESENTA MENOS SALINIDAD EN SU ORIGEN QUE CERCA A LA DESEMBOCADURA, DONDE TAMBIÉN DISMINUYE SU CANTIDAD.

LÍDERES SOCIALES DE LA REGIÓN CONGREGADOS EN SAN PEDRO.

Líderes sociales se reunieron en San Pedro de Atacama

INICIATIVA. *Se desarrolla desde el 2000 en la región de Antofagasta.*

Compartir experiencia, conocer proyectos sociales exitosos y reencantarse con el trabajo social, fueron los objetivos centrales del Encuentro Líderes en Acción realizado en San Pedro de Atacama.

Este encuentro congregó a diversos dirigentes y representantes de organizaciones sociales de la región. Jornada realizada en el marco del proceso de acompañamiento y vinculación del Concurso para Organizaciones Sociales de Fundación Minera Escondida que en su versión 2018, permitió la ejecución de 46 proyectos en comunas como Antofagasta, Calama, San Pedro de Atacama, Taltal y Tocopilla.

"Anualmente realizamos este taller de cierre que nos permite analizar de manera conjunta con los líderes sociales nuestro Concurso y sus diferentes etapas, como una forma efectiva de retroalimentación", indicó Jenny Zepeda, Líder de Programas de Fundación Minera Escondida.

Las organizaciones seleccionadas durante 2018, además de recibir un cofinanciamiento para la ejecución de sus proyectos sociales, fueron parte de un intenso proceso de acompañamiento, que consideró el desarrollo de diversos talleres enfocados a fortalecer el trabajo de las instituciones, como los módulos de Participación Social, Marketing Social y Gestión de Aprendizaje, instancia realizada en conjunto con la Corporación Simón de Cirene.

"Gracias a los talleres que nos entregan durante el proceso de ejecución de nuestros proyectos, nos hemos ido fortaleciendo como institución porque nos orientan y guían respecto a la forma de administrar nuestra organización. Orientaciones que van desde cómo llevar los registros de nuestros dineros hasta formular mejores proyectos. La Fundación, en estos cuatro años, ha sido un pilar importante en la creación de nuestro comedor", indicó Mirta González, representante Voluntariado Carrete con Cristo de Calama.

Además de contribuir a generar nuevos líderes en la región, el Concurso para Organizaciones Sociales favorece la materialización de proyectos que son un aporte real en ámbitos como la inclusión, educación, medio ambiente, cultura y deporte, entre otros aspectos.

LÍDERES EN ACCIÓN

Durante la oportunidad, fueron reconocidos los líderes más destacados de la versión 2018 del Concurso para Organizaciones Sociales. El premio "Líder Emergente" fue para Andrés Torres de la Asociación Guardianes de la Bahía de Antofagasta. En tanto el premio "Líder Consagrado" fue para Lucila Carvajal del grupo de danza "Esperanza del Mañana" de la Escuela Diferencial F-33 de Calama.

El premio "Líder en Acción", recayó esta vez en tres representantes de organizaciones: Marlhens Torres, del Centro General de Padres y Apoderados de la Escuela Presidente Balmaceda D-48, Mirta González Fernández, del Voluntariado de Carrete con Cristo y José Luis Gutiérrez, del Club Atlético Alemania, los tres pertenecientes a Calama.

Además, los representantes de las organizaciones sociales compartieron con líderes locales de la comuna de San Pedro de Atacama para conocer y compartir prácticas de desarrollo social, fue el caso del Cuerpo de Bomberos, Asociación Indígena Valle de la Luna y Comunidad Indígena de Talabre.

El concurso para organizaciones sociales se desarrolla desde el 2000. CS

ACTIVIDAD EN TERRENO DE LAS PERSONAS PARTICIPANTES DE LAS JORNADAS EN EL PARQUE EL LOA.

"Esa es nuestra misión este año 2019, trabajar fuertemente en lo que es la calidad del agua del río Loa".

Yery Luza
Medioambiente Municipalidad

Calama, pero tardío, porque no tenemos hoy. Esto se va cruzando con el plan de descontaminación, porque la única forma para poder descontaminar una comuna es proyectando sus áreas verdes, lo que fue el oasis de Calama".

El vocero de esta organización, continuó "sin embargo, para proyectar este oasis, entendemos que se requiere recuperar las aguas. Si no recuperamos el porcentaje de aguas que está siendo propiedad de Codelco, no vamos a poder levantar el oasis de la comuna y con ello perdemos hasta la vasta tradición".

Esto lo señaló el representante de los pobladores, porque dijo "se está perdiendo el chocho, ya lo dicen las comunidades de La Banda y Chunchuri, a consecuencia de lo que ocurre. Ahí tenemos un grave problema con la agricultura y ganadería que se da en la periferia de Calama y que apenas, está resistiendo con la autogestión de muchos campesinos. Por último, también, afecta al pueblo de Chiu Chiu y Lasana". concluyó Chamorro.

DIFUSIÓN

La Municipalidad de Calama cumplió un rol protagónico en la realización de las jornadas de difusión en la ciudad. Es así que el encargado de la Unidad de Medio Ambiente, Yery Luza, además de valorar el proyecto que consideró educativo contó que "pone en riesgo el ecosistema porque al bajar el flujo del agua del río, eso se nota en la misma biodiversidad que sostienen el río, porque cuando hay muy baja presión de la extracción del río se empiezan a dar otras condiciones de flora y eso afecta a ciertas cadenas tróficas y de animales presentes en determinados ecosistemas. Por lo tanto, afecta la biodiversidad de cada área en el tramo del río Loa, porque hay diferentes tipos de corredores biológicos, ya que nace en la cordillera y termina en el mar".

Por su parte, el seremi del Medio Ambiente, Rafael Castro, precisó que "se buscó generar capacidades locales en el uso de instrumentos de monitoreo ambiental del río Loa, de forma tal que las comunidades logren identificar las variables más relevantes como por ejemplo, de salinidad y puedan contribuir en el control ambiental de su territorio".

Agregó que la programación del estudio considera seguir con capacitaciones a las comunidades "además de vincularlas lo suficiente para generar una cartera de proyectos participativa, que haga frente a las principales dificultades que enfrenta el ecosistema y aseguren el bienestar de las personas que dependen de éste", puntualizó Castro.

Talleres teóricos y prácticos que desde la Coordinadora de la Defensa del río Loa se valoraron por su aporte en la enseñanza y aprendizaje del comportamiento del río en todo su recorrido y extensión. Fue así que la secretaria de la organización, Dalila Peña, expresó "me parece que está bien enfocado, porque cuál es el objetivo de esto, establecer un modelo de gestión hídrica que no existe y que permita regular la extracción del agua y de alguna manera genere esa concientización de cuidar el río y cuidar el caudal".

DETERIORO AMBIENTAL

Los expertos a cargo del estudio indicaron que la reducción de caudal del río Loa se traduce automáticamente en un deterioro del estado ambiental del cuerpo fluvial.

Es así como parte de los hallazgos del primer informe de avance del estudio identifican que la falta de agua en época estival para las zonas bajas de la cuenca, en particular en el oasis de Quillagua, no responde a comportamientos estacionales de las precipitaciones, sino que responde más bien a la gestión que se realiza sobre los recursos hídricos de la cuenca con un criterio que no tiene relación con mantener un estado saludable del ecosistema fluvial.

Ahora queda que más personas puedan seguir aprovechando estas instancias de difusión que enseña de manera práctica y fácil el poder medir y observar el río. Para así, mostrarlo y educar a las generaciones futuras en la importancia de relacionarse y vincularse con el entorno que los rodea, en las que se ha de aprender a usar los recursos, pero de manera sostenible, para que quienes vengan tengan también la oportunidad de disfrutar del río más largo de Chile. CS

Figura 6.9 Inserto publicado el 16 de enero en el Mercurio de Calama.

Folio006099

6.3 Cartera de Proyectos

Para la elaboración de la cartera de proyectos, se utilizará la metodología de árbol de problemas, utilizada por el Sistema Nacional de Inversiones para la presentación de programas, proyectos y estudios.

Para la determinación del árbol de problemas, se realizará un análisis de entorno utilizando una Matriz PESTAL y un análisis de actores.

6.3.1 Matriz PESTAL

6.3.1.1 Descripción

El éxito de un proyecto depende del grado de control que se ejerza sobre las variables del entorno que afectan su ejecución. De esta forma, el análisis de un conjunto de variables socioeconómicas, políticas, culturales, tecnológicas e institucionales ayuda a definir estrategias innovadoras que tomen en cuenta las potencialidades y restricciones de su acción.

La Matriz PESTAL, permite caracterizar el entorno donde se desarrollará el programa o el proyecto y definir el tipo de estrategia y comportamiento innovador de quienes lo ejecutarán. Además, sirve para la comprensión amplia del contexto donde se ejecutará el programa o proyecto permitiendo identificar factores, problemas o nudos críticos, que determinan su éxito o fracaso de una acción.

6.3.1.2 Contexto general

La Región de Antofagasta presenta una superficie regional aproximada de 500 kilómetros de longitud, y abarca un área de 126.049,1 kilómetros cuadrados, equivalentes al 16,7% del territorio nacional divididas en las provincias de Antofagasta, El Loa y Tocopilla. Según el Censo 2017[1], cuenta con una población de 607.534 habitantes (315.014 hombres y 292.520 mujeres). La principal actividad productiva de la región es la minería, aportando cerca del 50% del PIB regional. A la actividad minera le siguen en importancia para la región las actividades de construcción; con un aporte del 13%, duplicando la importancia relativa que este sector posee a nivel nacional, y los servicios financieros y empresariales; con un aporte a la actividad de la región del 12%[2].

La cuenca del río Loa, es un recurso esencial para la sustentabilidad de la región. La Cuenca del río Loa se ubica administrativamente en las regiones de Tarapacá y Antofagasta y cubre una superficie total de 33.570 km^2 con perímetro que alcanza una extensión de 874 km.

[1] www.censo2017.cl.
[2] Reportes estadísticos distritales 2017. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Folio006100

Esta cuenca limita al norte con la Cuenca Pampa del Tamarugal; al sur, con Cuencas Quebrada Caracoles y Salar de Atacama; al oriente con Cuencas Fronterizas Michincha; y al poniente, con Cuencas Costeras Quebrada Caracoles.

El río Loa es el principal curso de agua que recorre el Desierto de Atacama y el único que desemboca en el mar. Su hoya abarca las comunas de Calama, María Elena y Tocopilla, siendo el poblado urbano más grande la ciudad de Calama. En las zonas altas de la cuenca se emplazan diversas localidades con presencia de comunidades indígenas, principalmente atacameñas, pertenecientes al Área de Desarrollo Indígena (ADI) Alto el Loa, mientras que en las cercanías de la desembocadura del río se encuentra el poblado de Quillagua.

En la cuenca del río Loa se desarrolla parte de la agricultura de la región, concentrando aproximadamente el 38% del total de superficie regada. En los últimos años (1975-2014) se ha observado un decaimiento de la superficie cultivada en más de un 50%[3]. Este escenario podría explicarse dado que en general las comunidades han tenido problemas con el abastecimiento y calidad del recurso hídrico para poder desarrollar la agricultura, debido a las extracciones mineras y a las condiciones naturales del territorio, que explican la presencia de ciertos analitos en el agua y cuya concentración se ve incrementada por dicha actividad minera. Además, muchos de los títulos de agua no han sido regularizados. En general la actividad agrícola se desarrolla para subsistencia en las comunidades o para vender productos en la ciudad de Calama.

El río Loa fue declarado agotado en el año 2000 para otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamiento superficial, consuntivo y permanente. Con respecto al agua subterránea, sólo el sector hidrogeológico Salar de Llamara ha sido declarado área de restricción para otorgamiento de nuevos derechos, el año 2012.

En la zona alta de la cuenca, y en los afluentes del río Salado se encuentran las captaciones pertenecientes a Aguas Antofagasta, agua que es extraída para abastecer de agua potable a las ciudades de Calama, Antofagasta, Mejillones, Tocopilla, Sierra Gorda y Baquedano.

En esta cuenca se ubican también importantes faenas mineras, como Chuquicamata, Radomiro Tomic, Minera El Abra y SQM[4].

[3] Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas.
[4] Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Antofagasta. 2012. Ministerio de Obras Públicas.

6.3.1.2.1 Sector Río Loa Alto

En esta zona se encuentran las localidades de Taira y San Pedro Estación. La comunidad de Taira se dedica principalmente a la ganadería para autoconsumo y la producción a pequeña escala de productos de la lana de los animales La localidad de San Pedro Estación, en tanto, vivía de la agricultura y la ganadería, y prácticamente la totalidad de sus habitantes emigraron gradualmente a Calama dada la escasez del agua y problemas de contaminación. En los últimos años se ha planteado una recuperación de la infraestructura y de hectáreas para uso agrícola, lo que está impulsando el regreso de sus antiguos pobladores.

Respecto al uso del agua, en la zona de las vegas protegidas, en las cercanías del afluente río Blanco, hay derechos de la Comunidad Quechua de Ollagüe, equivalentes a 13 L/s. En el río Loa hay solicitudes de regularización de derechos de agua de la Comunidad Indígena Atacameña de Taira y la Comunidad Atacameña de Conchi Viejo, y en el río San Pedro solicitud de regularización para un particular[5].

En la zona de nacimiento del río Loa se encuentra parte de la Reserva Nacional Alto del Loa (en proceso de obtención de Decreto Supremo), acuíferos y vegas protegidos. En el río San Pedro también hay acuíferos y vegas protegidos (Inacaliri, Ojo de San Pedro, Carcanal, entre otras).

En este tramo del río Loa se encuentran las captaciones de Aguas Antofagasta denominadas Lequena y Quinchamale, con un caudal total de 850 L/s otorgado.

En el sector del cauce del río Salado y sus afluentes, se ubican en tanto las localidades de Caspana, Toconce, Turi, Ayquina y Cupo, con una población de 381 personas, en su totalidad rural.

La principal actividad es la agricultura de subsistencia con una superficie cultivada es de 104 ha, de las cuales cerca del 70% es ocupada por alfalfa. Se cuenta además con una masa ganadera importante, por lo que un tema relevante es el aumento del forraje, asociada a las vegas y bofedales. Para las comunidades de Turi y Cupo, la ganadería ovina ocupa el primer lugar en la base económica[6].

[5] Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas.
[6] VII Censo agropecuario y forestal 2006-2007. Ministerio de Agricultura. Odepa.

Folio006102

En esta zona se ubican tres captaciones de Aguas Antofagasta, totalizando un caudal otorgado de 660 L/s, y un derecho antiguo de Codelco con un caudal de 400 L/s[7].

Ésta es una zona donde hay varios poblados, los cuales, en general, no tienen un abastecimiento de agua potable de buena calidad. Esta situación se contradice con el hecho de que en esta parte de la cuenca del río Loa hay varias extracciones de Aguas Antofagasta, la cual es usada para abastecer a otras ciudades de la región. Además se puede señalar la importancia que tiene para la comunidad la protección de las vegas, ya que son su fuente de recurso hídrico para desarrollar la agricultura y ganadería.

6.3.1.2.2 Sector Río Loa Medio

En este sector se ubican las localidades de Chiu-Chiu, Lasana y Calama, capital provincial, siendo esta última la ciudad con más población de la zona.

La principal actividad productiva en las zonas rurales es la agricultura, en particular en Lasana y Chiu-Chiu con 207 ha de zonas cultivadas de alfalfa y maíz para autoconsumo y hortalizas para venta en Calama. En Calama, en tanto, existen 464 ha de superficie cultivada, destacando la alfalfa y el maíz. En relación al pastoreo, los abrevaderos de los ganados están en zonas de vegas y bofedales. La producción ganadera es reducida, totalizando 1.264 cabezas de ganado entre Chiu-Chiu y Lasana[8].

Al norte de la ciudad de Calama se localizan las faenas mineras Codelco Chuquicamata, Codelco Norte, El Abra y Ministro Hales, por lo que la actividad económica de la ciudad se relaciona con la minería y los servicios.

Esta zona tiene dos acuíferos protegidos que alimentan vegas y bofedales, y es donde se emplazan las localidades. Además, en las vegas Yalquincha y Calama está el sitio prioritario para la biodiversidad Oasis de Calama, el mayor oasis de la región de Antofagasta.

Esta zona de la cuenca del río Loa se caracteriza por la presencia de las faenas mineras de Codelco, lo que ha influido en el estilo de vida de la ciudad de Calama. Esta situación no se refleja en las zonas rurales, especialmente en las localidades indígenas, las cuales mantienen su actividad agrícola de subsistencia, haciendo uso de sus derechos ancestrales, los cuales no todos están regularizados. Sí se puede señalar que en esta zona hay Comunidades de Aguas inscritas en la DGA, muchas de las cuales extraen aguas de bocatomas en la zona rural de Calama y en las localidades de Chiu-Chiu y Lasana.

[7] Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas.
[8] VII Censo agropecuario y forestal 2006-2007. Ministerio de Agricultura. Odepa.

6.3.1.2.3 Sector Río Loa Bajo

En esta zona de la cuenca del río Loa se localiza la comuna de María Elena, en donde se emplazan los centros poblados de María Elena y Quillagua.

La actividad agrícola de Quillagua ha ido disminuyendo en los últimos años. Al año 2007 la superficie de riego era de 8,8 ha, donde se cultivaba principalmente alfalfa, mientras que en el año 2014 esta superficie disminuyó a 1 ha. El principal inconveniente para el desarrollo de la agricultura es la falta de agua. A esta zona el río Loa llega con escaso caudal, dado que sus aguas son capturadas aguas arriba por las empresas mineras y sanitarias[9].

En relación a la protección ambiental, la zona del Oasis de Quillagua es un sitio prioritario de conservación de la biodiversidad.

6.3.1.3 Factores PESTAL

A partir de información secundaria y primaria, esta última recopilada a través de talleres realizados en el marco del estudio, se detallan los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales que han sido identificados por su pertinencia con la problemática de la cuenca del río Loa.

6.3.1.3.1 Factores políticos

Como parte de su planificación territorial, la región cuenta con la **Estrategia Regional de Desarrollo 2009-2020**[10], donde se definen las prioridades del territorio. Uno de sus lineamientos es el de "Región Sustentable" proponiendo como acción para ello "proteger el recurso hídrico a través de una eficiente administración, en concordancia con las condiciones regionales de extrema aridez y atendiendo a las presiones que se ejercen sobre su oferta limitada y poco conocida".

Asimismo, la **Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta (2002)**[11], reconoce a cuenca del río Loa como uno de los tres ecosistemas de mayor importancia de la región, estableciendo como sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad la cuenca Alto Loa, el oasis de Quillagüa, el oasis de Calama y la desembocadura del río Loa.

En este contexto, el Gobierno Regional de Antofagasta ha mandatado la realización del presente estudio para contar con un diagnóstico actualizado sobre la calidad ambiental del

[9] Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas
[10] Gobierno Regional de Antofagasta.
[11] Comisión Nacional de Medio Ambiente.

Folio006104

río Loa. Por otra parte, no existen estudios previos de diagnóstico que contemple a toda la cuenca del río Loa.

Complementariamente, el Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección General de Aguas, formula en 2016 en **Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta**[12]. Este es un instrumento de planificación indicativo cuyo propósito es contribuir a orientar las decisiones públicas y privadas, con el fin último de maximizar la función económica, social y ambiental del agua, en armonía con el medio ambiente y en condiciones de equilibrio que permita la sustentabilidad dentro de una visión de corto, mediano y largo plazo, dotando a los actores de las herramientas y capacidades para abordar los desafíos que esto impone.

A nivel comunal, en tanto, el Plan de Desarrollo Comunal[13] (Pladeco) de la comuna de Calama (actualmente en proceso de actualización) incluye el lineamiento estratégico "Medio Ambiente", el cual busca contribuir al desarrollo comunal consolidando un sistema de gestión ambiental que integre a múltiples actores y recursos de nivel local, regional y nacional en pos de mantener a la comuna libre de contaminantes ambientales. En este sentido, plantea dentro de sus objetivos "Promover la protección de los ecosistemas comunales frágiles y de la flora y fauna poco conocida y en peligro de extinción" y "Proteger el Recurso Hídrico atendiendo a la condición de extrema aridez de la Región y a las presiones que se ejercen sobre su oferta limitada".

6.3.1.3.2 Factores económicos

La principal actividad económica de la región es la minería y en menor medida el turismo y la actividad agropecuaria.

La minería, representa cerca del 66% de la actividad económica regional aportando a más de 58% del PIB minero del país. La región lidera la producción de cobre, molibdeno, apatita, carbonato de litio, nitratos, sulfato de sodio y yodo. Le siguen otras producciones metálicas, tales como la plata y oro. En el sector de la minería no metálica destaca el yodo, cloruro de potasio, nitratos y los carbonatos de calcio.

La región posee una alta especialización productiva en materias primas no elaboradas, principalmente minería de cobre y hierro, concentrando en estos productos el 89,0% de sus exportaciones, seguido por el resto de la minería (5,4%). La producción minera está

[12] Ministerio de Obras Públicas.
[13] Ilustre Municipalidad de Calama.

Folio006105

destinada a la exportación y es desarrollada por grandes empresas privadas y una estatal, con tecnología avanzada, que alcanza altos niveles de productividad.

En términos de turismo, en los alrededores de San Pedro de Atacama se encuentran distintos sitios de interés histórico y folclórico, como Toconao, Chiuchiu, Caspana y Toconce. San Pedro de Atacama es uno de los lugares de Chile que recibe más turistas, tanto nacionales como internacionales, por lo que cuenta con diversa infraestructura para responder al turismo de intereses especiales. En el sector Río Loa Alto una actividad que está tomando importancia entre las comunidades es el turismo sustentable ya que desde el año 2005, la comunidad de Toconce, en conjunto con la comunidad de Caspana, tiene la administración y gestión de los Geiser del Tatio.

La actividad agropecuaria, en tanto, si bien no es relevante a nivel regional, tiene una gran importancia para las comunidades de los valles y oasis del interior, para las cuales más que una actividad económica es una forma de vida y el establecimiento de una economía de subsistencia. Inversiones recientes buscan mejorar la infraestructura de riego y elevar el autoabastecimiento hortícola regional. Los principales rubros corresponden a alfalfa, maíz y hortalizas además de ganadería ovina, todo ello para autoconsumo. Asimismo, la calidad de suelos y la disponibilidad de agua son las principales limitantes para el desarrollo de esta actividad. En este sentido, cabe señalar que el abastecimiento de agua potable de las principales ciudades de la región (Calama, Antofagasta, Tocopilla y Mejillones) se realiza a partir del recurso hídrico del río Loa.

Folio006106

6.3.1.3.3 Factores sociales

En 2017 el índice de desarrollo humano (IDH) en Chile fue 0,843 puntos, ubicándose en el puesto 44 del ranking a nivel mundial. A nivel nacional, en tanto, la Región de Antofagasta se ubica en el tercer lugar con un IDH de 0,867 puntos al 2017[14].

La Región de Antofagasta cuenta con 2 Áreas de Desarrollo Indígena (ADI): Atacama La Grande y Alto El Loa. Esta última, abarca las comunas de Calama y Ollagüe, y fue promulgada por el Decreto 189 del 08 de octubre de 2003. Las características del territorio que dan origen a esta ADI, y que se estipulan en dicho decreto, corresponden a:

- Parte del territorio de la provincia del Loa, que comprende el área rural de la comuna de Calama y la comuna de Ollagüe, es una extensa zona andina que ancestralmente ha sido ocupada por el Pueblo Atacameño y Quechua, quienes han entregado un legado cultural y social invaluable a la zona y al país.
- Las comunidades atacameñas y quechuas que habitan la Cuenca del Río Loa, con una población cercana a las 1.210 personas, han mantenido el uso de sus tierras y aguas ancestrales, subsistiendo con la explotación equilibrada de los recursos naturales del altiplano.
- Las comunidades Atacameñas de Caspana, Conchi Viejo, Lasana, Ayquina-Turi, Cupo, Toconce, San Francisco de Chui Chui y las comunidades Quechuas conforman un espacio territorial de homogeneidad cultural y ecológica indiscutible de aproximadamente 12.716,28 kilómetros cuadrados.

De esta forma, el territorio cuenta con 62 asociaciones indígenas y 17 comunidades indígenas, con un total de 878 familias, cuya sustentabilidad económica y productiva depende directamente de la condición del río Loa. Al 2015, existen 463 explotaciones agrícolas con una superficie total de 1.313 ha.[15].

[14] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD. http://desarrollohumano.cl/
[15] Agricultura Indígena Chilena. Análisis socioespacial de la agricultura según etnia. 2010. Programa Chile Indígena, Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.

Folio006107

6.3.1.3.4 Factores tecnológicos

El territorio cuenta con variadas redes de estaciones de monitoreo, donde destacan[16]:

- Estaciones meteorológicas, de la Dirección General de Aguas (DGA), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Dirección Meteorológica de Chile (DMC) y minera El Abra, las que monitorean variables como precipitación, temperatura, humedad relativa y evapotranspiración.
- Estaciones para calidad de agua de la DGA y Codelco.
- Estaciones fluviométricas de la DGA y Codelco.
- Estaciones sedimentológicas de la DGA.
- Estaciones de monitoreo de niveles de pozos de la DGA.

6.3.1.3.5 Factores ambientales

El territorio enfrenta un deterioro multicausal de la calidad ambiental del río Loa. En la actualidad el río Loa es utilizado por distintos actores (poblados, comunidades indígenas, empresas mineras) como una de las principales fuentes de captación de agua para propósitos agropecuarios, urbanos y sanitarios.

Dentro de estos usos en la cuenca, la industria minera posee una gran predominancia, debido a que en este lugar se encuentran los mayores yacimientos de cobre del país, lo que ha llevado a un aumento del consumo de recurso hídrico para los distintos procesos que se requieren en las faenas. En este sentido, la demanda de la cuenca proveniente del sector minero bordea el 60% del total. Asimismo, las demandas de aguas subterráneas devienen principalmente del sector minero con un 80%, seguido por el sector sanitario y otros usos con un 20%[17].

De esta forma, se ha provocado una disminución de los recursos hídricos disponibles, traduciéndose en una problemática persistente entre las mineras y los usuarios agrícolas. En el caso de Calama, se ha visto disminuida el área agrícola producto de la pérdida de los suelos cultivables a raíz de la expansión de la ciudad sobre estos terrenos por el incremento de la población derivada del auge de la actividad minera. En el caso de Quillagua, el

[16] Informe de Avance "Diagnóstico del caudal ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta".
[17] Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas.

Folio006108

problema se ha desencadenado por el desecamiento y contaminación de las aguas del río Loa. Si bien esta situación se atribuye a la actividad minera en diversos medios de comunicación, no existe información oficial de las causas de esta situación.

Así, el bajo caudal medio anual del río Loa sumado a la presión de uso por las actividades económicas, generan estrés sobre la biota lo que provoca pérdida de la biodiversidad. Complementariamente, el cambio climático está provocando un cambio en la distribución de las precipitaciones, las que si bien son escasas, son de mayor intensidad lo que permite una recarga de los acuíferos.

6.3.1.3.6 Factores legales

La normativa legal que tiene alcance en la Cuenca del río Loa corresponde a:

- Ley N° 19.175. Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional, que mandata a los GORES "fomentar y velar por la protección, conservación y mejoramiento del medio ambiente".
- Ley 20.017/2005 del Ministerio de Obras Públicas, que señala que "al constituir los derechos de aprovechamiento de aguas, la Dirección General de Aguas (DGA) velará por la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente, debiendo para ello establecer un caudal ecológico mínimo..."
- D.S. N° 90/2000 del MINSEGPRES que establece una "norma de emisión para la regulación de la contaminación asociada a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales".
- D.S. Nº 143/2008 del MINSEGPRES que establece normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.

Tabla 6.2. Matriz PESTAL - Cuenca del Río Loa.

Políticos	Económicos	Sociales	Tecnológicos	Ambientales	Legales
GORE Antofagasta encarga la realización del presente estudio para contar con un diagnóstico de la calidad ambiental del río Loa.	El PIB de la región, segundo más alto a nivel país, proviene principalmente de la actividad minera. En el territorio, la actividad agropecuaria también adquiere importancia aportando al 0,1% del PIB regional. Ambas actividades generan una alta presión de uso en la cuenca del río Loa. La normativa para la extracción del recurso hídrico no considera criterios ambientales.	El abastecimiento de agua potable de las principales ciudades de la región (Calama, Antofagasta, Tocopilla y Mejillones) se realiza a partir del recurso hídrico del río Loa.	El territorio cuenta con distintas estaciones para el monitoreo de variables meteorológicas, de calidad de agua, fluviométricas, sedimentológicas y de niveles de pozos.	Deterioro multicausal de la calidad ambiental del río Loa (documentado a través de diagnósticos).	Ley N° 19.175. Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional, que mandata a los GORES "fomentar y velar por la protección, conservación y mejoramiento del medio ambiente".
La Estrategia Regional de Desarrollo 2009-2020 de la Región de Antofagasta, tiene dentro de sus lineamientos el de "Región Sustentable" proponiendo como acción para ello "proteger el recurso hídrico a través de una eficiente administración, en concordancia con las condiciones regionales de extrema aridez y atendiendo a las presiones que se ejercen sobre su oferta limitada y poco conocida".		El territorio, cuenta con 62 asociaciones indígenas y 17 comunidades indígenas, con un total de 878 familias, cuya sustentabilidad económica y productiva depende directamente de la condición del río Loa. Al 2015, existen 463 explotaciones agrícolas con una superficie total de 1.313 ha.		El bajo caudal medio anual del río Loa sumado a la presión de uso por las actividades económicas, generan estrés sobre la biota lo que provoca pérdida de la biodiversidad.	Ley 20.017/2005 del Ministerio de Obras Públicas, que señala que "al constituir los derechos de aprovechamiento de aguas, la Dirección General de Aguas (DGA) velará por la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente, debiendo para ello establecer un caudal ecológico mínimo"
La Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta (2002), reconoce a cuenca del río Loa como uno de los tres ecosistemas de mayor importancia de la región, estableciendo como sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad la cuenca Alto Loa, el oasis de Quillagüa, el				El cambio climático está provocando un cambio en la distribución de las precipitaciones, las que si bien son escasas, son de mayor intensidad lo que permite una recarga de los acuíferos.	D.S. N° 90/2000 del MINSEGPRES que establece una "norma de emisión para la regulación de la contaminación asociada a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales".

Políticos	Económicos	Sociales	Tecnológicos	Ambientales	Legales
oasis de Calama y la desembocadura del río Loa.					
El "Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta, 2016" entrega lineamientos que buscan maximizar la función económica, social y ambiental del agua, en armonía con el medio ambiente.				Existencia de contaminación del cauce, debido a las actividades productivas desarrolladas en la cuenca.	D.S. Nº 143/2008 del MINSEGPRES que establece normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.
El Plan de Desarrollo Comunal (Pladeco) de la comuna de Calama incluye el lineamiento estratégico "Medio Ambiente".					

Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados de fuentes secundarias y talleres realizados en el marco del estudio.

Folio006111

6.3.2 Análisis de involucrados

6.3.2.1 Descripción

Se elabora una matriz de involucrados para identificar a aquellas personas y organizaciones interesadas en el éxito de la(s) propuestas que serán elaboradas como parte de la cartera; a aquellas que contribuyen o son afectadas por los objetivos de las mismas; y a quienes tienen un poder de influencia sobre los problemas a abordar.

Este análisis contribuye a identificar cuáles grupos y organizaciones están directa o indirectamente involucrados en un problema específico de desarrollo, así como para considerar los intereses, su potencial y limitaciones.

Además, permite definir cuáles grupos apoyarían una determinada estrategia para abordar el problema de desarrollo, así como los grupos que se opondrían a dicha estrategia.

6.3.2.2 Grupos de actores

A través de fuentes primarias y secundarios, se identifican 4 grandes grupos de involucrados: sector público, organizaciones usuarios de agua, organizaciones de la sociedad civil y empresas y usuarios privados. A través de distintos estudios y talleres realizados en el marco de este estudio, se pudo constatar que los problemas percibidos se relacionan principalmente con el deterioro progresivo de la cuenca y el ecosistema, la baja disponibilidad de agua y el bajo impacto de iniciativas estatales previas.

Asimismo, se constata el interés en generar acciones que reviertan las problemáticas detectadas pero con la participación de la mayor parte de involucrados. De esta forma, plantean la necesidad de desarrollar planes de gestión, generar sistemas de monitoreo públicos y generar competencias en la comunidad.

- **Servicios Públicos:**
    - Gobierno Regional de Antofagasta.
    - Intendencia Regional de Antofagasta.
    - Gobernaciones provinciales.
    - Ilustre Municipalidad de Calama.
    - Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública.
    - Corporación Nacional de Desarrollo indígena.
    - Dirección General de Aguas.
    - Dirección Regional de Planeamiento del MOP.
    - Super Intendencia de Servicios Sanitarios.
    - Corporación Nacional Forestal, Conaf.
    - Servicio Agrícola y Ganadero, SAG.
    - Instituto de Desarrollo Agropecuario, Indap.

Folio006112

- Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Servicio de Evaluación Ambiental.
- Secretaría Ministerial del Medio Ambiente.

- **Organizaciones de usuarios de aguas**
  - Juntas de Vigilancia.
  - Comunidades de agua.
  - Asociaciones de canalistas.
  - Comités de agua potable rural.

- **Organizaciones de la sociedad civil**
  - Organizaciones indígenas.
  - Organizaciones urbanas de Calama.

- **Empresas y usuarios privados**
  - Sector sanitario.
  - Sector minero.
  - Sector agrícola

Tabla 6.3 Matriz de involucrados

Grupos de actores	Intereses	Problemas percibidos	Recursos / mandatos	Interés en el proyecto
Sector público	Asegurar el desarrollo productivo, económico y social de la Región de Antofagasta y sus habitantes.	Deterioro del ecosistema. Contaminación de la Cuenca del río Loa. Alta presión de uso por parte de la actividad minera y agrícola.	Liderar el proceso de planificación regional articulando la inversión pública y financiando iniciativas de inversión para promover el desarrollo sustentable de la región de Antofagasta con equidad y eficiencia contribuyendo, con ello, a mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Generación y fiscalización de normativas para la conservación del ecosistema.	Detener el deterioro del ecosistema, generando un plan de gestión que involucre a todos los actores que tienen incidencia en éste. Generar un sistema de monitoreo público de variables ambientales. Desarrollar capacidades para utilizar herramientas generadas en estudio "Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa". Involucrar activamente a los actores públicos y privados.
Organizaciones civiles	Sustentabilidad para el desarrollo de sus actividades económicas. Conservación de los recursos naturales de la región.	Deterioro de la cuenca del río Loa. Baja disponibilidad de agua para la actividad agropecuaria. Bajo o nulo impacto de los estudios realizados por el Estado, ya que éstos no se materializan en acciones concretas.	-	Generar herramientas para que las comunidades monitoreen la condición del río. Desarrollar competencias en la propia comunidad para que el uso de las herramientas sea de largo plazo. Implementar planes de mitigación.
Empresas privadas	Sustentabilidad para el desarrollo de sus actividades económicas.	Deterioro de la cuenca del río Loa.	Infraestructura instalada en el territorio para el desarrollo de actividades productivas. Infraestructura para el monitoreo de variables ambientales.	Generación de normas secundarias para aguas del río Loa.

Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados de fuentes secundarias y talleres realizados en el marco del estudio

Folio006114

6.3.3 Diagnóstico

6.3.3.1 Definición del problema

A través de la herramienta árbol de problema, se identificó que el problema central es la "***Vulnerabilidad socioambiental de la población dependiente de la Cuenca del río Loa***". El árbol de problema se entrega en la Figura 6.10, y se construyó en base a las fuentes de información indicadas en el punto 6.3.3.2.1.3.

Este problema es originado por un deterioro de la cuenca del río Loa, producido por tres líneas causales. La cuenca se enfrenta a una continua extracción del recurso hídrico debido al consumo humano, agrícola y minero. Estas actividades económicas, productivas, sociales y culturales que se realizan en el territorio, involucran una alta demanda que supera a la oferta disponible de la cuenca en distintas zonas y épocas, han causado una disminución del caudal del río situación que será potenciada por efecto del cambio climático. Adicionalmente, la descarga de elementos contaminantes y existencia de pasivos ambientales producto de la actividad antrópica, deterioran continuamente la calidad del agua. Finalmente, se identifica un deterioro en zonas de importancia ecológica generado en parte por la realización de actividades culturales y recreativas. Todos estos factores, han llevado a una pérdida de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos del río.

Complementariamente, y también como efecto del cambio climático, se ha generado una modificación en la frecuencia y volumen de las precipitaciones, las que son de menor ocurrencia, pero con mayor intensidad ocasionando crecidas del río de mayor magnitud. Sin embargo, a la fecha no se han implementado suficientes medidas de mitigación para estos eventos, lo cual afecta directamente a los poblados aledaños a la cuenca.

Finalmente, se observa una escasa integración y coordinación público privada para abordar estas causas de la problemática central, lo que ha impedido el diseño e implementación de soluciones integrales para la cuenca.

El efecto final de la problemática central, es una disminución de la sostenibilidad productiva, económica y social del territorio, afectando directamente la calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, a la fecha no se han implementado suficientes medidas de mitigación para estos eventos, lo cual afecta directamente a los poblados aledaños a la cuenca.

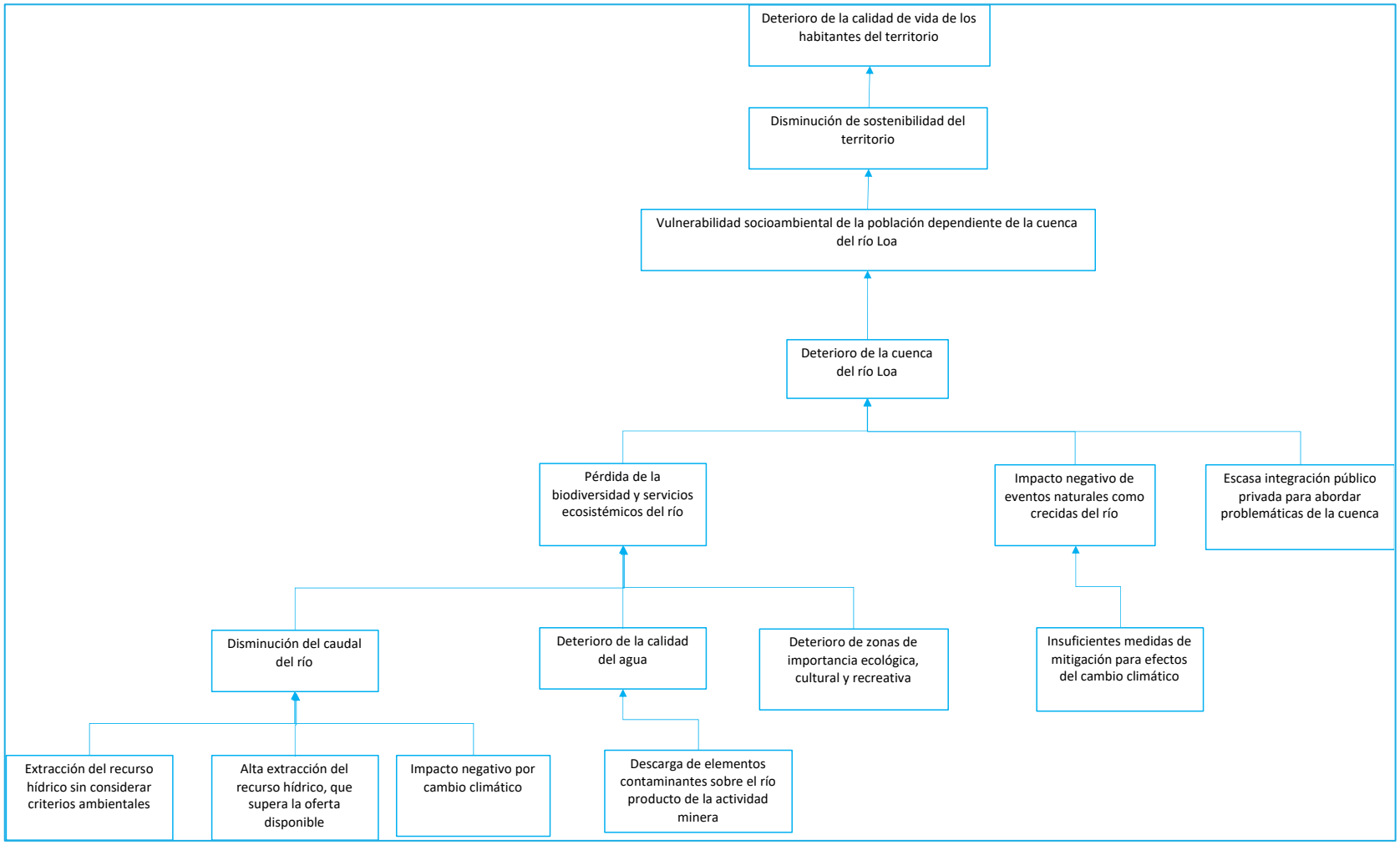


Figura 6.10 Árbol de problemas – Cuenca del río Loa

Fuente: Elaboración propia.

Folio006116

6.3.3.2 Diagnóstico de la necesidad del programa

6.3.3.2.1 Dimensión del problema

El problema que plantea esta propuesta "***Vulnerabilidad socioambiental de la población dependiente de la Cuenca del río Loa***", se encuentra directamente relacionado con el uso y estado actual de la cuenca del río Loa, siendo este recurso un factor estratégico para la sustentabilidad y sostenibilidad del territorio, factor que se incorpora de forma prioritaria en políticas públicas medioambientales a nivel internacional, nacional y regional.

6.3.3.2.1.1 Marco regional, nacional e internacional

I. Marco regional

i. Estrategia Regional de Desarrollo 2009-2020

Este programa se enmarca en el lineamiento 3 "Región Sustentable" de la Estrategia Regional de Desarrollo 2009-2020, donde se propone proteger el Medio Ambiente y sus recursos naturales, promoviendo la sustentabilidad del territorio.

A través de este lineamiento se reconoce las particularidades geográficas y sociales de la región, junto con establecer que existen presiones de las actividades económicas sobre los recursos naturales, especialmente sobre los recursos hídricos y biodiversidad. En particular este lineamiento plantea "*proteger el recurso hídrico a través de una eficiente administración, en concordancia con las condiciones regionales de extrema aridez y atendiendo a las presiones que se ejercen sobre su oferta limitada y poco conocida*", lo que concuerda a cabalidad con lo que se pretende abordar en este programa.

ii. Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta (2002).

Esta estrategia define dentro de sus necesidades de acción el "Fomento a la investigación, tanto en temas de la biodiversidad, como de los efectos de la acción humana sobre su desarrollo". Se hace también mención de la necesidad de "Elaborar un plan de educación regional sobre protección, conservación y potencialidad de los ecosistemas regionales, dirigido no sólo a estudiantes, sino también a los grupos que explotan los recursos naturales como actividad económica y a las autoridades encargadas de su fiscalización, con el fin de que la comunidad en su conjunto descubra el valor de la biodiversidad.

Respecto de esta estrategia, cabe señalar que si bien fue evaluada en 2015 no cuenta con una versión actualizada. Sin embargo, en 2017 se presenta la "**Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030",** de alcance país y cuyos objetivos estratégicos incluyen la promoción del uso sustentable de la biodiversidad para el bienestar humano; el desarrollo de la conciencia, la participación, la información y el conocimiento sobre la biodiversidad; el desarrollo de una institucionalidad acorde a los desafíos; la inserción de objetivos de

Folio006117

biodiversidad en políticas, planes y programas del sector público y privado; y la protección y restauración de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

iii. Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Antofagasta

Este plan se enmarca en el desafío de planificar las intervenciones del Ministerio de Obras Públicas (MOP) para esta región, sobre la base de un nuevo proceso de planificación orientado a concordar con diversas entidades públicas y privadas de cada región del país, las principales iniciativas de inversión de infraestructura y gestión del recurso hídrico necesarias para la región, en conformidad con su visión de desarrollo de mediano y largo plazo. El objetivo de este plan es "*Contribuir eficaz y eficientemente al desarrollo sustentable de la Región de Antofagasta, mediante la satisfacción de la demanda de mediano plazo (2021) a través de la provisión de servicios de infraestructura y la gestión del Recurso Hídrico, aumentando su disponibilidad, mejorando la conectividad y accesibilidad regional e internacional, promoviendo plataformas de servicios logísticos y mejorando las condiciones de habitabilidad de los asentamientos humanos, con énfasis en la pertinencia e identidad cultural*. En particular, en el ámbito del recurso hídrico, este plan tiene como objetivo "Fortalecer la gestión, administración y fiscalización de los recursos hídricos por parte de la institucionalidad, asegurando el uso sustentable del recurso hídrico, potenciando y promoviendo su uso eficiente, a través de todas aquellas acciones e iniciativas que puedan relacionarse con la eficiencia hídrica".

iv. Plan de Desarrollo Comunal 2010-2017 (Pladeco) comuna de Calama

El Pladeco de la comuna de Calama (actualmente en proceso de actualización) incluye el lineamiento estratégico "Medio Ambiente", el cual busca contribuir al desarrollo comunal consolidando un sistema de gestión ambiental que integre a múltiples actores y recursos de nivel local, regional y nacional en pos de mantener a la comuna libre de contaminantes ambientales. En este sentido, plantea dentro de sus objetivos:

- Promover la protección de los ecosistemas comunales frágiles y de la flora y fauna poco conocida y en peligro de extinción.
- Proteger el Recurso Hídrico atendiendo a la condición de extrema aridez de la Región y a las presiones que se ejercen sobre su oferta limitada.

II. <u>Marco nacional</u>

i. Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030

Este instrumento tiene como misión "Impulsar la conservación de la biodiversidad del país, en todos sus niveles, en un marco de buena gobernanza territorial, que garantice el acceso justo y equitativo a los bienes y servicios ecosistémicos para las generaciones actuales y futuras, y fomente las capacidades del país para resguardar, restaurar y usar

Folio006118

sustentablemente este patrimonio y legado natural". Dentro de los objetivos y lineamientos estratégicos de este instrumento se encuentran:

- OEI. Promover el uso sustentable de la biodiversidad para el bienestar humano, reduciendo las amenazas sobre ecosistemas y especies.
  - Identificación, promoción y apoyo en la implementación de buenas prácticas productivas, conducentes a reducir el grado de amenaza de la contaminación sobre los ecosistemas naturales, incluyendo la reducción de sustancias químicas tóxicas sobre suelos y aguas.
  - Desarrollo de acciones para el uso eficiente del agua, el manejo apropiado y restauración de los suelos, en el marco del combate a la desertificación, disminuyendo la presión de uso del agua desde acuíferos agotados.
- OEII. Desarrollar la conciencia, la participación, la información y el conocimiento sobre la biodiversidad, como base del bienestar de la población.
  - Fomento de la importancia de la conservación de la biodiversidad, incrementando su valoración económica y no económica por parte de todos los sectores de la población, a través de los instrumentos de educación formal y no formal en todos sus niveles y la sensibilización a distintos organismos públicos y privados.
  - Difusión y transferencia de conocimientos e información a la ciudadanía, relativa a la biodiversidad y sus factores de amenaza, a través de distintas plataformas y mecanismos de difusión y acceso público.
  - Fortalecimiento de los mecanismos institucionales para la participación social en la toma de decisiones para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, especialmente en el nivel local.

ii. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025

Este instrumento propone una hoja de ruta en materia de gestión de los recursos hídricos con miras al 2025. Dentro de sus ejes estratégicos se establecen:

- **Gestión eficiente y sustentable:**
  - **Establecer política que incentive la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH):** busca contar con un conocimiento profundo de la disponibilidad y calidad del agua, de las condiciones en que se aprovecha ésta y de los objetivos de cada cuenca, de modo de identificar las acciones y medidas deseables y viables para cada cuenca en particular, a través de instancias de coordinación y participación entre los actores involucrados.
  - **Protección de la calidad de los recursos hídricos:** a través de la implementación plena de los instrumentos para el control de la contaminación previstos en la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, como las normas de calidad ambiental de las aguas y los planes de prevención y de descontaminación asociados. Asimismo, constituye un

Folio006119

objetivo prioritario prevenir la contaminación difusa de las aguas superficiales y subterráneas.

- **Protección de la cantidad de los recursos hídricos:** busca, entre otras acciones, aumentar la eficiencia en el uso del agua a través de acciones como incentivo a la inversión privada en tecnificación del riego; fomento a la inversión en obras medianas de riego que promuevan la gestión eficiente del recurso; y la fijación de los criterios para el establecimiento del caudal ecológico mínimo en el acto de constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de agua.

- **Enfrentar la escasez:**
  - **Desalación:** Se promoverá el uso de agua desalada en aquellas regiones o zonas del país en que no exista suficiente disponibilidad del recurso proveniente de fuentes convencionales, y en que el desarrollo económico de las mismas haga viable la aplicación de este tipo de solución.
  - **Otras fuentes de agua no convencionales:** Se estudiarán y evaluarán fuentes no convencionales de agua, tales como la conducción de caudales de agua desde cuencas con disponibilidad del recurso hacia cuencas del país que presentan escasez por medio de ductos submarinos o terrestres y el bombardeo de nubes, entre otros. La implementación de éstas y otras medidas dependerá de las necesidades, los costos y su utilidad para paliar el déficit de agua, por lo que se dará prioridad a aquellas alternativas que respondan de mejor forma a las necesidades del país.

III. Marco internacional

i. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

A nivel mundial, el Programa de Desarrollo para las Naciones Unidas (PNUD), ha establecido los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Mundiales, los cuales son un llamado para adoptar medidas que pongan fin a la pobreza, protejan el planeta y garanticen que todas las personas gocen de paz y prosperidad. Chile, como estado miembro del PNUD, suscribió y comprometió el cumplimiento de este programa. Dentro de estos objetivos, se encuentra “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”, el cual define entre sus metas:

- De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.
- De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.

Folio006120

- De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos. Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.

Adicionalmente, estudios hacen referencia a la problemática central. Según el informe "Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile 2016" de la OCDE, en la última década Chile ha logrado avances considerables en materia de política ambiental. Sin embargo, existen desafíos relevantes en torno a los recursos hídricos. Uno de estos desafíos es la escasez y contaminación del agua, especialmente en zonas donde se concentra la agricultura y la minería.

En relación a la calidad de agua, el informe de la OCDE señala que es en la región central del país donde existen los principales problemas de contaminación. El limitado acceso a plantas de tratamiento de aguas servidas, sumado a las grandes escorrentías de tierras agrícolas han implicado una acumulación de residuos orgánicos en los estuarios, humedales y lagos costeros. Asimismo, en el norte del país la actividad minera ha generado un aumento en los niveles de cobre y sales en algunos ríos.

El informe de la OCDE señala que Chile, entre otras medidas, debe:

- Adoptar normas secundarias de calidad de las aguas superficiales para la mayoría de las cuencas fluviales del norte, que son particularmente afectadas por la minería.
- Diseñar normas adecuadas para las aguas subterráneas.
- Mejorar la obtención de datos para evaluar el estado de los cuerpos de agua y las zonas costeras.
- Eliminar la práctica que tienen algunos municipios de descargar aguas servidas en el mar tras sólo realizar un tratamiento primario.
- Recopilar datos oficiales acerca del tratamiento de aguas en zonas rurales.

Complementariamente, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), todavía se está a tiempo para que los estados decidan frenar la contaminación y restablecer la calidad de los ríos y lagos ya contaminados. Para ello, la UNEP recomienda:

- Monitorización, ya que medir constantemente y recabar datos permite comprender la magnitud del desafío mundial respecto de la calidad del agua. Se debe enfatizar el monitoreo de ríos acerca de los cuales no se tienen datos.
- Evaluaciones, toda vez que se requiere identificar lugares prioritarios y acciones recomendadas.
- Implementar nuevas opciones técnicas y de gestión, ya que los países en desarrollo tienen la oportunidad de implementar opciones técnicas modernas

Folio006121

para gestionar la calidad del agua, dejando de lado enfoques tradicionales que en otros países no lograron los resultados esperados

- Establecer instituciones efectivas, puesto que se necesita crear instituciones fuertes, con recursos, que puedan implementar las acciones correctas para controlar la contaminación del agua

6.3.3.2.1.2 Cuantificación del problema

La cuenca del río Loa, enfrenta un deterioro multicausal de su calidad ambiental. En la actualidad el río Loa es utilizado por distintos actores (poblados, comunidades indígenas, empresas mineras) como una de las principales fuentes de captación de agua para propósitos agropecuarios, urbanos y sanitarios.

Dentro de estos usos en la cuenca, la industria minera posee una gran predominancia, debido a que en este lugar se encuentran los mayores yacimientos de cobre del país, lo que ha llevado a un aumento del consumo de recurso hídrico para los distintos procesos que se requieren en las faenas. En este sentido, la demanda de la cuenca proveniente del sector minero bordea el 60% del total. Asimismo, las demandas de aguas subterráneas devienen principalmente del sector minero con un 80%, seguido por el sector sanitario y otros usos con un 20%.

De esta forma, se ha provocado una disminución de los recursos hídricos disponibles, traduciéndose en una problemática persistente entre las mineras y los usuarios agrícolas. En el caso de Calama, se ha visto disminuida el área agrícola producto de la pérdida de los suelos cultivables a raíz de la expansión de la ciudad sobre estos terrenos por el incremento de la población derivada del auge de la actividad minera. En el caso de Quillagua, el problema se ha desencadenado por el desecamiento y contaminación de las aguas del río Loa. Si bien esta situación se atribuye a la actividad minera en diversos medios de comunicación, no existe información oficial de las causas de esta situación.

Así, el bajo caudal medio anual del río Loa sumado a la presión de uso por las actividades económicas, generan estrés sobre la biota lo que provoca pérdida de la biodiversidad. Complementariamente, el cambio climático está provocando un cambio en la distribución de las precipitaciones las que, si bien son escasas, son de mayor intensidad lo que permite una recarga de los acuíferos.

A través del estudio “Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta” fue posible determinar el caudal mínimo necesario para abastecer los distintos requerimientos ecosistémicos en 10 Áreas de Evaluación de la Condición (AEC) (Palpana, Calina, Ayquina, Lasana, Chiu Chiu, Calama Alto, Calama Medio, Calama Bajo, Coya y Quillagua) y según 4 componentes:

Folio006122

- **Componente de requerimientos sociales:**
  - Uso de recursos permanentes para provisión de agua de bebida a la comunidad (consuntivos).
  - Uso de recursos permanentes o eventuales para mantención y desarrollo de actividades ancestrales (consuntivos y no consuntivos).
  - Uso de recursos para el desarrollo de actividades productivas de sustento básico y de identidad de la región (consuntivos).
- **Componente de requerimientos ecológicos:**
  - Recursos pasantes para la mantención de la altura y velocidad en la sección que dan origen al hábitat de la biota (no consuntivos).
  - Cantidad del recurso necesario para la mantención de niveles adecuados de otras variables relevantes como, por ejemplo, salinidad, temperatura, entre otras (no consuntivos).
- **Componente de servicios relevantes para el desarrollo (estratégicos):**
  - Recursos utilizados para el desarrollo de actividades fundamentales para el desarrollo de la(s) comunidad(es) y la región (consuntivos y no consuntivos).
  - Recursos de aprovisionamiento futuro considerados para el crecimiento y desarrollo en la región (consuntivos).
- **Componente de servicios relevantes para usuarios (no estratégicos):**
  - Recursos para la mantención de condiciones hidráulicas que permitan usos derivados, como pesca y recreacionales (no consuntivos).
  - Recursos destinados para la producción agropecuaria no básica, pero de interés para la población, como aquellos recursos que pueden ser obtenidos fuera de la región (consuntivos).

En función del requerimiento de cada componente, el caudal ambiental y el porcentaje de abastecimiento según la disponibilidad actual se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 6.4. Caudal ambiental según requerimiento social (agua potable) (m^3/s).

AEC	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
01_Palpana	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
02_Calina												
03_Ayquina												
04_Lasana												
05_Chiu_Chiu												
06_Calama_Alto												
07_Calama_Medio	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
08_Calama_Bajo												
09_Coya												
10_Quillagua												

Fuente: Estudio "Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta".

Tabla 6.5. Nivel de abastecimiento según caudal disponible para requerimiento social (agua potable) (%).

AEC	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
01_Palpana	60%	62%	65%	67%	66%	69%	65%	59%	54%	60%	66%	62%
02_Calina												
03_Ayquina												
04_Lasana												
05_Chiu_Chiu												
06_Calama_Alto												
07_Calama_Medio	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
08_Calama_Bajo												
09_Coya												
10_Quillagua												

Fuente: Estudio "Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta".

Tabla 6.6. Caudal ambiental según requerimiento ecológico (m^3/s).

AEC	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
01_Palpana	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19	0,18	0,16	0,15	0,17	0,18	0,17
02_Calina	0,48	0,49	0,48	0,49	0,48	0,47	0,47	0,46	0,45	0,49	0,51	0,52
03_Ayquina												
04_Lasana	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,36	0,37	0,38
05_Chiu_Chiu	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	0,60	0,61	0,61	0,62	0,64	0,65	0,65
06_Calama_Alto	0,60	0,60	0,61	0,63	0,62	0,62	0,61	0,60	0,61	0,65	0,75	0,62
07_Calama_Medio	0,46	0,46	0,46	0,47	0,46	0,45	0,45	0,45	0,46	0,49	0,55	0,48
08_Calama_Bajo	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,17
09_Coya	0,80	0,81	0,82	0,85	0,84	0,82	0,80	0,80	0,81	0,85	0,95	0,86
10_Quillagua	0,85	0,89	1,00	1,07	1,03	0,96	0,89	0,86	0,88	0,92	0,94	0,88

Fuente: Estudio "Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta".

Tabla 6.7. Nivel de abastecimiento según caudal disponible para requerimiento ecológico (%).

AEC	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
01_Palpana	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
02_Calina	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
03_Ayquina												
04_Lasana	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
05_Chiu_Chiu	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
06_Calama_Alto	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
07_Calama_Medio	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
08_Calama_Bajo	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
09_Coya	72%	100%	100%	100%	100%	100%	85%	64%	53%	48%	98%	73%
10_Quillagua	33%	81%	100%	100%	100%	100%	73%	34%	28%	21%	23%	17%

Fuente: Estudio "Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta".

Tabla 6.8. Caudal ambiental según requerimiento desarrollo (riego e industria) (m^3/s).

AEC	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
01_Palpana												
02_Calina	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,14	0,15	0,15	0,12	0,12	0,09	0,09
03_Ayquina	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04_Lasana	0,30	0,28	0,28	0,34	0,40	0,51	0,57	0,56	0,42	0,39	0,31	0,29
05_Chiu_Chiu	0,16	0,15	0,15	0,21	0,28	0,37	0,43	0,41	0,26	0,24	0,17	0,15
06_Calama_Alto	0,33	0,35	0,45	0,52	0,67	0,77	1,11	1,23	1,12	0,77	0,59	0,42
07_Calama_Medio	0,25	0,27	0,34	0,40	0,51	0,58	0,84	0,93	0,84	0,58	0,45	0,32
08_Calama_Bajo	0,37	0,38	0,43	0,47	0,55	0,60	0,78	0,84	0,78	0,60	0,51	0,41
09_Coya	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
10_Quillagua	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Fuente: Estudio "Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta".

Tabla 6.9. Nivel de abastecimiento según caudal disponible para requerimiento de desarrollo (%).

AEC	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
01_Palpana												
02_Calina	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
03_Ayquina	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
04_Lasana	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
05_Chiu_Chiu	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
06_Calama_Alto	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%	71%	77%	100%	100%	100%
07_Calama_Medio	100%	100%	100%	100%	100%	100%	63%	46%	48%	100%	100%	100%
08_Calama_Bajo	68%	100%	100%	100%	100%	54%	26%	16%	14%	32%	86%	80%
09_Coya	0%	60%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
10_Quillagua	0%	0%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fuente: Estudio "Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta".

Tabla 6.10. Caudal ambiental según requerimiento desarrollo (riego e industria) (m^3/s).

AEC	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
01_Palpana	0,33	0,34	0,36	0,37	0,37	0,38	0,36	0,33	0,30	0,33	0,37	0,34
02_Calina	0,85	0,86	0,85	0,86	0,86	0,83	0,83	0,82	0,80	0,87	0,91	0,92
03_Ayquina	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
04_Lasana												
05_Chiu_Chiu												
06_Calama_Alto	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
07_Calama_Medio	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
08_Calama_Bajo	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
09_Coya	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
10_Quillagua												

Fuente: Estudio "Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta".

Tabla 6.11. Nivel de abastecimiento según caudal disponible para requerimiento de desarrollo (%).

AEC	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
01_Palpana	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
02_Calina	96%	97%	96%	97%	96%	93%	93%	91%	89%	98%	100%	100%
03_Ayquina	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	83%	94%	100%	100%	100%
04_Lasana												
05_Chiu_Chiu												
06_Calama_Alto	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
07_Calama_Medio	100%	100%	100%	100%	100%	100%	36%	0%	6%	100%	100%	100%
08_Calama_Bajo	97%	100%	100%	100%	100%	100%	84%	68%	63%	85%	100%	100%
09_Coya	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
10_Quillagua												

Fuente: Estudio "Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta".

Folio006127

A partir de los desarrollos anteriores, en la Tabla 6.12 se presenta el cuadro resumen de caudales ambientales a nivel mensual para cada una de las áreas de estudio.

Tabla 6.12: Caudal ambiental mensual en m^3/s según AEC.

AEC	Caudal ambiental total en m^3/s por Área de Evaluación de la Condición (AEC)											
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Palpana	0.51	0.52	0.55	0.57	0.56	0.59	0.56	0.50	0.46	0.51	0.56	0.53
Calina	0.85	0.86	0.85	0.86	0.86	0.83	0.83	0.82	0.80	0.87	0.91	0.92
Ayquina	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Lasana	0.66	0.63	0.64	0.69	0.75	0.86	0.92	0.91	0.77	0.76	0.68	0.67
ChiuChiu	0.78	0.76	0.76	0.82	0.88	0.97	1.04	1.02	0.88	0.88	0.83	0.80
Calama Alto	0.93	0.95	1.05	1.15	1.29	1.39	1.72	1.83	1.72	1.42	1.34	1.03
Calama Medio	0.71	0.73	0.81	0.87	0.98	1.04	1.29	1.38	1.30	1.07	1.00	0.80
Calama Bajo	0.52	0.54	0.59	0.63	0.71	0.75	0.93	0.99	0.93	0.76	0.68	0.58
Coya	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
Quillagua	0.91	0.95	1.06	1.13	1.09	1.02	0.95	0.92	0.94	0.98	1.00	0.94

En función de los caudales demandados y disponibles, se define el déficit del caudal actual respecto del caudal ambiental requerido:

Tabla 6.13. Déficit actual respecto al caudal ambiental requerido (m^3/s).

AEC	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
01_Palpana	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02_Calina	-0,04	-0,03	-0,04	-0,03	-0,03	-0,06	-0,06	-0,07	-0,09	-0,02	0,02	0,03
03_Ayquina	0,03	0,05	0,07	0,07	0,05	0,04	0,00	-0,02	-0,01	0,10	0,21	0,09
04_Lasana	1,12	1,13	1,13	1,06	1,01	0,85	0,81	0,79	0,92	1,04	1,18	1,25
05_Chiu_Chiu	0,64	0,65	0,66	0,58	0,52	0,40	0,35	0,33	0,47	0,56	0,66	0,73
06_Calama_Alto	0,62	0,65	0,60	0,69	0,47	0,32	-0,12	-0,36	-0,26	0,39	1,30	0,64
07_Calama_Medio	0,27	0,40	0,44	0,47	0,29	0,05	-0,31	-0,50	-0,43	0,01	0,63	0,29
08_Calama_Bajo	-0,12	0,11	0,24	0,20	0,05	-0,28	-0,57	-0,71	-0,67	-0,41	-0,07	-0,08
09_Coya	-0,29	-0,03	0,14	0,38	0,27	0,06	-0,19	-0,36	-0,45	-0,51	-0,09	-0,31
10_Quillagua	-0,63	-0,23	0,46	0,81	0,59	0,17	-0,30	-0,63	-0,69	-0,79	-0,78	-0,80
TOTAL	**-0,63**	**-0,23**	**-0,04**	**-0,03**	**-0,03**	**-0,28**	**-0,57**	**-0,71**	**-0,69**	**-0,79**	**-0,78**	**-0,80**

Fuente: Estudio "Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta".

Como se observa en la Tabla 6.13, la cuenca del río Loa presenta un déficit mensual para satisfacer los requerimientos de la población, influyendo directamente en la sostenibilidad de las actividades productivas y calidad de vida de estos habitantes.

Este resultado evidencia una de las subcausas identificadas en el árbol de problemas (Figura 6.10), la cual corresponde a la "Disminución de caudal del río". Esta disminución del caudal

Folio006128

del río, tal como se explica en el Capítulo 4: “Desarrollo OE-2” del presente informe, es producto de las presiones ejercidas sobre el sistema y bajo un escenario “natural” del río el déficit respecto al caudal ambiental es nulo.

6.3.3.2.1.3 Fuentes de información

- Estudio “Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta”. 2020.
- Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas.
- Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Antofagasta. 2012. Ministerio de Obras Públicas.
- Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas.
- Gobierno Regional de Antofagasta.
- Comisión Nacional de Medio Ambiente.
- Plan de Desarrollo Comunal, Ilustre Municipalidad de Calama.

6.3.3.2.2 Justificación de la necesidad del programa

Como se observa en el árbol de problemas, una de las causas asociadas a la problemática central está relacionada con la presión de uso de la cuenca del río Loa, lo cual conlleva un déficit del caudal disponible para satisfacer los requerimientos a nivel global del territorio.

A partir de esta problemática, se identifica el siguiente árbol de objetivos:

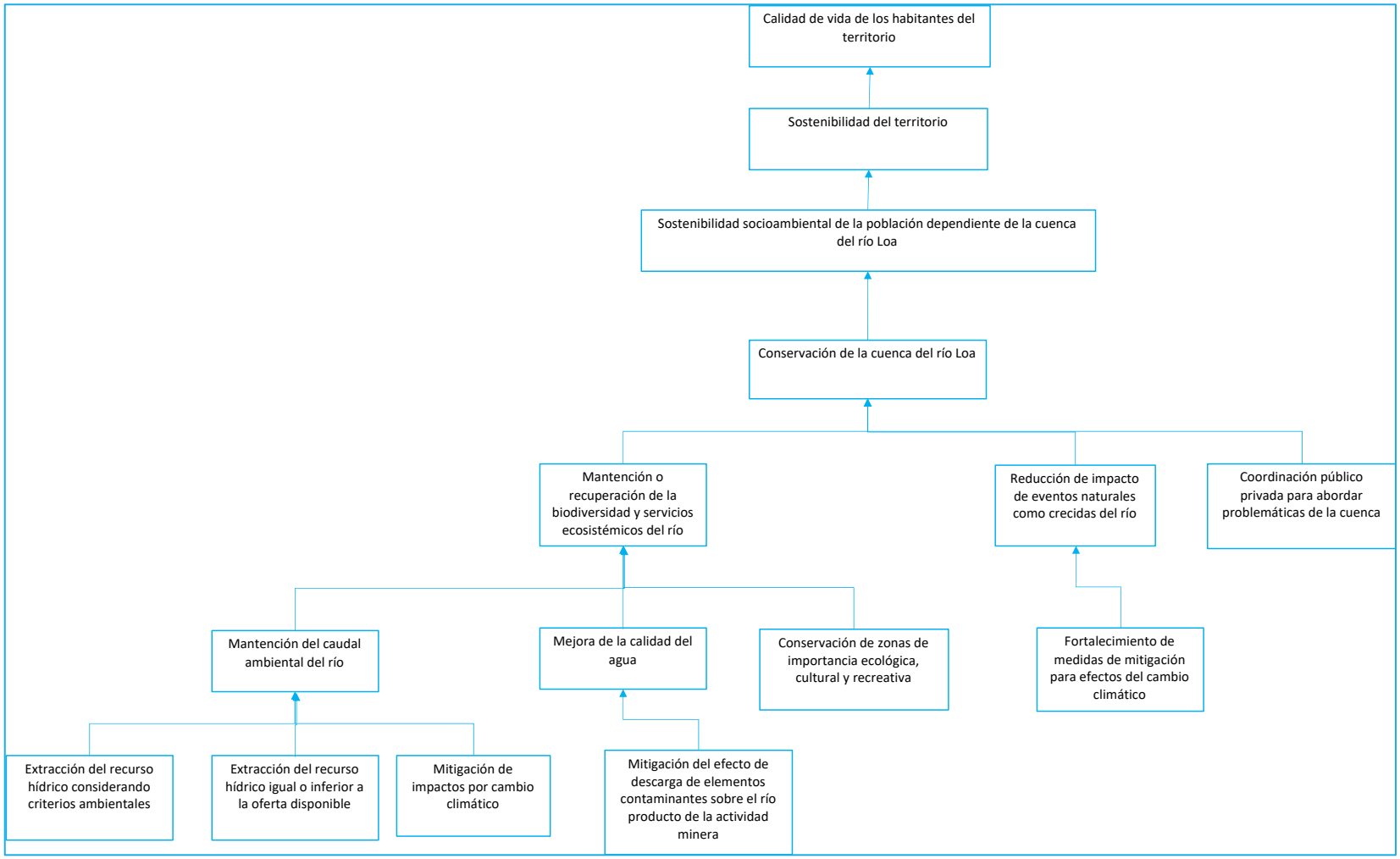


Figura 6.11 Árbol de objetivos.

Fuente: Elaboración propia.

Folio006130

A partir de este árbol, se identifican las siguientes alternativas de solución:

Tabla 6.14. Alternativas de solución.

Causa	Alternativa de solución
Extracción del recurso hídrico sin considerar criterios ambientales.	Generación de normas u otros instrumentos de gestión ambiental, para regular la extracción del recurso hídrico bajo criterios ambientales.
Alta extracción del recurso hídrico, cuyo volumen supera la oferta hídrica disponible.	Generación de fuentes alternativas de abastecimiento de agua.
Impacto negativo por cambio climático.	Generación de fuentes alternativas de abastecimiento de agua.
Descarga de elementos contaminantes.	Generación de normas para regular las descargas de contaminantes. Recuperación o descontaminación de sitios de importancia ecológica.
Deterioro de zonas de importancia ecológica, cultural y recreativa.	Recuperación de sitios de relevancia ecológica, cultural y recreativa.
Inexistencia de medidas de mitigación para efectos del cambio climático.	Implementación de obras de mitigación para crecidas y desbordes del río.
Escasa integración de involucrados para conservación del ecosistema.	Implementación de instancias de coordinación público privadas para la gestión de la cuenca. Desarrollo de capacidades en la comunidad para su participación activa en la gestión de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia en base a árbol de problemas y objetivos.

Este programa busca dar solución a tres de las causas basales identificadas, en particular la "Alta extracción del recurso hídrico", "Deterioro de zonas de importancia ecológica, cultural y recreativa" y "Escasa integración de involucrados para conservación del ecosistema".

En el caso de la integración de actores, se espera que a través de un trabajo coordinado puedan codiseñarse y desarrollarse planes de acción conjunta para la definición de normas de regulación que involucren a actores de alcance nacional y también, que puedan definirse aquellas obras de mitigación para crecidas y desbordes que requieren de una alta inversión pública. De esta forma, si bien son alternativas de solución que no serán abordadas por este programa dado que requieren previamente la coordinación de los actores involucrados, se espera sentar las bases para su desarrollo en el mediano plazo.

Para ello, se proponen 3 componentes:

- **Componente 1:** Definición de alternativas de abastecimiento. Comprende la evaluación ambiental, técnica y económica de alternativas para el abastecimiento de agua de la población que satisfagan los requerimientos en al menos uno de los ámbitos establecidos, es decir, ámbito de desarrollo productivo, ámbito ecológico, ámbito social o ámbito de usuarios.

Folio006131

- **Componente 2:** Recuperación de sitios de relevancia. Comprende la elaboración de planes de intervención para sitios de importancia ecológica, hidrológica y socio-productivos, de modo de disminuir su deterioro y asegurar la sustentabilidad en su uso por parte de la población. La elaboración de estos planes incorporará análisis de costos, factibilidad técnica y búsqueda de alternativas de financiamiento, además de la implementación de al menos tres de ellos durante el segundo año de ejecución de este programa.
- **Componente 3:** Gestión efectiva del programa. Comprende el establecimiento de una gobernanza público – privada que gestione la posterior implementación de las iniciativas identificadas con esta propuesta, además de generar acciones para dar solución a los factores causales que no son abordados con esta propuesta. Asimismo, incluye la generación de capital social a través de la sensibilización de la comunidad afectada por la problemática y de los actores públicos y privados con ámbito de acción en el territorio.

6.3.3.2.2.1 Experiencias previas

A nivel nacional e internacional, se han desarrollado iniciativas públicas y privadas, cuyo propósito es la búsqueda de fuentes alternativas de abastecimiento hídrico, ya sea con fines productivos, industriales y sociales. Dentro de éstas, se encuentran las siguientes:

i. **NEWater de Singapur**[18].

Singapur ha implementado una estrategia de reutilización del agua, mediante el cual pretende alcanzar una cobertura de más de un 50% de la demanda en el año 2060. Para producir este recurso, Singapur cuenta con cuatro plantas de tratamiento de aguas, en Bedok (2002; 82.000 m3/día), Kranji (2002; 100.030 m3/día), Ulu Pandan (2007; 148.000 m3/día) y Changi (2009; dos plantas con 228.000 m3/día). Además, está prevista la ampliación de una de estas plantas (Kranji con 22.730 m3/día más) y la construcción de una nueva (Tuas) con 228.000 m3/día

El tratamiento que se aplica está basado primero en un tratamiento convencional de aguas residuales, posteriormente en un sistema de micro y ultra filtración a través de determinadas membranas, luego una osmosis inversa y finalmente la aplicación de rayos ultravioleta que permite desinfectar de bacterias el agua y obtener una pureza adecuada. Asimismo, al final del proceso y en función del uso posterior, se adicionan algunos productos químicos alcalinos para restaurar el equilibrio del pH. Este tratamiento, que ha sido sometido a numerosos test científicos, cumple con los

[18] https://www.iagua.es/blogs/eduardo-perero/newater-aceptacion-social-uso-agua-regenerada-caso-singapur

Folio006132

estándares de agua potable establecidos tanto de la Organización Mundial de la Salud (OMS) como de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)

La utilización principal de esta agua es esencialmente industrial y para distintos sistemas de refrigeración. Solamente durante los meses secos, el agua procedente de la reutilización se mezcla con la existente en embalses para su utilización como agua potable.

Una de las ventajas del agua regenerada frente a la desalación, es que se puede ajustar la calidad del agua en el proceso de tratamiento, en función de su destino, además de suponer un recurso disponible localmente. Asimismo, con la instalación de sistemas de recogida de aguas residuales diferenciadas por su composición, se permite optimizar los tratamientos a desarrollar en cada caso según su origen. Este diseño de diferenciación según su origen y destino permite optimizar las plantas y sus procesos y, por tanto, ajustar los recursos a las necesidades en cada momento.

Uno de los aspectos que se considera más significativos de la experiencia NEWater es cómo han desarrollado y sigue desarrollando toda una serie de acciones proactivas para mejorar la aceptación social del uso de agua regenerada, lo que ha permitido involucrar a todos los niveles de la sociedad. Así, se han implementado acciones desde clásicos programas de educación hasta novedosos planes de comunicación que permiten convencer al ciudadano que NEWater es salubre para el consumo y a la industria, que el agua resulta adecuada a sus necesidades.

Entre estas acciones se encuentran actividades informativas a miembros del parlamento e implicación de los medios de comunicación, además de crear un Centro de Visitantes de Información sobre NEWater, en el cual existen distintos programas educativos y científicos para estudiantes, aula al aire libre y la generación de embajadores del agua.

Para convencer a determinadas industrias se construyó una planta piloto para simular condiciones de fábrica similares, para que pudieran probar el uso de agua regenerada en sus procesos y fuera testada por los propios responsables de dichas fábricas.

Para la ciudadanía, una pequeña proporción de esta agua se mezcla con agua rica en nutrientes que se encuentra almacenada en depósitos de lluvia, y una vez procesada se embotella. Dichas botellas se distribuyen gratuitamente en distintos eventos, con la finalidad de dar a conocer este proyecto a la ciudadanía y poder facilitar la aceptación social del mismo.

Parte del éxito también, ha sido la capacidad de desarrollar un ecosistema de empresas, técnicos y profesionales que trabajan en la materia y atraer el

Folio006133

conocimiento de expertos de todo el mundo, que además de conocimiento generan confianza en la sociedad de que se están aplicando las tecnologías más avanzadas del momento.

ii. Proyecto "Desalinización de aguas salobres mediante electrodiálisis y energía solar fotovoltaica para uso agrícola en la localidad de Quillagua, Antofagasta". Código PYT-2010-0159.[19]

Este proyecto se ejecuta en 2010 por la Universidad Católica del Norte con financiamiento FIC Región de Antofagasta y FIA. Quillagua, integra la red de localidades dependientes de la comuna de María Elena (Provincia de Tocopilla, Región de Antofagasta). Los habitantes de Quillagua, viven principalmente de la explotación de pequeños predios agrícolas de su pertenencia, siendo sus principales productos alfalfa y maíz. Hasta 2010 han utilizado el sistema agroforestal para producción de sus cultivos, los que han decaído por graves alteraciones de la cantidad y calidad de las aguas del río Loa. Esta situación afecta la calidad de vida de la población, lo cual influye directamente en el desarrollo de esta comunidad, la que de seguir en esta situación tiene una proyección futura bastante negativa. Si a este problema, se le suma la falta de energía eléctrica, dificulta cualquier solución tecnológica disponible. Las aguas superficiales provenientes del río Loa, contienen alta salinidad y elevados niveles de arsénico y boro, por lo que no es apto ni para consumo ni para el riego agrícola. En la actualidad, el agua potable es llevada a través de camiones aljibe, la que es utilizada sólo para satisfacer las necesidades básicas del consumo humano, por lo que la incipiente agricultura tiene que utilizar las aguas salobres contaminadas del río Loa. En tal sentido, surge la necesidad de resolver de manera sustentable el problema del agua para que esta localidad vuelva a resurgir como un oasis agrícola en medio del desierto, mediante una agricultura más tecnificada que les permita cultivar productos como el tomate, entre otras hortalizas, y pueda atender las necesidades de hortalizas frescas de las comunas cercanas de María Elena, Calama y Antofagasta. Este proyecto buscó usar la tecnología de electrodiálisis para la desalinización y remoción de arsénico y boro de las aguas contaminadas del río Loa. Se eligió la Electrodiálisis (ED) porque era la única tecnología de desalinización que permitía regular la calidad del agua tratada (desalinizada). Esta tecnología es ampliamente utilizada por las grandes empresas como las mineras o sanitarias de la Región de Antofagasta debido a que permite obtener altas tasas de producción de agua desalinizada a menor tiempo, pero con grandes consumos de energía eléctrica. Esto último hace inviable para pequeñas poblaciones que no cuentan con una actividad económica que le permita sustentar

[19] https://www.opia.cl/601/w3-article-7162.html

Folio006134

la desalinización del agua salobre superficial o subterránea. Para salvar la dependencia de la energía eléctrica, se utilizó la energía solar fotovoltaica que genera corriente continua de aplicación inmediata para el proceso de ED propuesto.

iii. Proyecto "Reúso de agua servida para la producción de flores de corte en un sistema aeropónico recirculante". Código PYT-2015-0171.[20]

Este proyecto ejecutado en 2015 por la Universidad Arturo Prat con el financiamiento de FIA, se origina dado que la región de Tarapacá presenta una condición de escasez hídrica basado principalmente en la disponibilidad de agua natural continental confinada principalmente en acuíferos que sustenta los diferentes usos (minería, agricultura, industria y población), y que en las principales cuencas la demanda supera la oferta generando limitaciones para nuevos emprendimientos. A partir de estos antecedentes se hizo necesario diversificar la matriz del agua a través de la desalinización del agua de mar y el reúso del agua residual urbana. Otro aspecto asociado también al recurso hídrico es la eficiencia en el uso, donde el 70% de la actividad agrícola de la región de Tarapacá se riega por inundación que presenta una eficiencia de riego entre un 40 a 50%; y, además los cultivos regados con sistema presurizados, tales como goteo, generan procesos de contaminación difusa a los acuíferos o cursos superficiales de agua. A partir de estos antecedentes se propone en este proyecto la reutilización de aguas residuales urbanas tratadas para la evaluación y desarrollo comercial de la aeroponía para producción de flores de corte. El resultado marco será generar una propuesta de modelo de negocio agrícola para la Región de Tarapacá, que permitirá redireccionarse hacia una agricultura familiar campesina sustentable, innovadora, competitiva y con impacto social por la demanda de mano de obra directa e indirecta.

iv. Aguas Residuales como nueva fuente de agua. Diagnóstico del potencial reúso de aguas residuales en la Región de Valparaíso. Gobierno Regional de Valparaíso. Código BIP 30351025-0.

Este proyecto, adjudicado por Fundación Chile en 2014 y financiado por el Gobierno Regional de Valparaíso, plantea sentar en la discusión una de las opciones de "nueva fuente de agua", como lo es el agua residual tratada. Esto a través del desarrollo de un modelo conceptual que permita evaluar diferentes escenarios de reúso de las aguas residuales tratadas, como por ejemplo las que provienen de los emisarios submarinos, que son aguas que actualmente están siendo desaprovechadas, al ser

[20] https://www.opia.cl/601/w3-article-3500.html

descargadas al mar, y cuyo volumen, sólo en la región de Valparaíso, alcanzaría para regar 27 mil ha de uva, con descarga anual que supera los volúmenes de los embalses proyectados.

El proyecto realiza un análisis estratégico de la Región de Valparaíso, considerando el agua como un bien compartido por diferentes usuarios en un territorio común. El alcance del análisis establece como potenciales beneficiarios a la agricultura, industria y minería quienes al aprovechar estas aguas pueden potencialmente dejar agua disponible en los acuíferos para otros usos, como por ejemplo el consumo humano. Para ello, se levanta un diagnóstico de las fuentes de aguas residuales (oferta); se identifica a los principales consumidores de agua de la región (Huella Hídrica); se ubican las zonas con riesgo hídrico, para determinar una demanda potencial por el agua de reúso, y se realiza una evaluación técnico-económica, para la implementación del sistema de reúso de aguas residuales en la región.

v. Proyectos privados de la industria minera para desalinización de agua[21].

La angloaustraliana BHP Billiton en su principal yacimiento, Escondida, ha invertido a fines de 2019 más de US$ 4.000 millones en plantas desalinizadoras. Partió con la primera planta de la industria en 2006, sumó una segunda en 2018 y ahora está ejecutando una nueva ampliación. La inversión ha permitido a Escondida reducir gradualmente su consumo de agua desde acuíferos altoandinos. A noviembre de 2019 ese consumo fue de un 32% (del total) y a partir de 2020 ese porcentaje caerá a no más del 12%. Para sus faenas de Cerro Colorado y Spence también se tiene en marcha la construcción de plantas desaladoras.

En el caso de Antofagasta Minerals (AMSA), en tanto, el 45% de toda el agua utilizada en sus faenas proviene del mar, incrementando dicho porcentaje desde un 9% en 2008. Hoy sus operaciones de Michilla y Antucoya se abastecen completamente de agua de mar (desalada o en estado natural), en Centinela la mayor parte también proviene de esa fuente, mientras que en Los Pelambres (Región de Coquimbo) el proyecto Infraestructura Complementaria (INCO), que inició su construcción a mediados de 2019, incluye una planta desaladora cuyo uso está planificado para períodos de escasez hídrica.

Finalmente, Anglo American tiene la meta de reducir en 50% la extracción de agua fresca en zonas con escasez hídrica al año 2030. Entre los ejes que tiene su plan está

[21] Fundación Terram. https://www.terram.cl/2019/12/escasez-hidrica-empuja-a-las-mineras-a-abandonar-el-uso-de-agua-fresca/

Folio006136

la búsqueda de fuentes de abastecimiento alternativas, como aguas residuales de procesos sanitarios y termoeléctricos.

En función de las experiencias previas descritas, es posible señalar que a nivel nacional e internacional se ha realizado la búsqueda de alternativas de abastecimiento hídrico como solución a escenarios de escasez hídrica. Dentro de estas alternativas, se puede mencionar el tratamiento de aguas residuales, procesos de desalinización e infiltración. La selección de la mejor alternativa, dependerá del propósito final de modo de ajustar la solución a los fines productivos, industriales o sociales definidos. Asimismo, y como se observa en la experiencia de Singapur, el involucramiento de la comunidad y los stakeholders, es clave para el éxito de la alternativa implementada ya que permite el desarrollo del capital social en torno a la problemática y facilita la sostenibilidad de largo plazo.

6.3.3.3 Factores de riesgo

Tabla 6.15. Factores de riesgo identificados para el programa

Riesgo	Tipo	Probabilidad	Plan de contingencia
Baja participación de comunidades en el modelo participativo de gestión del territorio	Interno	Baja	a) Complementar la iniciativa con una Gira Tecnológica para mostrar iniciativas similares a nivel internacional y demostrar su importancia y valor. b) Incrementar la participación a través de reuniones adicionales dirigida a cada público objetivo y con los directores y profesores de escuelas certificadas a modo de motivarlos a participar activamente en el programa. c) Crear un reconocimiento anual asociado al cuidado del territorio.
Inexistencia de alternativas de abastecimiento que sean técnica, económica y ambientalmente viables para el territorio.	Externo	Baja	a) Diseño de iniciativas de innovación que puedan abordar los requerimientos de abastecimiento en el territorio.

Fuente: elaboración propia.

Folio006137

6.3.4 Objetivos

6.3.4.1 Fin

Contribuir a la sustentabilidad social, ambiental y económica de las comunas aledañas a la Cuenca del río Loa, mediante el aseguramiento de la disponibilidad del caudal ambiental requerido en el territorio.

6.3.4.2 Propósito

El territorio de influencia de la cuenca del río Loa cuenta con planes de acción técnica, ambiental y económicamente viables para asegurar el caudal ambiental y conservación del recurso hídrico además de promover la recuperación de sitios de importancia ecológica, cultural y recreativa en el territorio. Lo anterior, a través de un trabajo coordinado entre los actores públicos y privados involucrados y la población afectada.

Folio006138

6.3.5 Poblaciones

6.3.5.1 Población de referencia

La población afectada por el problema antes descrito, corresponde a los habitantes de las comunas de Antofagasta, Calama, María Elena, Mejillones, Ollagüe, Tocopilla y Sierra de la Región de Antofagasta, dado que son éstas las usuarias de la cuenca. En este territorio, la población total localizada es de 172.188[22] personas, distribuida de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 6.16. Población de referencia.

Comuna	Mujeres	Hombres	Total
Antofagasta	180.027	181.846	361.873
Calama	79.682	86.049	165.731
María Elena	2.365	4.092	6.457
Mejillones	5.432	8.035	13.467
Ollagüe	114	207	321
Tocopilla	12.705	12.481	25.186
Sierra Gorda	1.524	8.662	10.186
Total	**281.849**	**281.849**	**281.849**

Fuente: Censo 2017, INE.

6.3.5.1.1 Descripción de la población

Contexto general

La Región de Antofagasta presenta una superficie regional aproximada de 500 kilómetros de longitud, y abarca un área de 126.049,1 kilómetros cuadrados, equivalentes al 16,7% del territorio nacional divididas en las provincias de Antofagasta, El Loa y Tocopilla. Según el Censo 2017[23], cuenta con una población de 607.534 habitantes (315.014 hombres y 292.520 mujeres). La principal actividad productiva de la región es la minería, aportando cerca del 50% del PIB regional. A la actividad minera le siguen en importancia para la región las actividades de construcción; con un aporte del 13%, duplicando la importancia relativa que este sector posee a nivel nacional, y los servicios financieros y empresariales; con un aporte a la actividad de la región del 12%[24].

[22] http://resultados.censo2017.cl/Region?R=R02.
[23] www.censo2017.cl.
[24] Reportes estadísticos distritales 2017. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Folio006139

La cuenca del río Loa, es un recurso esencial para la sustentabilidad de la región y se ubica administrativamente en las regiones de Tarapacá y Antofagasta y cubre una superficie total de 33.570 km^2 con perímetro que alcanza una extensión de 874 km. Esta cuenca limita al norte con la Cuenca Pampa del Tamarugal; al sur, con Cuencas Quebrada Caracoles y Salar de Atacama; al oriente con Cuencas Fronterizas Michincha; y al poniente, con Cuencas Costeras Quebrada Caracoles.

El río Loa es el principal curso de agua que recorre el Desierto de Atacama y el único que desemboca en el mar. Su hoya abarca las comunas de Calama y María Elena, siendo el poblado urbano más grande la ciudad de Calama. En las zonas altas de la cuenca se emplazan diversas localidades con presencia de comunidades indígenas, principalmente atacameñas, pertenecientes al Área de Desarrollo Indígena (ADI) Alto el Loa, mientras que en las cercanías de la desembocadura del río se encuentra el poblado de Quillagua.

En la cuenca del río Loa se desarrolla parte de la agricultura de la región, concentrando aproximadamente el 38% del total de superficie regada. En los últimos años (1975-2014) se ha observado un decaimiento de la superficie cultivada en más de un 50%[25]. Este escenario podría explicarse dado que en general las comunidades han tenido problemas con el abastecimiento y calidad del recurso hídrico para poder desarrollar la agricultura, debido a las extracciones mineras y a las condiciones naturales del territorio, que explican la presencia de ciertos analitos en el agua y cuya concentración se ve incrementada por dicha actividad minera. Además, muchos de los títulos de agua no han sido regularizados. En general la actividad agrícola se desarrolla para subsistencia en las comunidades o para vender productos en la ciudad de Calama.

El río Loa fue declarado agotado en el año 2000 para otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamiento superficial, consuntivo y permanente. Con respecto al agua subterránea, sólo el sector hidrogeológico Salar de Llamara ha sido declarado área de restricción para otorgamiento de nuevos derechos, el año 2012. Complementariamente, en la zona se encuentran protegidos acuíferos y vegas.

[25] Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas.

Folio006140

Figura 6.12 Declaración de agotamiento del Río Loa y sus afluentes. Resolución DGA 197, 14 de febrero de 2000.
Fuente: Observatorio georreferenciado DGA, 2020.

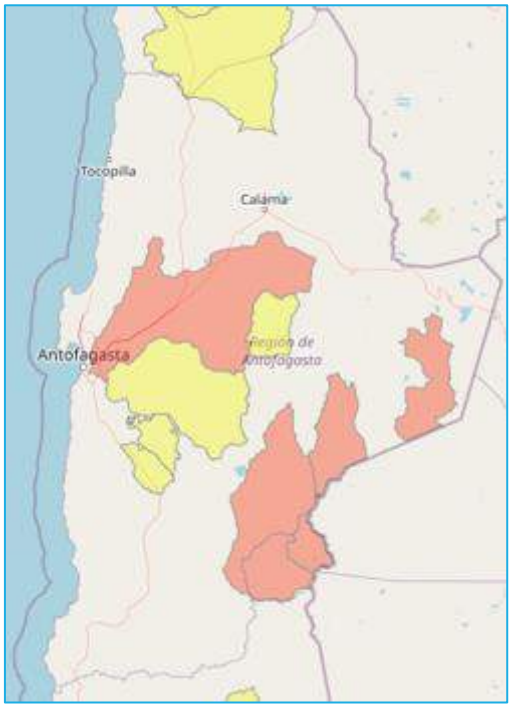


Figura 6.13 Áreas de restricción (amarillo) y zonas de prohibición (rojo), Región de Antofagasta.
Fuente: Observatorio georreferenciado DGA, 2020.

Figura 6.14 Acuíferos protegidos, Región de Antofagasta.
Fuente: Observatorio georreferenciado DGA, 2020.

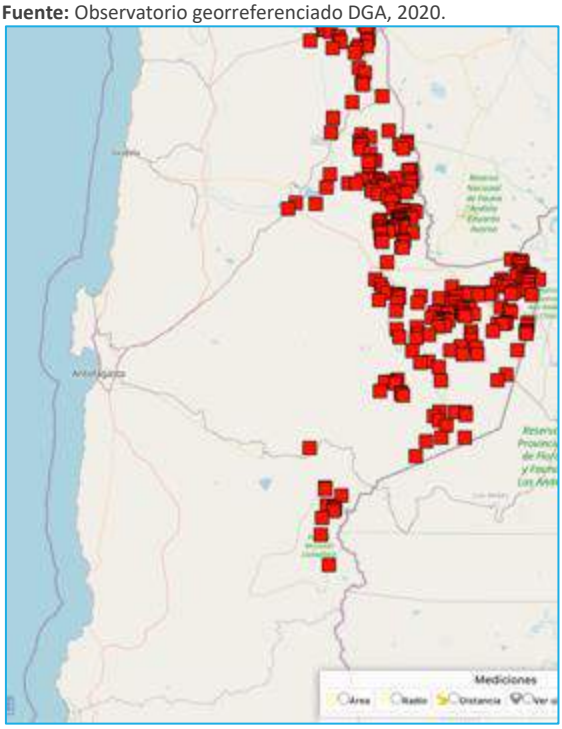


Figura 6.15 Vegas protegidas, Región de Antofagasta.
Fuente: Observatorio georreferenciado DGA, 2020.

Folio006141

En la zona alta de la cuenca, y en los afluentes del río Salado se encuentran las captaciones pertenecientes a Aguas Antofagasta, agua que es extraída para abastecer de agua potable a las ciudades de Calama, Antofagasta, Mejillones, Tocopilla y Sierra Gorda.

En esta cuenca se ubican también importantes faenas mineras, como Chuquicamata, Radomiro Tomic, Minera El Abra y SQM[26].

6.3.5.1.2 Sector Río Loa Alto

En esta zona se encuentran las localidades de Taira, San Pedro Estación y Conchi Viejo. La comunidad de Taira se dedica principalmente a la ganadería para autoconsumo y la producción a pequeña escala de productos de la lana de los animales La localidad de San Pedro Estación, en tanto, vivía de la agricultura y la ganadería, y prácticamente la totalidad de sus habitantes emigraron gradualmente a Calama dada la escasez del agua y problemas de contaminación. En los últimos años se ha planteado una recuperación de la infraestructura y de hectáreas para uso agrícola, lo que está impulsando el regreso de sus antiguos pobladores.

Respecto al uso del agua, en la zona de las vegas protegidas, en las cercanías del afluente río Blanco, hay derechos de la Comunidad Quechua de Ollagüe, equivalentes a 13 L/s. En el río Loa hay solicitudes de regularización de derechos de agua de la Comunidad Indígena Atacameña de Taira y la Comunidad Atacameña de Conchi Viejo, y en el río San Pedro solicitud de regularización para un particular[27].

En la zona de nacimiento del río Loa se encuentran acuíferos y vegas protegidos, al igual que en el río San Pedro (Inacaliri, Ojo de San Pedro, Carcanal, entre otras).

En este tramo del río Loa se encuentran las captaciones de Aguas Antofagasta denominadas Lequena y Quinchamale, con un caudal total de 850 L/s otorgado.

En el sector del cauce del río Salado y sus afluentes, se ubican en tanto las localidades de Caspana, Toconce, Turi, Ayquina y Cupo, con una población de 381 personas, en su totalidad rural.

La principal actividad es la agricultura de subsistencia con una superficie cultivada es de 104 ha, de las cuales cerca del 70% es ocupada por alfalfa. Se cuenta además con una masa ganadera importante, por lo que un tema relevante es el aumento del forraje, asociada a

[26] Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Antofagasta. 2012. Ministerio de Obras Públicas.
[27] Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas.

Folio006142

las vegas y bofedales. Para las comunidades de Turi y Cupo, la ganadería ovina ocupa el primer lugar en la base económica[28].

En esta zona se ubican tres captaciones de Aguas Antofagasta, totalizando un caudal otorgado de 660 L/s, y un derecho antiguo de Codelco con un caudal de 400 L/s[29].

Ésta es una zona donde hay varios poblados, los cuales, en general, no tienen un abastecimiento de agua potable de buena calidad. Esta situación se contradice con el hecho de que en esta parte de la cuenca del río Loa hay varias extracciones de Aguas Antofagasta, la cual es usada para abastecer a otras ciudades de la región. Además, se puede señalar la importancia que tiene para la comunidad la protección de las vegas, ya que son su fuente de recurso hídrico para desarrollar la agricultura y ganadería.

6.3.5.1.3 Sector Río Loa Medio

En este sector se ubican las localidades de Chiu-Chiu, Lasana y Calama, capital provincial, siendo esta última la ciudad con más población de la zona.

La principal actividad productiva en las zonas rurales es la agricultura, en particular en Lasana y Chiu-Chiu con 207 ha de zonas cultivadas de alfalfa y maíz para autoconsumo y hortalizas para venta en Calama. En Calama, en tanto, existen 464 ha de superficie cultivada, destacando la alfalfa y el maíz. En relación al pastoreo, los abrevaderos de los ganados están en zonas de vegas y bofedales. La producción ganadera es reducida, totalizando 1.264 cabezas de ganado entre Chiu-Chiu y Lasana[30].

Al norte de la ciudad de Calama se localizan las faenas mineras Codelco Chuquicamata, Codelco Norte, El Abra y Ministro Hales, por lo que la actividad económica de la ciudad se relaciona con la minería y los servicios.

Esta zona tiene dos acuíferos protegidos que alimentan vegas y bofedales, y es donde se emplazan las localidades. Además, en las vegas Yalquincha y Calama está el sitio prioritario para la biodiversidad Oasis de Calama, el mayor oasis de la región de Antofagasta.

Esta zona de la cuenca del río Loa se caracteriza por la presencia de las faenas mineras de Codelco, lo que ha influido en el estilo de vida de la ciudad de Calama. Esta situación no se refleja en las zonas rurales, especialmente en las localidades indígenas, las cuales mantienen su actividad agrícola de subsistencia, haciendo uso de sus derechos ancestrales,

[28] VII Censo agropecuario y forestal 2006-2007. Ministerio de Agricultura. Odepa.
[29] Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas.
[30] VII Censo agropecuario y forestal 2006-2007. Ministerio de Agricultura. Odepa.

Folio006143

los cuales no todos están regularizados. Sí se puede señalar que en esta zona hay Comunidades de Aguas inscritas en la DGA, muchas de las cuales extraen aguas de bocatomas en la zona rural de Calama y en las localidades de Chiu-Chiu y Lasana.

6.3.5.1.4 Sector Río Loa Bajo

En esta zona de la cuenca del río Loa se localiza la comuna de María Elena, en donde se emplazan los centros poblados de María Elena y Quillagua.

La actividad agrícola de Quillagua ha ido disminuyendo en los últimos años. Al año 2007 la superficie de riego era de 8,8 ha, donde se cultivaba principalmente alfalfa, mientras que en el año 2014 esta superficie disminuyó a 1 ha. El principal inconveniente para el desarrollo de la agricultura es la falta de agua. A esta zona el río Loa llega con escaso caudal, dado que sus aguas son capturadas aguas arriba por las empresas mineras y sanitarias[31].

6.3.5.1.5 Áreas de Desarrollo Indígena

La Región de Antofagasta cuenta con 2 Áreas de Desarrollo Indígena (ADI): Atacama La Grande y Alto El Loa. Esta última, abarca las comunas de Calama y Ollagüe, y fue promulgada por el Decreto 189 del 08 de octubre de 2003. Las características del territorio que dan origen a esta ADI, y que se estipulan en dicho decreto, corresponden a:

- Parte del territorio de la provincia del Loa, que comprende el área rural de la comuna de Calama y la comuna de Ollagüe, es una extensa zona andina que ancestralmente ha sido ocupada por el Pueblo Atacameño y Quechua, quienes han entregado un legado cultural y social invaluable a la zona y al país.
- Las comunidades atacameñas y quechuas que habitan la Cuenca del Río Loa, con una población cercana a las 1.210 personas, han mantenido el uso de sus tierras y aguas ancestrales, subsistiendo con la explotación equilibrada de los recursos naturales del altiplano.
- Las comunidades Atacameñas de Caspana, Conchi Viejo, Lasana, Ayquina-Turi, Cupo, Toconce, San Francisco de Chui Chui y las comunidades Quechuas conforman un espacio territorial de homogeneidad cultural y ecológica indiscutible de aproximadamente 12.716,28 kilómetros cuadrados.

[31] Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas

Folio006144

6.3.5.2 Población potencial

La población potencial corresponde a aquellas personas que desarrollan alguna actividad productiva que depende de los servicios ecosistémicos de la cuenca del río Loa. Dentro de éstas se contemplan actividades industriales, mineras, de pesca y agrícolas, además de actividades de fomento desarrolladas por actores públicos.

Asimismo, la población potencial está compuesta por toda la comunidad que utiliza el río para provisión de agua potable, actividades ancestrales y actividades recreacionales.

Considerando lo anterior, en particular se identifican los siguientes segmentos:

- Empresas que desarrollan actividades productivas del área minera, agrícola, pesca o de servicios.
- Personas que pertenecen a comunidades y asociaciones indígenas localizadas en la ADI Alto El Loa.
- Operadores turísticos de las comunas Antofagasta, Calama, María Elena, Mejillones, Ollagüe, Tocopilla y Sierra Gorda.
- Niños y jóvenes en edad escolar matriculados en establecimientos certificados por el Ministerio del Medio Ambiente de las comunas de Antofagasta, Calama, María Elena, Mejillones, Ollagüe, Tocopilla y Sierra Gorda.
- Beneficiarios de Comités de Agua Potable Rural de las comunas de Antofagasta, Calama, María Elena, Mejillones, Ollagüe, Tocopilla y Sierra Gorda.
-

6.3.5.2.1 Descripción de la población potencial

Comuna de Antofagasta

La comuna de Antofagasta tiene una superficie de 30.718,1 km^2. De acuerdo al Censo 2017, tiene una población de 361.873 habitantes (180.027 mujeres y 181.846 hombres), de los cuales el 21,1% se ubica en un rango etario de menos de 15 años; un 71% entre 15 y 64 años y un 7,9% en un rango superior a 65 años.

El 8% de la población declara pertenecer a algún pueblo originario, siendo la Mapuche (36,4%), Aymara (22,0%), Diaguita (14,3%) y Lican Antai (9,9%%) las etnias con mayor incidencia dentro de la población. Al 2019, en la

Figura 6.16 Mapa Comuna de Antofagasta

Folio006145

comuna se encontraban registradas 5 asociaciones indígenas y 5 agrupaciones indígenas[32].

Tabla 6.17. Asociaciones indígenas de la comuna de Antofagasta.

Nombre	Nº de socios
Asociación de Agricultores Indígenas de Antofagasta o Asaia	30
Asociación Agricultores Indígenas Nuevo Amanecer Antofagasta o Aina	25
Asociación Indígena de Regantes y Agricultores del Kilómetro 12 de Antofagasta	53
Asociación Indígena Productiva Altos La Portada	42
Asociación Urbana De Antofagasta	6
Total	*156*

Al 2016, la comuna contaba con 20.186[33] empresas, de las cuales el 65,2% pertenecían al segmento de microempresa; 19,5% al segmento pequeña; 3,0% al segmento mediana; y 1,0% al segmento de grandes empresas. La siguiente tabla, muestra el total de empresas y trabajadores, según rubro económico en la comuna.

Tabla 6.18. Número de empresas y número de trabajadores por rubro económico, comuna de Antofagasta.

Rubro económico	Nº de empresas	Nº de trabajadores
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	134	1.191
Pesca	34	216
Explotación de minas y canteras	198	5.397
Industrias manufactureras no metálicas	800	9.620
Industrias manufactureras metálicas	848	11.366
Suministro de electricidad, gas y agua	37	3.507
Construcción	2.202	30.015
Comercio al por mayor y menor	6.623	18.431
Hoteles y restaurantes	1.238	5.154
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	2.347	8.786
Intermediación financiera	414	1.097
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	3.169	14.279
Adm. pública y defensa, planes de seg. social	10	4.672
Enseñanza	198	7.126
Servicios sociales y de salud	641	3.393
Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales	1.181	2.634
Consejo de administración de edificios y condominios	21	182
Organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0
Sin información	91	22
Total	*20186*	*127088*

Fuente: Reportes Estadísticos Comunales, 2017.

[32] Estadísticas sociales indígenas. Región de Antofagasta. Documento Elaborado por la Unidad de Estudios Dirección Nacional CONADI, 2019.
[33] Para efectos de cuantificación de la población potencial, se considerarán empresas de los rubros agricultura, pesca, minería y suministro de electricidad y agua.

Folio006146

Respecto de los operadores turísticos que se sitúan en la comuna, a abril de 2020 se encontraban registrados 229 operadores segmentados en 41 clases[34].

Tabla 6.19. Número de operadores turísticos por clase, comuna de Antofagasta.

Clase	Número de operadores
Agencia de viajes emisiva	2
Agencia de viajes receptiva y emisiva	4
Alquiler de automóviles	4
Alquiler de bicicletas	1
Apart - Hotel	9
Artesanía Independiente.	2
Bed and Breakfast, Alojamiento Familiar u Hospedaje Rural	1
Buceo en apnea	2
Buceo recreativo autónomo	1
Canotaje	2
Casino de Juego	1
Centro Cultural	1
Centro o feria artesanal.	3
Cicloturismo	1
Departamentos Turísticos y/o Ejecutivos	2
Deslizamiento sobre arena o sandboard	1
Deslizamiento sobre olas (Surf, Bodyboard, Kneeboard y similares)	2
Desplazamiento en cables: Canopy, Tirolesa y Arborismo	1
Especializado	1
Excursionismo o trekking	3
General	7
Hostal	21
Hotel	58
Local	1
Observación de flora y fauna	1
Paseos Náuticos	2
Pesca Recreativa	1
Pub	3
Recorrido en vehículos todo terreno u off road	2
Residencial	9
Restaurante	24
Salón de Té o Café	2
Senderismo o hiking	3
Servicios de Artesanía Tradicional y/o Contemporánea	1
Servicios de buses de turismo	1
Servicios de taxis de turismo	11

[34] https://registro.sernatur.cl/

Folio006147

Clase	Número de operadores
Servicios de transporte de pasajeros por carretera interurbana	6
Servicios de transporte permanente de pasajeros al aeropuerto	8
Tour operador doméstico o interno	9
Tour operador receptivo	7
Tour operador receptivo y emisivo	6
Sin información	2
Total	*229*

Fuente: Registro Sernatur, 2020.

En el caso de Comités de Agua Potable, al 2014 la comuna no contaba con este tipo de organización.

Finalmente, respecto de los establecimientos educacionales de la comuna que han aprobado la certificación del SNCAE, al 2019 la comuna contaba con 20[35] establecimientos con nivel de certificación básico, medio y de excelencia.

Tabla 6.20. Nº de establecimientos educacionales con certificación ambiental, comuna de Antofagasta.

Dependencia	Nivel de certificación				Matrícula total
	Básico	Medio	Excelencia	Total	
Jardín municipal	**1**	**1**		**2**	
Escuela de párvulos Marcela Paz		1		1	270
Escuela de párvulos Semillita	1			1	282
Junji		**3**	**1**	**4**	
Jardín infantil Bambi			1	1	s/i
Jardín infantil Caracolito		1		1	s/i
Jardín infantil Sueños de Colores		1		1	s/i
Jardín infantil Tortuguina		1		1	s/i
Municipal	**1**	**6**	**3**	**10**	
Escuela Padre Gustavo Le Paige D-65		1		1	1235
Escuela D-138 Ecológica Padre Alberto Hurtado		1		1	780
Escuela D-68 José Papic Radnic	1			1	1347
Escuela Gonzalez Echegoyen		1		1	1195
Escuela Japón		1		1	1192
Escuela N° 23 Presbiteriana		1		1	666
Escuela República de los Estados Unidos		1		1	598

[35] Para efectos de cuantificación de la población potencial, se considerarán solo los establecimientos de enseñanza básica y media.

Folio006148

Dependencia	Nivel de certificación				Matrícula total
	Básico	Medio	Excelencia	Total	
Instituto Científico Educacional José Maza Sancho			1	1	614
Liceo Andrés Sabella			1	1	1.436
Liceo B-13 Domingo Herrera Rivera			1	1	1.087
Particular pagado		**1**	**1**	**2**	
Colegio San Patricio		1		1	731
The Antofagasta British School			1	1	817
Particular subvencionado	**1**	**1**		**2**	
Colegio New Heaven High School		1		1	2.217
Fundación Educacional Javiera Carrera	1			1	367
Total general	***3***	***12***	***5***	***20***	***14.834***

Tabla 6.21. Matrícula en establecimientos educacionales con certificación ambiental, comuna de Antofagasta.

Establecimiento	Parvularia	Básica	Media / Técnico Profesional	Adultos	Total
Escuela de párvulos Marcela Paz	270	0	0		270
Escuela de párvulos Semillita	282	0	0		282
Escuela Padre Gustavo Le Paige D-65	104	1.131	0		1.235
Escuela D-138 Ecológica Padre Alberto Hurtado	0	780	0		780
Escuela D-68 José Papic Radnic	156	1.191	0		1.347
Escuela Gonzalez Echegoyen	167	1.028	0		1.195
Escuela Japón	0	1.192	0		1.192
Escuela N° 23 Presbiteriana	71	595	0		666
Escuela República de los Estados Unidos	50	548	0		598
Instituto Científico Educacional José Maza Sancho	69	400	145		614
Liceo Andrés Sabella	160	766	510		1.436
Liceo B-13 Domingo Herrera Rivera	0	59	1.028		1.087
Colegio San Patricio	129	470	132		731
The Antofagasta British School	171	432	214		817
Colegio New Heaven High School	318	1.512	387		2.217
Fundación Educacional Javiera Carrera	0	367	0		367
Total general	***1.947***	***10.471***	***2.416***		***14.834***

Fuente: Datos abiertos de Centro de Estudios del Ministerio de Educación, 2019.

Folio006149

Comuna de Calama

Figura 6.17 Mapa Comuna de Calama

La comuna de Calama tiene una superficie de 15.597 km2. De acuerdo al Censo 2017, tiene una población de 165.731 habitantes (79.682 mujeres y 86.049 hombres), de los cuales el 22,3% se ubica en un rango etario de menos de 15 años; un 71% entre 15 y 64 años y un 6,7% en un rango superior a 65 años.

El 15,1% de la población declara pertenecer a algún pueblo originario, siendo la Lican Antai (45,6%), Quechua (18,1%), Aymara (12,4%) y Diaguita (8,6%) las etnias con mayor incidencia dentro de la población. Al 2019, en la comuna se encontraban registradas 17 comunidades indígenas, 82 asociaciones indígenas y 106 agrupaciones indígenas[36].

Tabla 6.22. Comunidades indígenas de la comuna de Calama.

Nombre	Nº de socios	Nº de familias
Comunidad Atacameña Agrícola y Cultural, "Kamac Mayu Hijos de Yalquincha"	30	15
Comunidad Atacameña de Ayquina-Turi	98	70
Comunidad Atacameña de Caspana	129	65
Comunidad Atacameña de Conchi-Viejo	126	75
Comunidad Atacameña de Cupo	86	14
Comunidad Atacameña de Lasana	133	71
Comunidad Atacameña de Toconce	215	90
Comunidad Atacameña San Francisco de Chiu-Chiu	471	248
Comunidad de Indios Atacameños en el Sector de Chunchuri	15	13
Comunidad Indígena "Pankara Loa"	10	3
Comunidad Indígena Atacameña Taira	53	17
Comunidad Indígena Chunchuri	45	15
Comunidad Indígena de La Banda	17	10
Comunidad Indígena del Pueblo de San Pedro	128	39
Comunidad Indígena Quechua Ayllu Ojos de San Pedro	14	0
Comunidad Indígena Sumac-Llajta	30	23
Yalquincha Lickan Ichai Paatcha.	18	10
Total	*1618*	*778*

Fuente: Sistema Integrado de Información Conadi, 2020.

[36] Estadísticas sociales indígenas. Región de Antofagasta. Documento Elaborado por la Unidad de Estudios Dirección Nacional CONADI, 2019.

Folio006150

Tabla 6.23. Asociaciones indígenas de la comuna de Calama.

Nombre	Nº de socios
Asociación de Mujeres Indígena Panilicau Haiti	36
Asociación Indígena Khuska Ñañakuna Wawqikuna (Juntos Hermanas Y Hermanos)	84
Asociación Social, Cultural Y Deportiva Mystikos 2012	27
Agrícola Ganadera Cultural Y Social Valle Del Sol Yalquincha	34
Asociación Agricultores de Chunchuri Poniente	194
Asociación Atacameña de Artesanos de Caspana	24
Asociación Atacameña de Caspana	29
Asociación Atacameña Lickan Tacksy	34
Asociación Atacameña Zhali Likan Kapur	104
Asociación Consejo de Pueblos Originarios Del Alto El Loa	35
Asociación Coordinadora Indígena El Loa	27
Asociación Cultual Indígena Aymara Machaj K	30
Asociación Cultura Atacameña de Tradiciones Y Costumbres, Comuna de Calama	42
Asociación Cultural de Tradiciones y Costumbres San Antonio de Ollagüe	27
Asociación Cultural Mapuche de Tradiciones Y Costumbres, Comuna de Calama, Lonko Nahuel	27
Asociación de Artesanos y Agricultores de Chiu-Chiu	29
Asociación de Cultores de La Medicina Ancestral Lickan Antay y Quechua	35
Asociación de Industriales Indígenas Pyme Alto El Loa	25
Asociación de Mujeres Atacameñas de Toconce "Ninchies Lickau Cota"	35
Asociación de Mujeres Indígena de Calama	25
Asociación de Mujeres Indígena Inti Panni Puri Pachamama	59
Asociación de Mujeres Indígenas "Pat-Ta Hoiri Puri Chiu-Chiu"	30
Asociación de Mujeres Indígenas Pahiliq´Cau Ckunza Hoy Ri (Hijas de Nuestra Tierra)	28
Asociación de Mujeres Indígenas San Pedro Y San Pablo, Orko Coraskcuna	31
Asociación de Pueblos Indígenas Multicultural El Vergel de Calama	30
Asociación Gremial de Transportes Indígena de Pueblos Originarios	26
Asociación Indígena "Lickan - Antai de Panire"	33
Asociación Indígena Agrícola Y Cultural Social Del Sector Cerro Negro Y Sector Las Vegas	59
Asociación Indígena Aka Pacha	28
Asociación Indígena Atacameña Cementerio, Nueva Generación Ayquina-Turi	39
Asociación Indígena Atacameña Conjunto Zampoñas Amautas	43
Asociación Indígena Atacameña de La Vivienda, Nuevas Generaciones Ayquina	3
Asociación Indígena Atacameña de Mujeres de Lasana Quillantay	26
Asociación Indígena Atacameña Likan Tatay	66
Asociación Indígena Atacameña Para La Vivienda Cultural Social Quilama Paatcha, Comuna Calama	5
Asociación Indígena Aymara Marcamasis	82
Asociación Indígena Aymara Santata	26
Asociación Indígena Calama Andino Costumbrista	50
Asociación Indígena Confederación Multicultural de Pueblos Originarios	88
Asociación Indígena Consejo de Pueblos Originarios Del Alto El Loa	10
Asociación Indígena Consejo Pueblos Atacameños	29
Asociación Indígena Cultural, Social Y Productiva Quilama Paatcha	0
Asociación Indígena de Agricultores Lickan Antay	55

Folio006151

Nombre	Nº de socios
Asociación Indígena de Agricultores Y Regantes de Chiu-Chiu	37
Asociación Indígena de Cunicultores de La Prov. El Loa	64
Asociación Indígena de Danzas Andinas "Inti Yacta"	47
asociación Indígena de Deportes Y Recreación de La Precordillera Central El Loa Adrepcel	31
Asociación Indígena de Mujeres Willka Wasi	24
Asociación Indígena de Regantes y Agricultores Lay Lay	31
Asociación Indígena de Regantes y Agricultores Patta Hoiri	55
Asociación Indígena de Sanadores Lickan Hampitur	34
Asociación Indígena de Transportistas El Loa Calama	29
Asociación Indígena Donde Comienza Mi Tierra	31
Asociación Indígena Ecologista Hijos del Loa	27
Asociación Indígena Esperanza Nisayá Lickan	674
Asociación Indígena Hijas e Hijos de La Hondonada	24
Asociación Indígena Hijos de La Candelaria de Caspana	29
Asociación Indígena Hijos Del Ojo de San Pedro	29
Asociación Indígena Huñuy Concepción de Amincha	29
Asociación Indígena Inti Llacta	155
Asociación Indígena Juvenil Atacameña Yaalir	24
Asociación Indígena Kunza Hoiri	42
Asociación Indígena Marka Massy	28
Asociación Indígena Mayu Cthyaqui	32
Asociación Indígena para la Vivienda Patta Hoiri	55
Asociación Indígena por la Vivienda Esperanza Del Mañana	303
Asociación Indígena Pueblos Originarios	31
Asociación Indígena Quechua Rijchariy de Ollagüe	27
Asociación Indígena San Antonio de Amincha	26
Asociación Indígena Sayrina Ia Liqcau Lickan Antai	27
Asociación Indígena Sumaj Orko Khory Tika Ollague Llajtaymanta	4
Asociación Indígena Ticka Cotchaya Hoiri	42
Asociación Indígena Transportistas Atacameños	5
Asociación Indígena Unifam	29
Asociación Indígena Urbana Machaj Inti	51
Asociación Inti Llacta	4
Ckausatur Ckaari (Vivir Un Verde Nuevo)	33
Cultural, Social Y Productiva Pata Hoiri	32
De Cultores, Artesanos Y Turismo Ruraq Maki	27
Ganadero Agrícola Runa-Kay	50
Hermanos Indígenas	4
Lemú Cuyén	42
Total	*4017*

Fuente: Sistema Integrado de Información Conadi, 2020.

Folio006152

Al 2016, la comuna contaba con 7.843[37] empresas, de las cuales el 68,2% pertenecían al segmento de microempresa; 18,4% al segmento pequeña; 1,8% al segmento mediana; y 0,6% al segmento de grandes empresas. La siguiente tabla, muestra el total de empresas y trabajadores, según rubro económico en la comuna.

Tabla 6.24. Número de empresas y número de trabajadores por rubro económico, comuna de Calama.

Rubro económico	Nº de empresas	Nº de trabajadores
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	74	251
Pesca	1	0
Explotación de minas y canteras	94	1.818
Industrias manufactureras no metálicas	334	771
Industrias manufactureras metálicas	285	3.631
Suministro de electricidad, gas y agua	31	86
Construcción	685	9.223
Comercio al por mayor y menor	2.890	7.884
Hoteles y restaurantes	724	2.418
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	1.059	2.576
Intermediación financiera	34	335
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	911	3.254
Adm. pública y defensa, planes de seg. social	1	272
Enseñanza	67	1.474
Servicios sociales y de salud	187	398
Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales	421	1.107
Consejo de administración de edificios y condominios	1	10
Organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0
Sin información	44	1
Total	*7.843*	*35.509*

Fuente: Reportes Estadísticos Comunales, 2017.

Respecto de los operadores turísticos que se sitúan en la comuna, a abril de 2020 se encontraban registrados 112 operadores segmentados en 29 clases[38].

[37] Para efectos de cuantificación de la población potencial, se considerarán empresas de los rubros agricultura, pesca, minería y suministro de electricidad y agua.

[38] https://registro.sernatur.cl/

Folio006153

Tabla 6.25. Número de operadores turísticos por clase, comuna de Calama.

Clase	Número de operadores
Agencia de viajes receptiva	1
Agencia de viajes receptiva y emisiva	1
Alquiler de automóviles	2
Alta Montaña	1
Apart - Hotel	6
Artesanía Independiente.	2
Bar	1
Bed and Breakfast, Alojamiento Familiar u Hospedaje Rural	2
Cabañas	4
Comida Rápida	1
Deslizamiento sobre arena o sandboard	1
Especializado	1
Excursionismo o trekking	1
Hostal	19
Hostería	2
Hotel	21
Hotel Boutique	2
Observación de flora y fauna	1
Residencial	4
Restaurante	5
Salón de Té o Café	1
Senderismo o hiking	7
Servicios de taxis de turismo	3
Servicios de transporte de pasajeros por carretera interurbana	7
Servicios de transporte permanente de pasajeros al aeropuerto	2
Tour operador doméstico o interno	2
Tour operador receptivo	5
Tour operador receptivo y emisivo	6
Zona de Picnic	1
Total general	*112*

Fuente: Registro Sernatur, 2020.

En el caso de Comités de Agua Potable, al 2014 la comuna contaba con 4 Comités con un alcance de 2.024 beneficiarios estimados.

Tabla 6.26. Número de comités de Agua Potable Rural (APR), comuna de Calama.

Comité	Número de Arranques	Beneficiarios/as Estimados
Calama Rural	68	272
Caspana	95	380
Lasana-Chiu Chiu	265	1.060
Toconce	78	312
Total general	*506*	*2.024*

Fuente: Portal de Datos Públicos. Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Folio006154

Finalmente, respecto de los establecimientos educacionales de la comuna que han aprobado la certificación del SNCAE, al 2019 la comuna contaba con 3[39] establecimientos con nivel de certificación básico, medio y de excelencia.

Tabla 6.27. Nº de establecimientos educacionales con certificación ambiental, Calama.

Dependencia	Nivel de certificación				Matrícula total
	Básico	Medio	Excelencia	Total	
Junji	**1**			**1**	
Jardín Infantil Conejitos Blancos De Chiu-Chiu	1			1	138
Municipal		**1**		**1**	
Escuela D-49 Vado de Topater		1		1	584
Particular Subvencionado			**1**	**1**	
Colegio Río Loa			1	1	1.233
Total	*1*	*1*	*1*	*3*	

Fuente: SNCAE, Ministerio del Medio Ambiente, 2019.

Tabla 6.28. Matrícula en establecimientos educacionales con certificación ambiental, comuna de Calama.

Establecimiento	Parvularia	Básica	Media / Técnico Profesional	Adultos	Total
Jardín Infantil Conejitos Blancos De Chiu-Chiu	138	0	0	0	138
Escuela D-49 Vado de Topater	0	584	0	0	584
Colegio Río Loa	235	705	293	0	1.233
Total	*373*	*1.289*	*293*	*0*	*1.955*

Fuente: Datos abiertos de Centro de Estudios del Ministerio de Educación, 2019.

[39] Para efectos de cuantificación de la población potencial, se considerarán solo los establecimientos de enseñanza básica y media.

Folio006155

Comuna de María Elena

La comuna de María Elena tiene una superficie de 12.197 km^2. De acuerdo al Censo 2017, tiene una población de 6.457 habitantes (2.365 mujeres y 4.092 hombres), de los cuales el 15,5% se ubica en un rango etario de menos de 15 años; un 79,9% entre 15 y 64 años y un 4,6% en un rango superior a 65 años.

El 13% de la población declara pertenecer a algún pueblo originario, siendo la Aymara (40,3%), mapuche (31,0%), Diaguita (8,9%) y Quechua (5,9%) las etnias con mayor incidencia dentro de la población. Al 2019, en la comuna se encontraba registrada 1 comunidad indígena, 1 asociación indígena y 2 agrupaciones.

Figura 6.18 Comuna María Elena

Tabla 6.29. Comunidades indígenas de la comuna de María Elena.

Nombre	Nº de socios	Nº de familias
Comunidad Aymara de Quillagua	80	13
Total	*80*	*13*

Fuente: Sistema Integrado de Información Conadi, 2020.

Tabla 6.30. Asociaciones indígenas de la comuna de María Elena.

Nombre	Nº de socios
Agroforestal de Quillagua	28
Total general	*28*

Fuente: Sistema Integrado de Información Conadi, 2020.

Al 2016, la comuna contaba con 215 empresas, de las cuales el 75,8% pertenecían al segmento de microempresa; 17,7% al segmento pequeña y 1,9% al segmento de medianas empresas. La siguiente tabla, muestra el total de empresas y trabajadores, según rubro económico en la comuna.

Folio006156

Tabla 6.31. Número de empresas y número de trabajadores por rubro económico, comuna de María Elena.

Rubro económico	Nº de empresas	Nº de trabajadores
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	3	0
Pesca	0	0
Explotación de minas y canteras	0	0
Industrias manufactureras no metálicas	12	13
Industrias manufactureras metálicas	6	151
Suministro de electricidad, gas y agua	3	0
Construcción	26	396
Comercio al por mayor y menor	101	88
Hoteles y restaurantes	29	72
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	12	5
Intermediación financiera	0	0
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	12	8
Adm. pública y defensa, planes de seg. social	1	42
Enseñanza	1	209
Servicios sociales y de salud	0	0
Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales	8	0
Consejo de administración de edificios y condominios	0	0
Organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0
Sin información	1	0
Total	*7.843*	*35.509*

Fuente: Reportes Estadísticos Comunales, 2017.

Respecto de los operadores turísticos que se sitúan en la comuna, a abril de 2020 se encontraban registrados 9 operadores segmentados en 5 clases.

Tabla 6.32. Número de operadores turísticos por clase, comuna de María Elena.

Clase	Número de operadores
Agencia de viajes receptiva y emisiva	1
Cicloturismo	1
Especializado	1
Hostal	1
Restaurante	5
Total general	*9*

Fuente: Registro Sernatur, 2020.

En el caso de Comités de Agua Potable, al 2014 la comuna no contaba con este tipo de organizaciones. Asimismo, al 2019, la comuna tampoco cuenta con establecimientos educacionales que hayan aprobado la certificación del SNCAE.

Folio006157

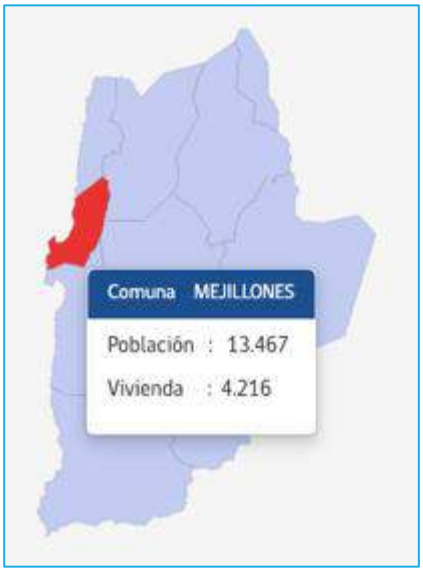


Figura 6.19 Mapa Comuna de Mejillones

Comuna de Mejillones

La comuna de Mejillones tiene una superficie de 3.803,9 km^2. De acuerdo al Censo 2017, tiene una población de 13.467 habitantes (5.432 mujeres y 8.035 hombres), de los cuales el 19,6% se ubica en un rango etario de menos de 15 años; un 74,8% entre 15 y 64 años y un 5,6% en un rango superior a 65 años.

El 10% de la población declara pertenecer a algún pueblo originario, siendo Mapuche (49,6%), Aymara (16,7%), Quechua (10,3%) y Diaguita (7,8%) las etnias con mayor incidencia dentro de esta población. Al 2019, en la comuna no se encontraban registradas comunidades, asociaciones o agrupaciones indígenas[40].

Al 2016, la comuna contaba con 572[41] empresas, de las cuales el 61,7% pertenecían al segmento de microempresa; 26,9% al segmento pequeña; 1,9% al segmento mediana; y 1,9% al segmento de grandes empresas. La siguiente tabla, muestra el total de empresas y trabajadores, según rubro económico en la comuna.

Tabla 6.33. Número de empresas y número de trabajadores por rubro económico, comuna de Mejillones.

Rubro económico	Nº de empresas	Nº de trabajadores
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	1	0
Pesca	6	27
Explotación de minas y canteras	4	5
Industrias manufactureras no metálicas	26	144
Industrias manufactureras metálicas	17	947
Suministro de electricidad, gas y agua	3	11
Construcción	97	1.012
Comercio al por mayor y menor	203	251
Hoteles y restaurantes	80	409
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	51	97
Intermediación financiera	0	0

[40] Estadísticas sociales indígenas. Región de Antofagasta. Documento Elaborado por la Unidad de Estudios Dirección Nacional CONADI, 2019.
[41] Para efectos de cuantificación de la población potencial, se considerarán empresas de los rubros agricultura, pesca, minería y suministro de electricidad y agua.

Folio006158

Rubro económico	Nº de empresas	Nº de trabajadores
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	46	267
Adm. pública y defensa, planes de seg. social	1	389
Enseñanza	2	19
Servicios sociales y de salud	2	0
Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales	32	49
Consejo de administración de edificios y condominios	0	0
Organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0
Sin información	1	0
Total	***572***	***3.627***

Fuente: Reportes Estadísticos Comunales, 2017.

Respecto de los operadores turísticos que se sitúan en la comuna, a abril de 2020 se encontraban registrados 27 operadores segmentados en 9 clases[42].

Tabla 6.34. Número de operadores turísticos por clase, comuna de Mejillones.

Clase	Número de operadores
Apart - Hotel	3
Complejo Turístico o Resort	1
Hostal	5
Hotel	6
Paseos Náuticos	1
Picada	1
Pub	1
Residencial	2
Restaurante	4
Sin información	3
Total general	*27*

Fuente: Registro Sernatur, 2020.

En el caso de Comités de Agua Potable, al 2014 la comuna no contaba con este tipo de organización.

Finalmente, respecto de los establecimientos educacionales de la comuna que han aprobado la certificación del SNCAE, al 2019 la comuna contaba con 1 establecimiento con nivel de certificación de excelencia.

[42] https://registro.sernatur.cl/

Folio006159

Tabla 6.35. Nº de establecimientos educacionales con certificación ambiental, comuna de Mejillones.

Dependencia	Nivel de certificación				Matrícula total
	Básico	Medio	Excelencia	Total	
Municipal			**1**	**1**	
Complejo Educativo Juan José Latorre Benavente			1	1	1.292
Total			*1*	*1*	*1.292*

Fuente: SNCAE, Ministerio del Medio Ambiente, 2019.

Tabla 6.36. Matrícula en establecimientos educacionales con certificación ambiental, comuna de Mejillones.

Establecimiento	Parvularia	Básica	Media / Técnico Profesional	Adultos	Total
Complejo Educativo Juan José Latorre Benavente	0	611	681	0	1.292
Total	*03*	*611*	*681*	*0*	*1.292*

Fuente: Datos abiertos de Centro de Estudios del Ministerio de Educación, 2019.

Comuna de Ollagüe

Figura 6.20 Comuna de Ollagüe

La comuna de Ollagüe tiene una superficie de 2.964 km^2. De acuerdo al Censo 2017, tiene una población de 321 habitantes (114 mujeres y 207 hombres), de los cuales el 18,1% se ubica en un rango etario de menos de 15 años; un 74,4% entre 15 y 64 años y un 7,5% en un rango superior a 65 años.

El 68% de la población declara pertenecer a algún pueblo originario, siendo la Quechua (84,1%), Aymara (7,0%), Lican Antai (3,3%) y Diaguita (2,4%) las etnias con mayor incidencia dentro de la población. Al 2019, en la comuna se encontraban registradas 2 comunidades indígenas, 6 asociaciones indígenas y 8 agrupaciones indígenas.

Tabla 6.37. Comunidades indígenas de la comuna de Ollagüe.

Nombre	Nº de socios	Nº de familias
Comunidad Indígena Cebollar - Ascotán	30	12
Comunidad Quechua de Ollagüe	143	80
Total	*173*	*92*

Fuente: Sistema Integrado de Información Conadi, 2020.

Folio006160

Tabla 6.38. Asociaciones indígenas de la comuna de Ollagüe.

Nombre	Nº de socios
Asociación Agrupación De Artesanos De Ollagüe Killa Wasi	38
Asociación Indígena de Progreso, Desarrollo y Cultura del Pueblo de Kosca	181
Asociación Indígena Quechua Cebollar Ascotan	88
Asociación Indígena Quechua Inti Llajta	30
Asociación Quechua Juvenil De Ollagüe	54
De Turismo de Ollagüe	27
Total	*418*

Fuente: Sistema Integrado de Información Conadi, 2020.

Al 2016, la comuna contaba con 14 empresas, de las cuales el 57,1% pertenecían al segmento de microempresa y 28,6% al segmento de pequeñas empresas. La siguiente tabla, muestra el total de empresas y trabajadores, según rubro económico en la comuna.

Tabla 6.39. Número de empresas y número de trabajadores por rubro económico, comuna de Ollagüe.

Rubro económico	Nº de empresas	Nº de trabajadores
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	1	1
Pesca	0	0
Explotación de minas y canteras	0	0
Industrias manufactureras no metálicas	2	19
Industrias manufactureras metálicas	1	34
Suministro de electricidad, gas y agua	0	0
Construcción	3	26
Comercio al por mayor y menor	2	0
Hoteles y restaurantes	1	0
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	0	0
Intermediación financiera	0	0
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	1	0
Adm. pública y defensa, planes de seg. social	1	38
Enseñanza	0	0
Servicios sociales y de salud	0	0
Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales	2	5
Consejo de administración de edificios y condominios	0	0
Organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0
Sin información	0	0
Total	*14*	*123*

Fuente: Reportes Estadísticos Comunales, 2017.

Respecto de los operadores turísticos que se sitúan en la comuna, a abril de 2020 se encontraban registrados 6 operadores segmentados en 2 clases.

Folio006161

Tabla 6.40. Número de operadores turísticos por clase, comuna de Ollagüe.

Clase	Número de operadores
Hostal	3
Restaurante	3
Total	*6*

Fuente: Registro Sernatur, 2020.

En el caso de Comités de Agua Potable, al 2014 la comuna contaba con 1 Comité con un alcance de 300 beneficiarios estimados.

Tabla 6.41. Número de comités de Agua Potable Rural (APR), comuna de Ollagüe.

Comité	Número de Arranques	Beneficiarios/as Estimados
Ollagüe	75	300
Total	*75*	*300*

Fuente: Portal de Datos Públicos. Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Finalmente, respecto de los establecimientos educacionales que han aprobado la certificación del SNCAE, al 2019 la comuna no contaba con establecimientos que hubiesen aprobado dicha certificación.

Comuna de Tocopilla

La comuna de Tocopilla tiene una superficie de 4.039 km^2. De acuerdo al Censo 2017, tiene una población de 25.186 habitantes (12.705 mujeres y 12.481 hombres), de los cuales el 24,0% se ubica en un rango etario de menos de 15 años; un 65,4% entre 15 y 64 años y un 10,6% en un rango superior a 65 años.

El 8% de la población declara pertenecer a algún pueblo originario, siendo la Mapuche (43,5%), Aymara (21,2%), Diaguita (14,6%) y Quechua (5,8%) las etnias con mayor incidencia dentro de la población. Al 2019, en la comuna no se encontraban registradas en la comuna, ningún tipo de organización indígena.

Figura 6.21 Comuna de Tocopilla

Al 2016, la comuna contaba con 1.234 empresas, de las cuales el 73,9% pertenecían al segmento de microempresa; 14,7% al segmento pequeña; 1,5% al segmento mediana; y 0,1% al segmento de grandes empresas. La siguiente tabla, muestra el total de empresas y trabajadores, según rubro económico en la comuna.

Folio006162

Tabla 6.42. Número de empresas y número de trabajadores por rubro económico, comuna de Tocopilla.

Rubro económico	Nº de empresas	Nº de trabajadores
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	4	3
Pesca	19	126
Explotación de minas y canteras	32	224
Industrias manufactureras no metálicas	51	115
Industrias manufactureras metálicas	27	101
Suministro de electricidad, gas y agua	3	10
Construcción	94	839
Comercio al por mayor y menor	554	385
Hoteles y restaurantes	131	262
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	112	384
Intermediación financiera	4	9
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	73	324
Adm. pública y defensa, planes de seg. social	1	1.228
Enseñanza	3	123
Servicios sociales y de salud	12	15
Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales	97	52
Consejo de administración de edificios y condominios	0	0
Organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0
Sin información	17	0
Total	*1234*	*4200*

Fuente: Reportes Estadísticos Comunales, 2017.

Respecto de los operadores turísticos que se sitúan en la comuna, a abril de 2020 se encontraban registrados 17 operadores segmentados en 6 clases.

Tabla 6.43. Número de operadores turísticos por clase, comuna de Tocopilla.

Clase	Número de operadores
Cabañas	2
Hostal	3
Hotel	8
Residencial	1
Restaurante	2
Tour Operador Receptivo	1
Total	*17*

Fuente: Registro Sernatur, 2020.

En el caso de Comités de Agua Potable, al 2014 la comuna no contaba con este tipo de organización.

Finalmente, respecto de los establecimientos educacionales de la comuna que han aprobado la certificación del SNCAE, al 2019 la comuna contaba con 8 establecimientos con nivel de certificación medio y de excelencia.

Folio006163

Tabla 6.44. Número establecimientos educacionales con certificación ambiental, comuna de Tocopilla.

Dependencia	Nivel de certificación		
	Medio	Excelencia	Total
Integra	**1**		**1**
Jardín Infantil Javiera Carrera	1		1
Junji		**1**	**1**
Jardín Infantil Ardillita		1	1
Municipal		**6**	**6**
Escuela Bernardo O'Higgins Riquelme		1	1
Escuela Carlos Condell de La Haza		1	1
Escuela Especial Pedro Aguirre Cerda		1	1
Escuela Pablo Neruda		1	1
Escuela República De EEUU de Norteamérica		1	1
Liceo Domingo Latrille		1	1
Total	*1*	*7*	*8*

Fuente: SNCAE, Ministerio del Medio Ambiente, 2019.

Tabla 6.45. Matrícula en establecimientos educacionales con certificación ambiental, comuna de Tocopilla.

Establecimiento	Parvularia	Básica	Media / Técnico Profesional	Adultos	Total
Jardín Infantil Javiera Carrera	197	0	0	0	197
Jardín Infantil Ardillita	119		0	0	119
Escuela Bernardo O'Higgins Riquelme	123	449	0	0	572
Escuela Carlos Condell de La Haza	108	430	0	0	538
Escuela Especial Pedro Aguirre Cerda	0	71	0	0	71
Escuela Pablo Neruda	83	528	0	0	611
Escuela República De EEUU de Norteamérica	105	357	0	0	462
Liceo Domingo Latrille	0	0	478	218	696
Total	*735*	*1.764*	*478*	*218*	*3.266*

Fuente: Datos abiertos de Centro de Estudios del Ministerio de Educación, 2019.

Folio006164

Comuna de Sierra Gorda

Figura 6.22 Mapa Comuna de Sierra Gorda

La comuna de Sierra Gorda tiene una superficie de 12.886 km^2. De acuerdo al Censo 2017, tiene una población de 10.186 habitantes (1.524 mujeres y 8.662 hombres), de los cuales el 3,1% se ubica en un rango etario de menos de 15 años; un 95,7% entre 15 y 64 años y un 1,2% en un rango superior a 65 años.

El 14% de la población declara pertenecer a algún pueblo originario, siendo la Mapuche (35,4%), Aymara (25,6%), Diaguita (14,3%) y Lican Antai (9,6%), las etnias con mayor incidencia dentro de esta población. Al 2019, en la comuna no se encontraban registradas comunidades indígenas, asociaciones indígenas, ni agrupaciones indígenas[43].

Al 2016, la comuna contaba con 113[44] empresas, de las cuales el 68,2% pertenecían al segmento de microempresa; 22,1% al segmento pequeña; 1,8% al segmento mediana; y 0,9% al segmento de grandes empresas. La siguiente tabla, muestra el total de empresas y trabajadores, según rubro económico en la comuna.

Tabla 6.46. Número de empresas y número de trabajadores por rubro económico, comuna de Sierra Gorda.

Rubro económico	Nº de empresas	Nº de trabajadores
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	1	0
Pesca	0	0
Explotación de minas y canteras	4	1.161
Industrias manufactureras no metálicas	9	0
Industrias manufactureras metálicas	0	0
Suministro de electricidad, gas y agua	1	27
Construcción	17	21
Comercio al por mayor y menor	32	33
Hoteles y restaurantes	21	56
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	6	50
Intermediación financiera	0	0

[43] Estadísticas sociales indígenas. Región de Antofagasta. Documento Elaborado por la Unidad de Estudios Dirección Nacional CONADI, 2019.
[44] Para efectos de cuantificación de la población potencial, se considerarán empresas de los rubros agricultura, pesca, minería y suministro de electricidad y agua.

Folio006165

Rubro económico	Nº de empresas	Nº de trabajadores
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	11	28
Adm. pública y defensa, planes de seg. social	1	163
Enseñanza	0	0
Servicios sociales y de salud	0	0
Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales	10	24
Consejo de administración de edificios y condominios	0	0
Organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0
Sin información	0	0
Total	*113*	*1.563*

Fuente: Reportes Estadísticos Comunales, 2017.

Respecto de los operadores turísticos que se sitúan en la comuna, a abril de 2020 se encontraban registrados 5 operadores segmentados en 3 clases[45].

Tabla 6.47. Número de operadores turísticos por clase, comuna de Sierra Gorda.

Clase	Número de operadores
Hotel	1
Picada	1
Restaurante	3
Total	*5*

Fuente: Registro Sernatur, 2020.

En el caso de Comités de Agua Potable, al 2014 la comuna contaba este tipo de organización.

Finalmente, respecto de los establecimientos educacionales de la comuna que han aprobado la certificación del SNCAE, al 2019 la comuna contaba con 3[46] establecimientos con nivel de certificación básico y de excelencia.

Tabla 6.48. Nº de establecimientos educacionales con certificación ambiental, comuna de Sierra Gorda.

Dependencia	Nivel de certificación				Matrícula total
	Básico	Medio	Excelencia	Total	
Integra	**1**			**1**	
Jardín Infantil Estación de Niños	1			1	S/I
Jardín Infantil Flor del Desierto	1				S/I
Municipal			**1**	**1**	
Escuela G-130 Estación Baquedano			1	1	169
Total	*2*		*1*	*3*	*169*

Fuente: SNCAE, Ministerio del Medio Ambiente, 2019.

[45] https://registro.sernatur.cl/

[46] Para efectos de cuantificación de la población potencial, se considerarán solo los establecimientos de enseñanza básica y media.

Folio006166

Tabla 6.49. Matrícula en establecimientos educacionales con certificación ambiental, comuna de Calama.

Establecimiento	Parvularia	Básica	Media / Técnico Profesional	Adultos	Total
Escuela G-130 Estación Baquedano	25	144	0	0	169
Total	*25*	*144*	*0*	*0*	*169*

Fuente: Datos abiertos de Centro de Estudios del Ministerio de Educación, 2019.

6.3.5.2.2 Criterios de identificación de la población potencial

Se utilizará como criterio, la pertenencia a alguno de los segmentos antes indicados como población potencial:

- Empresas que desarrollan actividades productivas del área minera, agrícola, pesca o de servicios.
- Comunidades y asociaciones indígenas localizadas en el territorio.
- Operadores turísticos de las comunas de Antofagasta, Calama, María Elena, Mejillones, Ollagüe, Tocopilla y Sierra Gorda.
- Niños y jóvenes en edad escolar matriculados en establecimientos certificados por el Ministerio del Medio Ambiente de las comunas de Antofagasta, Calama, María Elena, Mejillones, Ollagüe, Tocopilla y Sierra Gorda.
- Beneficiarios de Comités de Agua Potable Rural del territorio.

6.3.5.2.3 Unidad de medida de la población potencial

Para cada segmento, se establecen las unidades de medida descritas en la siguiente tabla.

Tabla 6.50. Unidades de medida de la población potencial según segmento.

Segmento	Unidad de medida
Empresas de sectores dependientes del recurso de la cuenca	Empresas
Comunidades y asociaciones indígenas	Agrupaciones
Operadores turísticos	Empresas
Niños y jóvenes en edad escolar	Personas
Comités de agua potable rural	Comités

6.3.5.2.4 Cuantificación de la población potencial

En base a los segmentos definidos y a la información disponible, la cuantificación de la población potencial se muestra en la siguiente tabla.

Folio006167

Tabla 6.51. Cuantificación de población potencial según segmento y comuna.

Segmento	Antofagasta	Calama	María Elena	Mejillones	Ollagüe	Tocopilla	Sierra Gorda	Total	Unidad de medida
Empresas de sectores dependientes del recurso de la cuenca	3.873	200	6	14	1	58	5	4.157	Empresas
Comunidades y asociaciones indígenas	10	97	2	0	8	0	0	117	Agrupaciones
Operadores turísticos	229	112	9	27	6	17	5	405	Empresas
Niños y jóvenes en edad escolar	12.887	1.582	0	1.292	0	2.313	144	18.218	Personas
Comités de agua potable rural	0	4	0	0	1	0	0	5	Comités

6.3.5.3 Población objetivo

La población objetivo anual, para cada segmento definido, se calcula en función de la tabla 6.51, considerando como supuesto base, un trabajo directo con el 100% de empresas, agrupaciones y comités y con el 5,5% del segmento de niños y jóvenes en edad escolar. En este último caso, se considera una capacidad de atención directa de 500 niños y jóvenes anualmente. Asimismo, se considera que los restantes de la población potencial, podrán tener acceso a las herramientas de difusión y educación desarrolladas, como videos, dado que quedarán disponibles públicamente a través de los sitios de descarga de las instituciones que sean parte de la gobernanza de este programa.

La población objetivo, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6.52. Cuantificación de población objetivo anual según segmento.

Segmento	Año 1	Año 2	Unidad de medida
Empresas de sector dependiente del recurso de la cuenca	2.079	2.078	Empresas
Comunidades y asociaciones indígenas	59	58	Agrupaciones
Operadores turísticos	205	200	Empresas
Niños y jóvenes en edad escolar de establecimientos certificados	500	500	Personas
Comités APR	3	2	Comités

Como ya se mencionó, en el caso de los segmentos 1, 2, 3 y 5, se considera que el programa será universal. En el caso del segmento 4, “Niños y jóvenes en edad escolar de establecimientos certificados por el SNCAE” se priorizarán aquellos que estén en un rango etario de 10 a 13 años.

Folio006168

6.3.6 Beneficiarios

En términos de personas, se estima que la participación efectiva de la población será de un 95%, dado que se considerará un porcentaje menor de inasistencia a las actividades convocadas. En términos de personas, los beneficiarios se cuantifican de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 6.53. Estimación de beneficiarios del programa.

Segmento	Total (A)	Número estimado de personas por segmento (B)	Nº estimado de personas total (A*B)	Nº estimado de participantes (A*B)*0,95
Empresas de sector dependiente del recurso de la cuenca	2.079	3	6.237	5.925
Comunidades y asociaciones indígenas	59	5	295	280
Operadores turísticos	205	3	615	584
Niños y jóvenes en edad escolar de establecimientos certificados	500	-	-	475
Comités APR	3	4	12	11
Total				7.275

Así, durante el primer año se espera haber atendido efectivamente a 7.275 personas.

Folio006169

6.3.7 Estrategia de intervención

En base al problema identificado, el programa realizará intervención en tres focos. El primero, orientado a establecer alternativas para asegurar el caudal ambiental de la cuenca del río Loa, a través de la búsqueda de alternativas de abastecimiento de agua. El segundo, orientado a mejorar e intervenir sitios de relevancia ecológica, cultural o recreativa, de modo de favorecer la sustentabilidad en el uso de éstos por parte de la comunidad. Por último, el tercer foco está orientado a coordinar a los actores públicos y privados involucrados en la problemática, de modo que las acciones definidas puedan ser ejecutadas en el mediano plazo y complementadas con acciones que no son abordadas en este programa. Asimismo, se espera concientizar y generar capital social en la población de las comunas involucradas para la adopción y valoración de las soluciones que sean implementadas.

6.3.7.1 Componentes del programa

El programa cuenta con tres componentes, que se describen a continuación.

i. Componente 1.

a. **Nombre:** Fuentes alternativas de abastecimiento y tecnologías de uso eficiente del recurso hídrico.
b. **Fecha de inicio:** mes 1.
c. **Tipo de beneficio:** los beneficiarios podrán contar con un portafolio de alternativas de abastecimiento hídrico y tecnologías de uso eficiente del agua, evaluadas técnica, económica y socialmente, a partir de las cuales, se podrán seleccionar e implementar aquellas que sean priorizadas por la gobernanza.
d. **Descripción del componente:** a partir de la causa identificada "alta extracción del recurso hídrico" se propone como solución sistematizar opciones de solución tecnológicamente disponibles a nivel nacional e internacional, que permitan establecer alternativas de abastecimiento de agua y uso eficiente de ésta, tanto para uso industrial como social. Además, considerando que por cambio climático, podrían existir crecidas de mayor magnitud, estas alternativas podrían incluir mitigar estos efectos aprovechando las aguas de crecidas, por ejemplo, mediante embalses. Se espera contar con un portafolio de al menos 6 alternativas que sean técnica, económica y socialmente viables, sustentables y sostenibles para el territorio, rankeadas a través de indicadores de rentabilidad social. A partir del ranking obtenido se deberá elaborar un proyecto de inversión que pueda ser postulado al Sistema Nacional de Inversiones en su etapa de prefactibilidad.
e. Criterios de selección específicos: el resultado de este componente será traspasado a representantes de la gobernanza conformada en el componente 3 de este programa.

Folio006170

f. **Unidad de producción:** estudios técnicos, económicos y sociales de alternativas de abastecimiento hídrico documentados y traspasados a la gobernanza.
g. **Producción:** la producción del primer año será de 4 estudios.
h. **Presupuesto a ejecutar: $75.493.000**

ii. **Componente 2.**

a. **Nombre:** Recuperación de sitios de relevancia.
b. **Fecha de inicio:** mes 1.
c. **Tipo de beneficio:** los beneficiarios recuperarán el uso de zonas de importancia hidrológica y ecológica.
d. **Descripción del componente:** de forma complementaria al componente 1, se esperar generar un portafolio de planes para recuperar sitios de relevancia hidrológica que permitan asegurar el caudal ambiental de la cuenca. Para ello, se realizará un levantamiento de la información disponible para priorizar las zonas que deben ser recuperadas y a partir de ello, se generarán planes de acción que puedan ser ejecutados en el mediano plazo, Se espera contar con un portafolio de al menos 6 alternativas que sean técnica y socialmente viables rankeadas a través de indicadores de rentabilidad social. A partir del ranking obtenido se ejecutarán al menos tres de ellos durante el segundo año de programa.
   Adicionalmente, se realizará un trabajo con operadores turísticos y comunidades y asociaciones indígenas que desarrollen actividades relacionadas al turismo, favoreciendo la sustentabilidad de los planes de recuperación ejecutados.
e. **Criterios de selección específicos:** no se consideran criterios específicos de selección.
f. **Unidad de producción:** número de sitios de importancia ecológica, cultural o recreativa, intervenidos.
g. **Producción:** no se contempla producción durante el primer año de programa.
h. **Presupuesto a ejecutar: $110.132.000**

iii. **Componente 3.**

a. **Nombre:** Gestión efectiva del programa.
b. **Fecha de inicio:** mes 1.
c. **Tipo de beneficio:** los beneficiarios podrán contar con una organización formal para estructurar actividades que permitan asegurar el caudal ambiental de la cuenca. Además, contarán con conocimientos para cualificar la problemática ambiental que afecta a la cuenca y sus efectos en la sustentabilidad del territorio y calidad de vida la población.

Folio006171

d. **Descripción del componente:** para lograr una integración efectiva de los actores del territorio con la problemática descrita y las alternativas de solución generadas con el programa, se propone la conformación de una gobernanza pública privada que priorice las acciones a realizar en el territorio, además de monitorear y hacer seguimiento al desarrollo de éstas. Lo anterior, permitirá no sólo priorizar las mejores alternativas bajo criterios de rentabilidad social, sino que además comprometer a los actores en su materialización en el mediano plazo.
   Complementariamente, y como parte de la instalación de capital social en el territorio, se desarrollarán acciones de difusión y sensibilización de la población de modo que no sólo conozcan la problemática de la cuenca y sus efectos, sino que también, adopten y aprueben las soluciones que sean priorizadas por la gobernanza.
e. **Criterios de selección específicos:** la gobernanza será conformada con actores públicos y privados, estos últimos, pertenecientes a actores productivos y sociales descritos en la población objetivo. La sensibilización en tanto, será realizada a toda la población objetivo.
f. **Unidad de producción:** gobernanzas constituidas.
g. **Producción:** Durante el primer año, el programa habrá constituido una gobernanza con la participación de al menos 8 actores público privados. Esta instancia continuará su operación en el siguiente año de ejecución del programa y planificará su operación permanente una vez que éste finalice.
h. **Presupuesto a ejecutar: $197.857.000**

6.3.7.2 Actividades por componente

i. **Componente 1:** Alternativas de abastecimiento hídrico.
   a. **Diagnóstico de situación actual ($23.892.000).** Se realizará un diagnóstico de la situación actual a partir de información ya levantada con el Estudio “Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta”. En función del caudal ambiental de la cuenca determinado para las distintas zonas de estudio de dicho diagnóstico, se definirán alternativas de solución que sean capaces de satisfacer dichos requerimientos.
   b. **Sistematización de alternativas de abastecimiento de agua y tecnologías ($8.052.000).** Se realizará una búsqueda a nivel nacional e internacional de alternativas de abastecimiento y uso eficiente de agua para fines productivos, sociales y recreacionales. Las alternativas que se definan deberán haber sido probadas y validadas técnicamente en zonas de características similares a las del presente estudio y sus externalidades negativas deberán ser neutras o mínimas. A partir de esta sistematización, la gobernanza a conformar en el componente 3, seleccionará aquellas que serán analizadas a través de indicadores sociales.

Folio006172

c. **Sistematización de información técnica para la implementación de cada alternativa definida ($16.610.000).** Se levantará la información necesaria para la implementación de cada alternativa a través de un plan de trabajo detallado y considerando aspectos como inversión inicial, plazos de implementación, alcance, beneficios anuales, costo de mantención y operación y externalidades positivas y negativas.
d. **Obtención de indicadores de rentabilidad social para cada alternativa definida ($11.352.000).** A partir de la información sistematizada, se deberá realizar una evaluación económica social considerando tasas y precios sociales y un flujo proyectado de costos y beneficios para un período de 15 años. A partir de este flujo, se determinará VAN y TIR social además de indicadores como el IVAN, que permitan rankear las alternativas en términos de rentabilidad social.
e. **Formulación de proyecto de inversión para la alternativa que presente mayor rentabilidad social ($15.587.000).** En base al ranking generado, la gobernanza seleccionará las alternativas que serán implementadas en el mediano plazo las que serán traspasadas a un proyecto de inversión a nivel de prefactibilidad incluyendo, entre otros, un análisis tecnológico, con alternativas de equipos, materia prima, procesos, servicios y otros para determinar los costos; aspectos asociados a tamaño y localización y externalidades, y un análisis administrativo y legal para determinar costos fijos de operación, determinando la organización del proyecto, en términos de RRHH y organigrama. Este proyecto deberá ser presentado al Sistema Nacional de Inversiones.

ii. **Componente 2:** Recuperación de sitios de relevancia.
a. **Diagnóstico de situación actual ($5.698.000).** Se realizará un levantamiento del estado actual de sitios de relevancia ecológica, cultural y recreativa que deban ser intervenidos, en términos de infraestructura para uso sustentable y otros parámetros que sean de importancia para la gobernanza, como frecuencia de uso anual. Se elaborará así, un listado de sitios y zonas de interés, las que serán ponderadas en función de criterios cualitativos y cuantitativos como beneficiarios impactados, cobertura geográfica, estado de infraestructura y otros, de modo de seleccionar aquellos que serán priorizados para su intervención. Preliminarmente, se puede mencionar como sitios de interés el Balneario Coya y el Parque Loa.
b. **Definición de planes de intervención para sitios de relevancia ($16.654.000)**. Para los sitios priorizados, se establecerán planes de intervención que contemplen la instalación de medidas de protección, instalación de infraestructura menor, delimitación de senderos y vías de acceso, entre otros. Cabe señalar, que si bien el río brinda una serie de servicio ecosistémicos que se ven afectados por la disminución del caudal y

deterioro del cajón, como lo son el paisaje y el turismo, estos últimos no son cuantificables directamente en función del caudal, por lo cual se proponen estas medidas para abordar esta problemática.

c. **Obtención de indicadores de rentabilidad social para cada alternativa definida ($8.470.000).** Para cada uno de los planes definidos, se realizará una evaluación de rentabilidad proyectando un flujo de costos y beneficios sociales en un horizonte de largo plazo. En función de los indicadores obtenidos, se elaborará un ranking de modo de seleccionar aquellos que sean implementados en el segundo año del programa.
d. **Ejecución de planes de intervención ($64.394.000).** En función de los planes definidos y priorizados, se realizará la ejecución de al menos tres de ellos. Estos incluirán la instalación de infraestructura menor, delimitación de zonas y otras.
e. **Intervención a operadores turísticos y comunidades y asociaciones indígenas asociadas a actividades turísticas ($14.916.000).** Complementariamente, se desarrollará un proceso de capacitación a operadores, comunidades y asociaciones que desarrollen actividades turísticas en el territorio de alcance de los sitios intervenidos. Asimismo, se elaborará al menos un plan de desarrollo turístico sustentable que favorezcan la conservación de los sitios intervenidos en el largo plazo que incluya visión territorial, acciones concretas de corto y mediano plazo, responsables, metas e indicadores. Este plan será presentad y traspasado a la gobernanza para que su ejecución sea liderada por las instituciones respectivas.

iii. **Componente 3:** Gestión efectiva del programa.

a. **Levantamiento de actores ($4.136.000).** Se elaborará un mapa de actores, de modo de identificar y caracterizar los stakeholders involucrados en la problemática de la cuenca, en términos de su grado de influencia en la toma de decisiones, intereses particulares y potenciales conflictos. Para cada uno, se elaborará también un listado preliminar de los contactos que serán convocados para participar dentro de la gobernanza como representante de su respectiva organización.
b. **Convocatoria de actores ($3.608.000).** Una vez identificados y caracterizados los stakeholders, se realizará una convocatoria para su participación formal dentro de la gobernanza. Ello se concretará a través de un taller de inducción y sensibilización donde se dará a conocer el propósito de la conformación de esta estructura, las actividades a ejecutar y los resultados esperados.
c. **Definición de estatutos de operación ($4.136.000).** Paralelamente y con la participación de los actores previamente convocados, se realizará al menos un taller de trabajo para definir los objetivos y marco de acción de la

Folio006174

gobernanza, así como los roles de cada participante y la estructura de operación. Asimismo, se conformarán comités técnicos de trabajo, de acuerdo al ámbito de acción de cada participante, para la discusión de temas específicos. Dentro de las funciones específicas que deberán incorporarse será el monitoreo del programa y la validación de los resultados de los componentes 1 y 2.

d. **Puesta en régimen de gobernanza ($3.300.000).** Establecida la operatoria de la gobernanza, se dará inicio a su funcionamiento a través de una reunión inicial, donde se definirá un plan de trabajo en el marco del programa.
e. **Difusión del valor ambiental del territorio ($106.986.000):** Parte esencial de la gobernanza, será apropiar a la comunidad sobre el valor ambiental del territorio. Para ello, se establecerán instancias de difusión a la ciudadanía, en particular empresas privadas que hacen uso del recurso hídrico, comunidades y asociaciones indígenas del territorio, organizaciones de la sociedad civil y establecimientos educacionales, a objeto de informar y educar de forma constante y periódica acerca de la valorización ambiental de la cuenca del río Loa. Estas actividades consistirán en talleres de periodicidad mensual para cada segmento. Asimismo, se utilizarán herramientas de difusión como afiches, dípticos, boletines, cápsulas radiales, un sitio web del proyecto y videos educativos. Finalmente, se considera la realización de una gira tecnológica con representantes de la gobernanza, para prospectar experiencias exitosas a nivel nacional o internacional, que hayan sido implementadas de manera similar a las propuestas por este programa.
f. **Administración general del programa ($75.691.000):** como parte de su ámbito de acción, la gobernanza estará a cargo de monitorear la ejecución de las actividades y los resultados obtenidos, proponiendo acciones correctivas en caso necesario.

6.3.7.3 Estrategia de intervención del programa

El programa se estructura en 3 componentes que buscan dar solución a dos de las causas basales identificadas. A través del primer componente, está orientado en generar alternativas de solución técnica, económica y socialmente factibles para el abastecimiento de agua del territorio tanto con fines productivos, como sociales y recreacionales. Las alternativas que sean propuestas deberán haber sido previamente validadas y deberán presentar el menor número de externalidades negativas de modo que constituyan una solución sostenible y sustentable en el largo plazo. Las alternativas con mayor rentabilidad social, deberán ser presentadas a fuentes de financiamiento público de modo que puedan ser implementadas en el mediano plazo.

El segundo componente, buscará intervenir sitios de importancia ecológica, cultural y recreativa, de modo de satisfacer estas demandas de manera sustentable. Para ello, se deberá elaborarán planes de restauración de al menos 6 sitios de interés para los actores de la gobernanza, los que serán ponderados y priorizados para, el segundo año, concretar la intervención de al menos 3 de ellos. Complementariamente, se realizará un proceso de intervención a operadores turísticos y comunidades y asociaciones indígenas ligadas al rubro de modo de favorecer la sustentabilidad de las acciones de restauración realizadas.

Finalmente, con el componente 3 se busca realizar una gestión efectiva con los actores del territorio y la población, de modo de sensibilizar a ésta en torno a la problemática de la cuenca, pero además con las soluciones que sean levantadas y planificadas a través de este programa. Para ello, se conformará una gobernanza público privada de alcance territorial que definirá las acciones específicas de mediano y largo plazo que serán implementadas de manera coordinada e integrada entre todos los participantes. En este participarán instituciones como el Gobierno Regional de Antofagasta y la Seremi de Medio Ambiente, representantes de empresas productivas de sectores que utilizan y dependen del recurso hídrico, y representantes de organizaciones del mundo indígena y de la sociedad civil. El ámbito de acción de esta gobernanza estará dado entonces por 3 ejes: la validación de las actividades e información generada en los otros componentes, el control y monitoreo del programa, y el aseguramiento de la implementación de las iniciativas priorizadas en el componente 1. De forma complementaria, estará a cargo de ejecutar acciones de concientización de la comunidad en torno a la problemática ambiental de la cuenca, sus efectos en la sustentabilidad productiva y económica del territorio y la calidad de vida de las personas y la sensibilización de las iniciativas priorizadas.

La integración de estos 3 componentes permitirá, por una parte, incrementar o asegurar el caudal ambiental disponible de la cuenca del río Loa. Con ello, se mejorará la sostenibilidad y sustentabilidad de las distintas actividades económicas y productivas del territorio, en particular, minería, turismo y provisión de servicios, además de las actividades sociales y recreativas desarrolladas por la población. Asimismo, se generará vinculación y coordinación entre los distintos stakeholders de modo que las iniciativas ejecutadas y por

Folio006176

ejecutar, desarrolladas en el marco de este programa, sean concretadas y con un impacto positivo en el territorio. Todo ello, complementado con la sensibilización y concientización de la población, factor crítico para el éxito sostenible en el largo plazo de dichas iniciativas.

6.3.7.3.1 Tiempo de intervención

El programa tendrá una duración de 2 años.

6.3.7.3.2 Criterios de egreso

La entrega de los beneficios será verificada a través de actas de aprobación por parte de la gobernanza. En el caso de las capacitaciones, ésta será verificada a través de certificados de participación.

6.3.7.3.3 Sistemas de registro

Para el registro de los beneficiarios atendidos, se utilizará una planilla Excel elaborada y manejada por el ejecutor donde se registrará el RUT, nombre y organización que representa o de la cual forma parte.

6.3.7.4 Articulaciones y complementariedades

Este programa se complementa con el estudio "Diagnóstico del Caudal Ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta", solicitado por el Gobierno Regional de Antofagasta el cual da origen a este programa a través de los resultados obtenidos.

Por otra parte, el programa se articulará permanentemente con los actores públicos y privados que formarán parte de la gobernanza. Dentro de éstos se encuentran:

- Gobierno Regional de Antofagasta.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente.
- Armada de Chile.
- Secretaría Regional Ministerial de Salud.
- Servicio Nacional de Pesca.
- Servicio de Evaluación Ambiental.
- Municipalidades de las comunas involucradas.
- Organizaciones de la sociedad civil.

6.3.7.5 Incorporación de enfoque de derechos

El programa tendrá un enfoque de pueblos indígenas, aspecto que será considerado en el diseño y ejecución de cada una de las alternativas de abastecimiento hídrico y recuperación de sitios, además de las capacitaciones orientadas a este segmento.

6.3.8 Indicadores

Tabla 6.54. Indicadores de logro del propósito.

Nº	Nombre	Forma de cálculo	Unidad de medida	Periodicidad	Dimensión	Lectura	Fuente de información
1	Iniciativas presentadas al SNI a nivel de prefactibilidad para implementación de alternativas de abastecimiento hídrico.	Nº de iniciativas presentadas / Nº de iniciativas priorizadas por gobernanza	Porcentual	Anual	Calidad	Ascendente	El numerador será obtenido a través del BIP. El denominador, a través de registro interno del programa.
2	Sitios de importancia ecológica, cultural y recreativa intervenidos por el programa.	Sitios intervenidos / Nº de iniciativas priorizadas por gobernanza	Porcentual	Anual	Calidad	Ascendente	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.

Tabla 6.55. Indicadores por componente

Nº	Nombre	Forma de cálculo	Unidad de medida	Periodicidad	Dimensión	Lectura	Fuente de información
Componente 1							
1	Campañas de medición	Nº de campañas realizadas/Nº de campañas programadas	Porcentual	Bimensual	Eficacia	Ascendente	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.
2	Tecnologías y alternativas de abastecimiento hídrico documentadas y evaluadas técnica y económicamente.	Nº de alternativas documentadas y evaluadas / 6	Porcentual	Anual	Eficacia	Ascendente	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.
Componente 2							
1	Planes de intervención de sitios de importancia ecológica , cultural y recreativa, documentados y evaluados.	Nº de alternativas documentadas y evaluadas / 6	Porcentual	Anual	Eficacia	Ascendente	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.
2	Operadores turísticos capacitados	Nº de operadores turísticos capacitados/Nº de operadores pertenecientes al territorio	Porcentual	Anual	Eficacia	Ascendente	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.
3	Comunidades y asociaciones indígenas capacitadas	Nº de comunidades y asociaciones capacitadas/ Nº de comunidades y	Porcentual	Anual	Eficacia	Ascendente	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de

Nº	Nombre	Forma de cálculo	Unidad de medida	Periodicidad	Dimensión	Lectura	Fuente de información
		asociaciones pertenecientes al territorio					registro interno del programa.
4	Planes de desarrollo turístico	Nº de planes elaborados/Nº de planes programados	Porcentual	Anual	Eficacia	Ascendente	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.
Componente 3							
1	Organizaciones que conforman la gobernanza.	(Nº de organizaciones que conforman la gobernanza / Nº de organizaciones convocadas)	Porcentual	Anual	Eficiencia	Ascendente	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.
2	Nº de planes de intervención aprobados por la gobernanza para abordar la problemática	(Nº de planes aprobados / Nº de planes desarrollados)	Porcentual	Anual	Eficiencia	Ascendente	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.
3	Niños y jóvenes sensibilizados.	(Nº de niños y jóvenes certificadas) / (Nº de niños y jóvenes capacitados)	Porcentual	Anual	Eficacia	Ascendente	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.
4	Empresas capacitadas	(Nº de empresas capacitados/Nº de empresas pertenecientes al territorio	Porcentual	Anual	Eficacia	Ascendente	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.

Nº	Nombre	Forma de cálculo	Unidad de medida	Periodicidad	Dimensión	Lectura	Fuente de información
5	Organizaciones de la sociedad civil capacitadas	(Nº de organizaciones capacitadas/Nº de organizaciones pertenecientes al territorio	Porcentual	Anual	Eficacia	Ascendente.	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.
6	Comunidades y asociaciones indígenas capacitadas	(Nº de comunidades y asociaciones capacitadas/Nº de comunidades y asociaciones pertenecientes al territorio	Porcentual	Anual	Eficacia	Ascendente.	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.
7	Personas sensibilizadas y concientizadas con la problemática	(Nº de personas que declaran conocer la importancia de la problemática/Nº de personas atendidas)	Porcentual	Anual	Eficiencia	Ascendente.	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.
8	Personas sensibilizadas y concientizadas con las soluciones generadas	(Nº de personas que declaran aprobar las soluciones generadas/Nº de personas atendidas)	Porcentual	Anual	Eficiencia	Ascendente.	El numerador y el denominador serán obtenidos a través de registro interno del programa.

Folio006181

6.3.9 Presupuesto del programa

Tabla 6.56. Presupuesto global

Ítem	Unidad	Costo unitario (M$)	Cantidad total	Total programa
Jefe de proyecto - Ingeniero ambiental	hora	16	2.160	33.594
Coordinador Regional	hora	10	4.320	43.200
Ingeniero Ambiental	hora	10	4.320	43.200
Ingeniero Civil/Comercial	hora	10	4.320	43.200
Técnico	hora	6	4.319	23.996
Administrativo técnico-financiero	hora	6	4.320	24.000
Alimentación	día	60	176	10.560
Arriendo de salas y equipos	día	200	40	8.000
Café, colación o similar	persona	7	1.080	7.560
Infraestructura de recuperación de sitios	set	10.000	3	30.000
Material digital e impreso (infografías, RRSS, afiches)	set	6.000	2	12.000
Material multimedia (videos, cápsulas u otros)	video	4.500	4	18.000
Materiales de oficina	anual	1.000	2	2.000
Software ofimática	licencia	300	4	1.200
Transporte	mes	500	25	12.500
Ejecución de gira tecnológica	persona	3.000	10	30.000
Equipamiento de muestreo	set	3.000	1	3.000
Equipos computacionales (impresora, data, computadores)	set	2.610	1	2.610
Sub total				**348.620**
Utilidad consultora (10%)				34.862
Total general				***383.482***

Tabla 6.57. Presupuesto detallado por componente/actividad

Etiquetas de fila	Total año 1	Total año 2	Total programa	Utilidad consultora	Total General
Componente 1	**38.700**	**29.930**	**68.630**	**6.863**	**75.493**
Actividad 1.1.	21.720	-	21.720	2.172	23.892
Actividad 1.2.	2.760	4.560	7.320	732	8.052
Actividad 1.3.	6.380	8.720	15.100	1.510	16.610
Actividad 1.4.	3.650	6.670	10.320	1.032	11.352
Actividad 1.5.	4.190	9.980	14.170	1.417	15.587
Componente 2	**28.020**	**72.100**	**100.120**	**10.012**	**110.132**
Actividad 2.1.	5.180	-	5.180	518	5.698
Actividad 2.2.	15.140	-	15.140	1.514	16.654
Actividad 2.3.	7.700	-	7.700	770	8.470
Actividad 2.4.	-	58.540	58.540	5.854	64.394
Actividad 2.5.	-	13.560	13.560	1.356	14.916
Componente 3	**106.350**	**73.520**	**179.870**	**17.987**	**197.857**
Actividad 3.1.	3.760	-	3.760	376	4.136
Actividad 3.2.	3.280	-	3.280	328	3.608
Actividad 3.3.	3.760	-	3.760	376	4.136
Actividad 3.4.	3.000	-	3.000	300	3.300
Actividad 3.5.	66.500	30.760	97.260	9.726	106.986
Actividad 3.6.	26.050	42.760	68.810	6.881	75.691
Total general	***173.070***	***175.550***	***348.620***	***34.862***	***383.482***

6.3.1 Carta Gantt

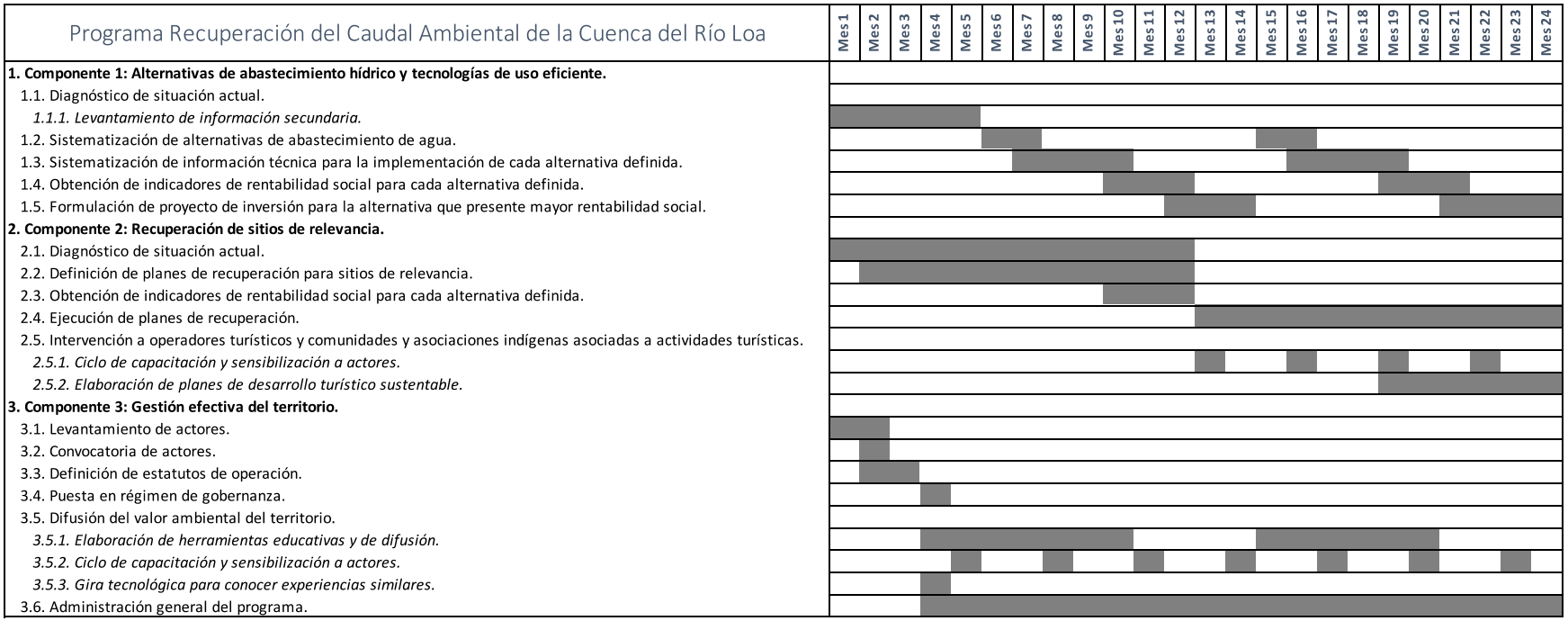


Figura 6.23 Carta Gantt del programa

Folio006184

7 REFERENCIAS

7.1 General

Acrernan, M. & Dunbar, M.J.2004. Defining environmental river flow requirements - a review. Hydrology and Earth System Sciences 8(5): 861-876

Agualimpia, Y.& Castro, C.2006. Metodologías para la determinación de los caudales ecológicos en el manejo de los recursos hídricos. Revista Tecnogestion vol 3 (1) Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Castro, L.M., Carvajal, Y. & Monsalve, E. 2006. Enfoques teóricos para definir el caudal ambiental. Revista Ingeniería y Universidad vol. 10 (2). Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad laveriana.

DGA, 2016. Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. Informe Final. S.I.T N°379.

Dyson, M., Bergkamp, G. & Scanlon, J. (eds) 2003. Caudal. Elementos esenciales de los caudales ambientales. Tr. José María Blanch. San José, c.R.: UICN-ORMA xiv + 125 pp.

Flores V., Carolina, 2001. Diagnóstico de la Cuenca Hidrográfica del Río Loa. Tesis de Título, Departamento de Ingeniería Química, Universidad Católica del Norte.

GORE Aysén, 2010. Diagnóstico Ambiental Cuenca del Río Aysén y Sector Costero Adyacente. Informe Final.

Karim, K., Gubbels, M.E. & Goulter, LC. 1995. Review of determination of instream flow requirements with special application to Australia. Water Resources Bulletin 311063-1077.

King J. & Louw D. 1998. Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using the Building Block Methodology. Aquatic Ecosystem Health and Management 1(2): 109-124.

Malan, H., Bath, A, Day, J. & [oubert, A 2003. A simple flow - concentration modelling method for integrating water quality and water quantity in rivers. En Water SA,vol. 29, numo 3, pp. 305-311. Disponible en ww"v.wrc.or~za.

McKay, S. K., & Fischenich, J. C., 2011. Robust prediction of hydraulic roughness. U.S. Army Engineer Research and Development Center.

Folio006185

MMA 2014, Propuesta Marco Conceptual, Definición y Clasificación de Servicios Ecosistémicos. Departamento de Economía Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente de Chile.

MMA 2015. Especificaciones técnicas para nuevos productos cartográficos. División de Recursos Naturales y biodiversidad. 6pp

MOP. 2012. Diagnóstico plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos, Región de Antofagasta. ARRAU Ingeniería E.I.R.L.S.J.T.Nº 29. 319pp.

Neimeyer, H., (1979). Hoyas Hidrográficas de Chile: Segunda región.

Ormazábal, C. 2004. El caso del proyecto RALCO.Presentado en el Seminario: "Caudal ecológico: metodologías y casos aplicados". 28 de abril de 2004. Santiago de Chile. Chile

Orellana, S., (1985). Hidroquímica del río Loa, Un prototipo para estudio de Hoyas hidrográficas en el norte de Chile. Tesis de Magíster en Ciencias, mención Geoquímica. Universidad Católica del Norte. Antofagasta.

Palau, A. 1994. Los mal llamados caudales "ecológicos". Bases para una propuesta de cálculo. Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Nº 28. Ríos, 11. p. 84 - 95.

Palmer, C.G., Rossouw, N., Muller, W.J. & Scherman P-A. 2005. The development ofwater quality method whitin ecological Reserve assessment, and links to environmental flow. En Water SA, vol. 31, numo 2, pp. 161-170. Disponible en VvwvJ.wrc.orgM

Pyerce. R. 2004. Hydrological low flow indices and their uses. Watershed Science Center. Trent University. WSC Report No. 04-2004. Peterborough. Ontario. Canada.

Rojas, C; Bembow, M.,(2006) Generación de información geológica compementaria en la elaboración de la norma secundaria de las aguas del río Loa.

Rojas M., Casas A., Ordóñez D., Otero J.D., Martínez J.P., Ceballos V., Joaquí S., y González Dayan. 2014. Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 13, No. 25 pag 29- 43. ISSN 1692-3324 - julio-diciembre de 2014/248 p. Medellín, Colombia,

TEEB 2010, The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations, The Economic of Ecosystems and Biodiversity.

Folio006186

Tharme, R. E. 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. River Research and Applications, 19, 397-441

Específica Química:

APHA, AWWA, WEF (2012). Standard Methods: for the examination of water and wastewater. 22nd Edition

NCh 1333 Of.78. Modificada en 1987. Requisitos de calidad de agua para diferentes usos. Instituto Nacional de Normalización.

Decreto Supremo N°143/2009. "Normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo".

7.2 OE-1

7.2.1 Recopilación antecedentes

Arcadis. 2016. Plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos, Región de Antofagasta. S.I. T. N° 379, Dirección General de Aguas. Santiagio, Chile: DGA. 356 pp.

Arrau Ingeniería E.I.R.L. 2012. Diagnóstico Plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos, Región de Antofagasta. Dirección General de Aguas. Santiagio, Chile: DGA. 319 pp.

Aylwin, et al. 2010. Las Implicancias de la ratificación del Convenio N° 169 de la OIT eb Chile. Programa de Derechos de los Pueblos Indígenas 2°da edición revisada y aumentada. 161 pp.

AMPHOS. 2018. Informe Plan de Vigilancia Ambiental Río Loa. CODELCO DISTRITO NORTE.

AMPHOS. 2017. Diagnóstico para desarrollar plan de gestión de riego en la Región de Antofagasta. 408 pp.

AQUATIERRA INGENIEROS LIMITADA. 2009. Actualización y complementación de información de organizaciones de usuarios. Informe Final realizado para la Dirección General de Aguas, Unidad de Fizcalización. S.I.T N° 179.

Bauer. 2015. Conflictos de agua y problemas de gobernanza en Chile. Conferencia CEPAL. Reunión de expertos en la formulación de políticas de agua. Santiago, Chile.

Folio006187

BIOTA. 2006. Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hídricos del altiplano. Recuperado de <https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/INFORME_FINALALTIPLANO_SAG.pdf.>

Börgel, R. 1983. Geografía de Chile, Instituto Geográfico de Chile. Tomo II Geomorfología. Santiago, Chile. Editorial del Instituto Geográfico Militar de Chile 178 pp.

Centro del Agua. 2018. Organizaciones de usuarios del Agua. Asociaciones de canalistas. Universidad de Concepción. [En Línea] Recuperado en <http://www.centrodelagua.cl/?q=node/19>.

CEA. 2015. Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales Altoandinos. 409 pp.

CEA. 2017. Análisis de adaptación al cambio climático en humedales andinos. 1068 pp.

CIREN. 2016. Sistema de Información Territorial de Humedales Altoandinos. Flora y Vegetación II Región de Antofagasta. 31 pp.

CIREN. 2010. Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile, Región de Antofagasta, síntesis de resultados. 50 pp.

Cade - Idepe consultores en ingeniería. 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Cuenca río Loa. 155 pp.

Casanova, M.; Salazar, O.; Seguel, O.; Luzio, W. 2013. The Soils Of Chile. Main Features of Chilean Soils. Madison, USA: Alfred Hartemink. 182 pp.

Comisión Nacional de Riego. 2019. Definiciones estratégicas. Recuperado el 11 de mayo del 2019 En línea:
https://www.mop.cl/Direccionesyareas/DirecciondeObrasHidraulicas/Paginas/default.aspx

CONADI. 2018. Misión Institucional. [En Línea] Recuperado en < http://www.conadi.gob.cl/mision-institucional>

CONAMA. 2002. Estrategia regional y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la región de Antofagasta. 39 pp.

CONAF. 2018. Funciones. [En Línea] Recuperado en <http://www.conaf.gob.cl/quienes-somos/>

DGA. 2018. Informe técnico DARH n°2, Balance y disponibilidad para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de ejercicio eventual en el río Loa, tramo: Estación fluviométrica río Loa en Chacance- Desembocadura, Región de Antofagasta. 14 pp.

Folio006188

Dirección de obras hidráulicas. 2019. Direcciones y áreas. Recuperado el 11 de mayo del 2019. https://www.mop.cl/Direccionesyareas/DirecciondeObrasHidraulicas/Paginas/default.aspx

Dirección de obras hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas. 2017. Embalse Conchi, Calama, II Región de Antofagasta, Chile. 14 pp.

Departamento de proyectos de riego, Ministerio de Obras Públicas. 2015. Informe topogrpafico de perfiles transversales río Loa. 5 pp.

DGA, Departamento de recursos hídricos, Ministerio de obras públicas. 2005. Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Loa. S .D.T- N°192. 38pp

DGA 2018. Funciones. [En Línea] Recuperado en <http://www.dga.cl/acercadeladga/funciones/Paginas/default.aspx>

DMC. 2001. Departamente de climatología meterorología de Chile. Climatología Regional. 41 pp.

Econat Consultores. 2005. Análisis general del impacto ecnonómico de norma secundaria de calidad de aguas del río Loa en el sector silvoagropecuario. 84 pp.

Flores, P et al. 2010. Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile, Región de Antofagasta. Centro de Información de Recursos Naturales, Santiagio, Chile: MINAGRI. 50 pp.

García-Cevecich, P. 2015. Control de la Erosión y Recuperación de Suelos Degradados. Denver, Colorado. Oitskirts Press. Inc. 469 pp.

Honorato-Zimmer, D. Thiel, M. 2017. Segundo muestreo nacional de la basura en los ríos. Universidad Católica del Norte, Sede Coquimbo. Coquimbo, Chile.

Ibañez, A.; Moreno, R.; Blanquer, J.2010. Glosario de términos geomorfológicos. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Ambiente. Valencia, España. 31 pp.

Instituto Nacional de Estadística. 2007. Censo Nacional Agropecuario y Forestal.

Instituto Nacional de Estadísticas. 2017. Censo nacional de población y vivienda.

Intendencia de Antofagasta. 2018. Misión institucional y objetivos estratégicos. [En Línea] Recuperado en < http://www.intendenciaantofagasta.gov.cl/vision/>

Inzunza, J. S/F. Meteorología descriptiva. Capítulo 15 Climas de Chile. Universidad de Concepción. [En Línea]. Recuperado en <

Folio006189

http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap15_Inzunza_Climas%20de%20Chile.pdf> .

Matraz Consultores Asociados Limitada. 2014. Caracterización Hidrogeoquímica de la cuenca del Loa alto, Región de Antofagasta Chile. S.I.T. N° 335. 451 pp.

Mayco Consultores. 2013. Levantamiento de información hidrogeológica Región de Antofagasta. 134 pp.

Ministerio de Economía Fomento y Turismo. 2014. Unidad de estudios. Las empresas en Chile por tamaño y sector económico desde el 2005 a la fecha. [En Línea] <http://www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2014/06/Bolet%C3%ADn-Empresas-en-Chile-por-Tama%C3%B1o-y-Sector-2005-2012.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente. Preguntas frecuentes. Santiago, Chile. Preguntas frecuentes [En línea] < http://areasprotegidas.mma.gob.cl/preguntas-frecuentes/>

Ministerio de Salud. 2015. Departamento de estadísticas e información de salud. Indicadores básicos de salud Chile. [En línea] <http://www.deis.cl/wp-content/uploads/2018/05/IBS-2015.pdf >

MOP. 2018. Funciones. [En Línea] Recuperado en https://www.mop.cl/acercadelmop/Funciones/Paginas/default.aspx.

Muñoz. 2003. El registro de las organizaciones de usuarios de aguas por la dirección general de aguas. Revista de derecho administrativo económico N°2. pp 303-309.

Knigth Pésold S.A. 2014. Análisis integrado río Loa Región de Antofagasta. S.I.T. N° 339. S.I.T. N° 339, Dirección General de Aguas. Santiago, Chile: DGA. 306 pp.

Leubert, F.; Pliscoff, P. 2006.Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile.Santiago, Chile. Editorial Universitaria.315 pp.

ODEPA. 2016. VIII Censo nacional Agropecuario y Forestal INE- ODEPA. Modernizar la estadística regional.

ONEMI 2018. Visión y misión. [En Línea] Recuperado en < http://www.onemi.cl/mision-y-vision/>

Peredo- Parada, M. et al. 2009. Base de datos eco-hidrologica de los ríos de Chile: Una herramienta de gestión para los ecosistemas acuáticos. [En línea] Gayana 73(1): 119-129. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/gayana/v73n1/art15.pdf>.

Pliscoff, P. 2015. Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de

Folio006190

Chile. Informe Técnico elaborado por Patricio Pliscoff para el Ministerio del Medio Ambiente. 63 p. Santiago, Chile.

Servicio nacional de turismo. 2012. Atractivos turísticos. Región de Antofagasta. [En línea]: 330 pp recuperado de < http://astroturismochile.cl/wp-content/uploads/2015/01/Catastro-de-atractivos-tur%C3%ADsticos-Regi%C3%B3n-de-Antofagasta-2012-Sernatur.pdf >.

SAG. 2018. Funciones. [En Línea] Recuperado en <http://www.sag.gob.cl/quienes-somos/que-es-y-que-hace-el-sag>

SAG. 2000. Informe contaminación río Loa, período marzo 1997 – febrero 2000.

SEA. 2018. 2018. Funciones y objetivos estratégicos. [En Línea]. Recuperado en <http://www.sea.gob.cl/sea/quienes-somos>

SERNAGEOMIN. 2018. Funciones y objetivos estratégicos [En Línea] Recuperado en <http://www.sernageomin.cl/mision-y-vision-institucional/>

SISS. 2018. Misión, visión, valores. [En Línea]. Recuperado en <http://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6314.html>

Seremi del Medio Ambiente. 2013. Diagnóstico y Evaluación (2002-20015) de la estrategia regional y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la región de Antofagasta. Villablanca, R.; Ibarra, J. 220 pp.

Tellier, S.; Becerra, P. 2003. Flora y vegetación del salar de Ascotan, andes del norte de Chile. Gayana 60(2): 114- 122.

UATSA. 2015. Análisis integral del mejoramiento de la calidad de vida, comuna de Calama 1era etapa: "Análisis de agua en el río Loa para detectar Contaminantes que provienen del tranque Talabre, comuna de Calama y otros".113 pp

United States Geological Survey (USGS). Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plain. Office of Water Data Coordination. USGS, Reston, Virginia.

XIV Congreso geológico chileno. 2015. Geoquímica de sedimentos y suelos de Chile, Catastro de estudios de geoquímica ambiental de suelos y sedimentos de Chile. [En línea]. Tapia, J.; Mulet, J.; Poblete, N.; Rodriguez, C. 5 pp. Recuperado de http://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/14905_v3_pp_314_317.pdf

Folio006191

7.2.2 Biológica

Benoit I (ed) (1989). Libro Rojo de la Flora terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal. Ministerio de Agricultura .157 pp.

Bertrand, H (1995) Les insects aquatiques d Europe. Encyclopédie Entomologique. Volume II: Trichoptères, Lepidoptères, Diptères, Hyménoptères. Paul Lechevalier Editeur (Paris).543 pp.

CEI J.M. (1962). Batracios de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cviii + 128 pp.

Decreto Supremo N° 13/2013. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, noveno proceso. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (Publicado el 25 de julio de 2013).

Decreto supremo N° 151/2007. Oficializa la primera clasificación de especies silvestres según estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (Publicado el 24 de marzo de 2007).

Decreto Supremo N° 16/2016. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, duodécimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (16 de septiembre de 2016).

Decreto Supremo N° 19/2013. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, octavo proceso. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (Publicado el 11 de febrero de 2013).

Decreto Supremo N° 23/2009. Aprueba y oficializa nómina para el cuarto proceso de clasificación de especies silvestres según estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). 2009. Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (Publicado el 7 de mayo de 2009).

Decreto Supremo N° 33/2012. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, quinto proceso. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (Publicado el 27 de febrero de 2012).

Decreto Supremo N° 38/2015. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, undécimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (4 de diciembre de 2015).

Folio006192

Decreto Supremo N° 41/2012. CHILE. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, sexto proceso. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (Publicado el 11 de abril de 2012).

Decreto Supremo N° 42/2012. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, séptimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (Publicado el 11 de abril de 2012).

Decreto Supremo N° 50/2008. Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (Publicado el 30 de junio de 2008).

Decreto Supremo N° 51/2008. Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (Publicado el 30 de junio de 2008).

Decreto Supremo N° 52/2014. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (29 de agosto de 2014).

Decreto Supremo N° 6/2017. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, decimotercer proceso. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Publicado en Diario Oficial de la República de Chile (16 de marzo de 2017).

DONOSO-BARROS R. (1966). Reptiles de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. Cxiiv + 458 pp.

Fernández HR & E Domínguez (2001) Guía para la determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos.Editorial Universitaria de Tucumán282 p.

FORMAS, J.R. (1995). Anfibios. 314-325. En: Simonetti, J., M. Arroyo, A. Spotorno & E. Lozada (Eds.). Diversidad biológica de Chile. Conicyt. Santiago de Chile. 364 pp.

Hernández, J., M.T. Serra & L. Faúndez (2000). Manual de métodos y criterios para la evaluación y monitoreo de la flora y la vegetación. Universidad de Chile, Chile, 37 pp.

Krammer K & H Lange–Bertalot (1986–1991). Bacillariophyceae 1. (1986); Bacillariophyceae 2 (1988); Bacillariophyceae 3 (1991); Bacillariophyceae 4 (1991). En: Ettl, H.et al., (Eds.), Süsswasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer, Jena.

Lagler, K.F. (1956). Freshwater Fishery Biology. W.M.C. Brown Company Dubeque. Iowa. 421 pp.

Folio006193

Lange-Bertalot H (2001) Diatoms of Europe. Navicula sensu stricto 10 Genera SeparatedfromNavicula sensu lato. Frustulia.Lange-Bertalot (ed.).526 pp.

Lopretto, E. & Tell G. (1995). Ecosistemas de Aguas Continentales. Tomo III. Ediciones Sur. La Plata, Argentina. 1401 pp.

Marticorena, C., F. Squeo, G. Arancio & M. Muñoz (2001). Catálogo de la flora vascular de la IV Región de Coquimbo. En: Squeo F, G. Arancio & J. Gutiérrez (eds) Libro Rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo. CONAF- Univ. La Serena, 372 pp.

MELLA, J. E. (2005). Guía de Campo de Reptiles de Chile: Zona Central. Peñaloza, APG; F Novoa & M Contreras (eds.). Ediciones del Centro de Ecología Aplicada Ltda. 147 pp + xii.

Merrit RW & K-W Cummins (1996) An introduction to the Aquatic Insect of North America. Third Edition. Kendall / Hunt Publishing Company.862 pp.

Mueller-Dombois D & H Ellenberg (1974). Aims and methods of Vegetation Ecology. J. Wiley & Sons, New York. 547 pp.

NÚÑEZ, H. & F. JAKSIC. (1992). Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Chile 43: 63-91.

PINCHEIRA-DONOSO, D. & NUÑEZ H. (2005). La especies chilenas del género Liolaemus Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae). Taxonomía, Sistemática y Evolución. Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural. Chile Nº 59: 7-486.

Rivera P (1983) A Guide for References and Distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18º28'S and 58ºS.Bibliotheca Diatomologica Vol.3, 386 pp.

Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. (1996). The Diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 735 p.

Rumrich U, H Lange-Bertalot& M Rumrich (2000) Iconographia Diatomologica 9.Diatomeen der Anden (von Venezuela bis Patagonien/ Tierra del Fuego).Lange Bertalot (ed.), 671 pp.

The Plant List (2013). http://www.theplantlist.org/ Real Jardín Botánico y Jardín Botánico de Missouri.

VELOSO A. & J. NAVARRO. (1988). Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali 6: 481-539.

Folio006194

VELOSO, A., J.C. ORTIZ, J. NAVARRO, H. NÚÑEZ, P. ESPEJO & A. LABRA. (1995). Reptiles. 326-335. En: Simonetti, J., M. Arroyo, A. Spotorno & E. Lozada (Eds.). Diversidad biológica de Chile. Conicyt. Santiago de Chile. 364 pp.

VIDAL M & A LABRA. (2008). Herpetología de Chile. Science Verlag. 593 pp.

Vila I, A Veloso, R Schlatter & C RamIrez (Eds.) (2006). Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 173 pp.

Subsecretaría de desarrollo regional y administrativo. 2018. Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de RSD asimilables. Recuperado el 11 de mayo del 2019. http://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/documentos/4.1_diagnostico_introduccion_agosto_2018.pdf

Zuloaga F, O Morrone, M Belgrano (Eds.) (2008). Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 107, 1–3348.

7.2.3 Anfibios y Reptiles

De la Riva I. 2002. Rediscovery and taxonomic status of *Telmatobius marmoratus gigas* Vellard, 1969 ‘1968’ (Anura: Leptodactylidae). *Herpetologica* **58:** 220–228.

Formas J R, Benavides E, Cuevas CC. 2003. A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from río Vilama, north- ern Chile, and the redescription of *T. halli* Noble. *Herpetologica* 59: 253–270.

Formas J R, Cuevas CC, Nunez JJ. 2006. A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Northern Chile. *Herpetologica* 62: 173–183.

Formas J R, Veloso A, Ortiz JC. 2005. Sinopsis de los *Telmatobius* de Chile. *Monografías de Herpetología* 7**:** 103– 114.

Frost D. R. 2013. *Amphibian species of the world: an online reference*, *Version 5.6 (9 January 2013)*. New York: American Museum of Natural History. Available at: http:// research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/Amphibia/Anura/ Telmatobiidae/Telmatobius

Marquet, P. Bozinovic, F. et al. 1998. Los ecosistemas del desierto de Atacama y área andina adyacente en el norte de Chile. Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71:593- 617.Disponible

Folio006195

Noble, G.K. (1938) A new species of frog of the genus Telmatobius from Chile. American Museum Novitates, 973, 1–3.

Sáez, P.A., Fibla, P., Correa, C., Sallaberry, M., Salinas, H., Veloso, A., Mella, J., Iturra, P. & Méndez, M.A. (2014) A new endemic lineage of Andean frog genus Telmatobius (Anura, Telmatobiidae) from the western slope of the Central Andes. Zoological Journal of the Linnean Society, 171, 769–782. https://doi.org/10.1111/zoj.12152

Schmidt KP. 1928. The Chilean frogs of the genus *Telmatobius*. *Revista Chilena de Historia Natural* 32: 98–105.

Veloso A. y H. Nuñez 1998 Inventario de especies de fauna de la Región de Antofagasta (Chile) y recursos metodológicos para almacenar y analizar información de biodiversidad Revista Chilena de Historia Natural 71: 555-569.

7.2.4 Vegetación y Flora

APONTE H. (2009). El junco: clasificación, biología y gestión. Científica 6 (1): 38- 45.

LUEBERT F. y P. Pliscoff. (2006). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago. 316 p.

ORREGO F., DE LA FUENTE LM., GÓMEZ M. y GINOCCCHIO R. (2018). Diversidad de halófitos chilenas: distribución, origen y hábito. Gayana 75 (2): 555-567.

SAN MARTÍN C., RAMÍREZ C. y ALVÁREZ M. (2003). Macrófitos como bioindicadores: una propuesta metodológica para caracterizar ambientes dulciacuícolas. Geográfico de Valparaíso 34: 243- 253.

SQUEO F, OSORIO R & ARANCIO G (1994). Flora de Los Andes de Coquimbo: Cordillera de Doña Ana. Ediciones de la Universidad de La Serena, La Serena. 176 pp.

VILA I, VELOSO A, SCHLATTER R & RAMÍREZ C (2006). Macrófitas y Vertebrados de los Sistemas Límnicos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 187 pp.

7.2.5 Biota

Bertrand H. 1995. Les insectes aquatiques d”Europe. Encyclopédie Entomologique. Volume II: Trichoptères, Lepidoptères, Diptères, Hyménoptères. Paul Lechevalier Editeur (Paris). 543 pp.

Camousseight A. 2006. Estado de Conocimiento de los Ephemeroptera de Chile. Gayana 70(1): 50-56.

Dyer, B., 1997. Phylogenetic revision of Atherinopsinae (Teleostei, Atheriniformes, Atherinopsidae), with comments on the systematics of the South American freshwater fish genus Basilichthys Girard. Miscellaneous Publication, Museum Zoology, University of Michigan 185: 1-64, 46 figs.

Dyer, B., 2000. Revisión Sistemática de los Pejerreyes de Chile (Teleostei, Atheriniforme sistematyc review of the fishes of Chile (teleostei, atheriniformes). Estudios Oceanol. 19:99-127.

Davies AL & JHR Gee (1993) A simple periphyton sampler for algal biomass estimates in streams. Freshwater Biology 30:47-51.

Fernández, H.R. y E. Domínguez. 2001. Guía para la Determinación de Artrópodos Bentónicos Sudamericanos. Serie: Investigaciones de la UNT, Sub serie Ciencias Exactas Naturales. Tucumán. Argentina. 282 pp.

Jara C, E Rudolph & E González (2006) Estado de Conocimiento de los Malacostráceos Dulceacuícolas de Chile. Gayana (1): 40-49

Jerez V & J Moroni. 2006. Diversidad de coleópteros acuáticos en Chile. Gayana 70 (1): 72-81.

Lagler, K.F. 1956. Freshwater Fishery Biology. W.M.C. Brown Company Dubeque. Iowa, 421 pp.

Lange-Bertalot H. 2001. Diatoms of Europe. Navicula sensu stricto 10 Genera Separated from Navicula sensu lato. Frustulia. Lange Bertalot (ed.). 526 pp.

Lopretto E.C. & G. Tell. 1995. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Tomo III. Ediciones Sur, República Argentina.

Lugo-Ortiz C.R. & W.P. McCafferty. 1995. Taxonomy of the north and sector american species of Camelobaetidius (Ephemeroptera: Baetidae). Entomological News. 106 (4): 178-192.

Lugo-Ortiz C.R. & W.P. McCafferty. 1999. Three new genera of small minnow mayflies (Insecta Baetidae) from the Andes and Patagonia. Stud. Neotrop. Fauna & Envirom. 34: 88-104.

Merrit R.W & K.W Cummins. 1996. An introduction to the Aquatic Insect of North America. Third Edition. Kendall / Hunt Publishing Company. 862 pp.

Folio006197

Nash, R. D. M.; Valencia, A. H.; Geffen, A. J., 2006: The origin of Fulton's condition factor–setting the record straight. Fisheries 31, 236–238.

Krammer K. & H. Lange-Bertalot. 1986-1991. Bacillariophyceae 1: 976 pp (1986); Bacillariophyceae 2: 610 pp (1988); Bacillariophyceae 3: 576 pp (1991); Bacillariophyceae 4 : 436 pp (1991). En: Ettl, H. et al. (Eds.), Süsswasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer, Jena.

Rivera P. 1983. A Guide for References and Distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18º28'S and 58ºS. Bibliotheca Diatomologica Vol. 3, 386 pp.

Rojas F. 2006. Estado de Conocimiento de los Trichoptera de Chile. Gayana (1): 65-71.

Round F.E., Crawford R.M. & Mann D.G. 1996. The Diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 735 pp.

Rumrich U., Lange-Bertalot H. & M. Rumrich. 2000. Iconographia Diatomologica 9. Diatomeen der Anden (von Venezuela bis Patagonien/ Tierra del Fuego). Lange Bertalot (ed.). 671 pp.

Valdovinos C. 2006. Estado de Conocimiento de los Gastrópodos Dulceacuícolas de Chile. Gayana (1): 88-95.

Véliz, D., Catalán, L., Pardo, R., Acuña, P., Díaz, A., Poulin, A. & Vila, I. The genus Basilichthys (Teleostei: Atherinopsidae) revisited along its Chilean distribution range (21º to 40º S) using variation in morphology and mtDNA. Revista Chilena de Historia Natural 85: 49-59, 2012.

Vera A & A Camousseight. 2006. Estado de Conocimiento de los Plecópteros de Chile. Gayana 70(1): 57-64.

Wetzel R. & G. Likens 2000. Limnological Analyses. 3rd Ed. Springer-Verlag, New York. 429 pp.

7.2.6 Caracterización geomorfológica

CIREN. 2016. Sistema de Información Territorial de Humedales Altoandinos. Suelos II Región de Antofagasta. 6 pp

Parasiewicz, P., 2007. The mesohabsim model revisited. River Research "and applications. 23(8): 893-903, Doi: 10.1002/rra.1045.

Folio006198

Peredo-Parada, M. et al., 2011. Implementation of an eco-hydrological classification in Chilean rivers. Gayana. 75(1): 26-38, Doi: 10.4067/S0717-65382011000100003.

Rosgen, D., 1994. A Classification of natural rivers. Wildland Hydrology, USA. 22(3): 169-199, Doi: 10.1016/0341-8162(94)90001-9.

Snelder, T. & Biggs, B., 2002. Multiscale river environment classification for water resources management. Journal of the American water resources association. 38(5):1225-1239.

Higginson, N. N. J. & Johnston, H. T., 1988. Estimation of friction factor in natural streams. In proceedings of the international conference on river regime. Hydraulics research. 251-266.

Montgomery D & Buffington J., 1997. Channel-reach morphology in mountain drainage rivers. GSA Bulletins. 109(5): 596-611.

7.2.7 Caracterización hidrológica

Campos, D., 2001. Contraste de dos procedimientos de ajuste de la distribución Wakeby en la modelación probabilística de crecientes. Agrociencia. 35(4): 429-439.

Luna, J. A., Domínguez, R., 2013. Un método para el análisis de frecuencia regional de lluvias máximas diarias: aplicación en los Andes Bolivianos. Ingeniare. 21(2): 111-124.

Manual de Carreteras, 2014. Volumen n°3, Instrucciones y criterios de diseño. MOP – DGOP – Dirección de vialidad, Chile.

OMM, (2012) “Índice normalizado de precipitación: Guía del usuario” Organización Meteorológica Mundial. OMM-No 1090

Torres, E., 2016. Determinación de curvas IDF en la región de Antofagasta, Chile. Universidad de Chile.

Varas, E., 2000. Estimación de momentos ponderados regionales de caudales máximos diarios. Ingeniería Hidráulica en México. 15(1): 15-61.

Varas, E., Lara, S., 1998. Métodos regionales para estimar la probabilidad de frecuencia de crecidas. International water association. 5(3): 51-58. Doi: 10.4995/ia.1998.2766.

Folio006199

7.2.8 Vulnerabilidad

Berger, B, Fror, O & Schafer, RB 2019. Salinity impacts on river ecosystem processes: a critical mini-review. Phil Trans. R. Soc. B 374: 20180010

Beroya-Eitner, 2016. Ecological Vulnerability Indicators. Ecological Indicators 60; 329-334.

Cañedo- Arguelles, M, Kefford, BJ, Piscart, C, Prat N, Schafer, RB & Schulz 2013. Salinization of Rivers: An urgent ecological issue. Environmental Pollution 173, 157-167.

DODDS, W. K., J. R. JONES, AND E. B. WELCH. 1998. Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus. Water Research 32:1455–1462.

DECRETO SUPREMO 51/2008 MINSEGPRES. Tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el Lunes 30 de junio de 2008.

DECRETO SUPREMO N° 13/2013. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, noveno proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario Oficial, 25 de julio de 2013.

DECRETO SUPREMO N° 151/2006. Oficializa primera clasificación de especies silvestres según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario Oficial, 24 de marzo de 2007.

DECRETO SUPREMO N° 16/2016. Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres, proceso número 12. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile el día 3 de junio de 2016.

DECRETO SUPREMO N° 19/2012. Aprueba y oficializa clasificación de especies silvestres según su estado de conservación, octavo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario Oficial, 11 de febrero de 2013.

DECRETO SUPREMO N° 23/2009. Aprueba y oficializa nómina para el cuarto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario Oficial, 07 de mayo de 2009.

DECRETO SUPREMO N° 33/2011. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, quinto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario Oficial, 27 de febrero de 2012.

Folio006200

DECRETO SUPREMO N° 41/2011. Aprueba y oficializa clasificación de especies, según su estado de conservación, sexto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario Oficial, 11 de abril de 2011.

DECRETO SUPREMO N° 50/2008. Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario Oficial, 30 de junio de 2008.

DECRETO SUPREMO N° 52/2014. Aprueba y oficializa nómina para el décimo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario Oficial, 29 de agosto de 2014.

Dufour & González, 2019. Riparian Zona/Riparian Vegetation definition-principles and recommendation. 15 pp.

Dunlop, J, Mc Gregor, G, Horrigan N. 2005. Potential impacts of Salinity and turbidity in riverine ecosystems. State of Queesland, Australia.

De Lange, HJ, Sala, S, Vighi, M & Faber, JH 2010. Ecological vulnerability in risk Assessment – A review and perspectives. Science of the Total Environment 408, 3871-3879.

Decker, K & Rondeau, R. 2014. San Juan/ Tres Ríos Climate Change Ecosystem Vulnerability Assessment. Colorado Natural Heritage Program. Colorado State University. Fort Collins. Colorado.

Dodds, W.K. 2007. Trophic state, eutrophication and nutrient criteria in streams. Trends in Ecology and Evolution 22, 12, 669-676.

Dodds, W.K., et Smith, V.H., 2016. Nitrogen, Phosphorous, and eutrophication in streams. Inland Waters 6, 155-164.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2010). Estudio Nacional del Agua. Bogotá, Colombia.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2011). Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. 10 p.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2014). Estudio Nacional del Agua. Bogotá, Colombia.

Guethi P.F. (1986). I Macroinvertebrati nell`Analisi di qualità dei corsi d`aqua. Ed. Università di Parma. Italia. 105 pp.

Folio006201

Guetti P.F. (1997) Manuale di aplicazione Indice Biotico Esteso (IBE): I macroinvertebrati nel controllo della qualitá degli ambienti di acque correnti. Provincia autónoma di Trento. Agencia Provinciale per la protezione dell'ambiente. Trento. Italia. 222 pp.

Ghetti P.F. (2000) L`Indice Biotico Esteso (IBE). Biología Ambientale, 14(2):55-61.

Hilsenhoff, W.L (1988) "Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index". J. North Am. Benthol. Soc, 7: 65-68, 1988.

Iescha R, Lathb MP, Ierbachc DB (2018) Ecology and evolution along environmental gradients. 64:193–196. doi: 10.1093/cz/zoy015

Ippolito, A, Sala S, Faber, JS & Vighi, M 2010. Ecological Vulnerability Analysis: A river Basin Case study. The Science of Total Enviroment. 408, 3880-3890.

Ohmann JL, Spies TA (1998) Regional gradient analysis and spatial pattern of woody plant communities of Oregon forests. Ecol Monogr 68:151–182.

Palma, A. (2013) "Importancia de las regiones mediterránea, templada y patagónica en la diversidad de ephemeroptera, plecoptera y trichoptera: implicancias de futuros cambios ambientales en sus distribuciones". Boletín de Biodiversidad de Chile 8: 37–47. http://www.bbchile.com/

Pardo I., Álvarez M., Casas J., Moreno J. L., Vivas S., Bonada N., Alba-Tercedor J., Jáimez-Cuéllar P., Moyà G., Prat N., Robles S., Suárez M.L., Toro M. y Vidal-Abarca M.R.. (2002) "El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat". Limnetica 21(3-4): 115-133 (2002). Asociación Española de Limnología, Madrid. Spain. ISSN: 0213-8409

Sánchez. Ó., Herzig M., Peters O., Márquez-Huitzil R. y Zambrano L. (2007) "Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México". Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; U.S. Fish & Wildlife Service; Unidos para la Conservación, A.C; Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo.

Folio006202

Poff, N L, Allan, D, Bain, MarkB, Karr, J, Prestegaard L, Richter, BD, Sparks RE, Stromberg JC. 1997. The Natural Flow Regime, a paradigm for river conservation and restoration. BioScience 47, 11: 769 -784.

Ter Braak CJF, Prentice IC (1988) A Theory of Gradient Analysis. Adv Ecological Res 18:271–317. doi: 10.1016/S0065-2504(08)60183-X

Whittaker RH (1956) Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecol Monogr 26:1–80. doi: 10.2307/1943577.

7.3 OE-2

7.3.1 Modelo hidrológico

Ayala, A., 2011. Impactos del cambio climático sobre la operación del sistema hídrico de la laguna Laja. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

Cannon, A.J., 2016. Multivariate bias correction of climate model output: Matching marginal distributions and intervariable dependence structure. J. Clim. 29, 7045–7064. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0679.1

DGA (2013). Levantamiento Información Hidrogeológica Región de Antofagasta. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Realizado por Mayco Consultores.

DGA (2017), Análisis para el desarrollo de un Plan de GIRH en la Cuenca del Choapa, SIT N° 420, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile, Realizado por: RODHOS Asesorías y Proyectos Ltda.

DGA (2017b). Actualización Balance Hídrico. Informe Final. S.I.T. 417 Desarrrollado para la Dirección General de Agual, MOP, por Universidad de Chile y Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile

DGA (2018). APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL EN LAS CUENCAS DE LAS MACROZONAS NORTE Y CENTRO, SIT N° 435. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios Planificación, Santiago, Chile. Realizado por Fundaciónpara la Transferencia Tecnológica y Pontificia Universidad Católica de Chile.

Hasson, S. (2016). Future water availability from Hindukush-Karakoram-Himalaya upper indus basin under conflicting climate change scenarios. Climate, 4(3), 40.

Folio006203

Knight-Piésold (2014a). Análisis Integrado río Loa, Región de Antofagasta". Mayo 2014. ´Preparado para la Dirección General de Aguas.

Knight Piésold (2014b). Sectorización de los acuíferos del río Loa. Diciembe 2014. Preparado para la Dirección General de Aguas.

Lobo, M., Pérez, M. & Samartin, A. (1991). Problemas de homogeneización en la ingeniería. Una experimentación numérica. Revista internacional de métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería. Vol. 7, 4, 455-472.

Markstrom, S.L., Regan, R.S., Hay, L.E., Viger, R.J., Webb, R.M.T., Payn, R.A., & LaFontaine, J.H. (2015). PRMS-IV, the precipitation-runoff modeling system, version 4: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. B7, 158 p., http://dx.doi.org/10.3133/tm6B7.

Pramar Ambiental (s.f.) Estudio de Impacto Ambiental: Proyecto Pampa Hermosa. Anexo XII: Estudio Fisicoquímico e Hidrobiológico del Río Loa y Cálculo del Caudal Ecológico asociado a la extracción de agua en Quebrada Amarga. Elaborado para SQM

Singh, V. P., & Frevert, D. K. (Eds.). (2005). Watershed models. CRC Press.

Leavesley, G.H. & Stannard, L.G. (1995). "The Precipitation-Runoff Modeleing System - PRMS", en Singh, V. P. (Ed.). Computer models of watershed hydrology (Vol. 1130). Highlands Ranch, CO: Water Resources Publications.

SEI (Stockholm Environment Institute) (2018). User Guide, Web-based, English. Disponible en línea: https://www.weap21.org/WebHelp/index.html

Sugawara, M. (1995). "Tank model", en Singh, V. P. (Ed.). Computer models of watershed hydrology (Vol. 1130). Highlands Ranch, CO: Water Resources Publications.

Quick, M.C. (1995). "The UBC Watershed Model", en Singh, V. P. (Ed.). Computer models of watershed hydrology (Vol. 1130). Highlands Ranch, CO: Water Resources Publications.

Quick, M.C. & Pipes, A. (1977). UBC Watershed Model. Hydrological Sciences-Bulletin-des Sciences Hydrologiques, XXII, 1, 3/1977.

7.3.2 Caudal ambiental

Dolédec, Sylvain & LAMOUROUX, NICOLAS & FUCHS, ULRIKE & Mérigoux, Sylvie. (2006). Modelling the hydraulic preferences of benthic macroinvertebrates in small European stream. Freshwater Biology. 52. 145 - 164. 10.1111/j.1365-2427.2006.01663.x.

Folio006204

7.4 OE-3

7.4.1 Servicios Ecosistémicos y su valoración

ARCADIS, DGA, MOP. (2016). PLAN ESTRATÉGICO PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. Recuperado el 2019, de http://documentos.dga.cl/ADM5702.v2.pdf

Arrau Ingeniería E.I.R.L. MOP. (2012). Diagnóstico plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos, Región de Antofagasta. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. Obtenido de http://documentos.dga.cl/ADM5404v1.pdf

Aznar, J., & Estruch, V. (2015). Valoración de Activos Ambientales. Teoría y casos (2da ed.). Valencia: Universitat politècnica de valència.

Boyd J., B. J. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. Ecological Economics, 63: 616–626.

CADE-IDEPE, 2004. Consultores en Ingeniería, Informe de Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad Cuenca Rio Loa. Encargado por la Dirección general de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Chile.

CÁMARA DE DIPUTADOS. (2017). BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE. Recuperado el 2019, de DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS, EXTENSIÓN Y PUBLICACIONES, : https://www.camara.cl/pdf.aspx?prmTIPO=DOCUMENTOCOMUNICACIONCUENTA&prmID=57905

Castro, E. y. (1998). Valoración económica ecológica del recurso hídrico en la cuenca Arenal: Agua un flujo permanente de ingreso. Fundación Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS), Heredia, Costa Rica.

CICES 5.1, H.-Y. R. (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. Nottingham. Obtenido de www.cices.eu

CICES, H. Y. (2012). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). University of Nottingham, Nottingham. Obtenido de www.cices.eu

CICES, P. R. (2011). UK Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). University of Nottingham, Nottingham. Obtenido de www.cices.eu

Costanza R, d. R. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387: 253–260.

Folio006205

Costanza, R., & Rudolf De Groot, P. S. (2014). Global Environmental Change, 26, 152-158.

Daily, G. (1997). Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, 392.

De Groot, R. W. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. . Ecological Economics, 41, 393–408.

De Groot, R., Luke Brander, S. v., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., . . . Rodriguez, L. (julio de 2014). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosystem Services, 1(1), 50-61.

Di Gregorio A, J. L. (2005). Land cover classifcation system classifcation concepts and user manual. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), MOP. (2019). DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP). Recuperado el 2019, de http://www.dga.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2019). Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Recuperado el 2019, de http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/provisioningservices/es/

Fisher B, T. K. (2009). Defning and classifying ecosystem services for decision making . Ecological Economics , 68 : 643-653.

Figueroa, E. (Diciembre de 2010). Gobierno de Chile Ministerio del Medio Ambiente. Obtenido de Valoración Económica Detallada de las Áreas Protegidas de Chile: http://bdrnap.mma.gob.cl/recursos/privados/Recursos/CNAP/GEF-SNAP/Figueroa_2010.pdf

Freeman, A. (1993). The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods, Resources for the Future. Recuperado el 2019, de Resources for the future: https://core.ac.uk/download/pdf/6304509.pdf

Geldes, C. 2003. Valoración económica de los servicios ambientales del agua en la cuenca del río Limarí, IV región de Chile. Tesis para optar al grado académico de Magister en Gestión y Planificación Ambiental. Programa Inter facultades, Universidad de Chile.

Global Rates. (2019). Global-rates.com. Recuperado el 2019, de https://es.global-rates.com/estadisticas-economicas/inflacion/indice-de-precios-al-consumo/ipc/estados-unidos.aspx

Folio006206

H. Rosa, S. K. (2004.). Compensation for Environmental Services and Rural Communities: Lessons. International Forestry Review,, 6(2):187-194. Obtenido de http://www.bioone.org/doi/full/10.1505/ifor.6.2.187.38401

Haines-Young, R. a. (2012). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). University of Nottingham, Nottingham. Obtenido de www.cices.eu

Haines-Young, R. a. (2017). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. University of Nottingham, Nottingham. Obtenido de www.cices.eu

Honorio, C. D., & Torres, J. G. (2000). Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica, 3(Núm. 5 (2000)). Recuperado el 2019

Huenchuleo C. & A. de Kartzow. Valoración económica de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Aconcagua, Chile. Tecnología y Ciencias del Agua 9: 48-72; doi: 10.24850/j-tyca-2018-02-03

INE, Ministerio de Economía y Hacienda. (2019). Estadísticas de Turismo. Recuperado el 2019, de https://www.ine.cl/estadisticas/economicas/turismo

INSUS, ingeniería Sustentable. (2018). Estudio de Percepción del Turismo en el Alto Loa. Obtenido de http://www.elabra.cl/wp-content/uploads/2018/05/ESTUDIO_TURISMO_ALTO_LOA.pdf

Lozano, V. M. (2012). SGITT-OTRI (Universidad de Alicante). Recuperado el 2019, de Control biológico de plagas y enfermedades vegetales: https://sgitt-otri.ua.es/es/empresa/documentos/ot-0811-control-biologico-de-plagas.pdf

Mejías, R. &. (2002). El Pago de Servicios Ambientales en Centroamérica. Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE)., Costa Rica.

Millenium Ecosystem Assessment. (2003). Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment. Island Press, 49 - 70.

Ministerio de Desarrollo Social. (2019). SISTEMA NACIONAL DE INVERSIONES . Recuperado el 2019, de Precios Sociales 2018 : http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/download/precios-sociales-vigentes-2017/?wpdmdl=2392

Ministry of Supply and Services (1993). Water Works! Canada.

Folio006207

N.SMALLA, M.MUNDAY, & DURANCE. (2017). The challenge of valuing ecosystem services that have no material benefits. Global Environmental Change, 57 - 67. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378017303540

Potschin, R. H.-Y. (2011). UK Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). University of Nottingham, Nottingham. Obtenido de www.cices.eu

Robert, C., & De Groot R, F. S. (1997). Nature, 387: 253–260.

Russell A., M., & Tracy A. Farrell, I. J. (05 de enero de 2019). CEMEX. Obtenido de http://www.cemexnature.com/es/extracto/servicios-ecosistemicos-de-agua-dulce/

SERNATUR, MINISTERIO DE ECONOMIA, FOMENTO Y TURISMO. (2018). SERIE DE TURISMO INTERNO Temporada Alta 2016 (Publicado abril del 2018). Recuperado el 2019, de http://www.subturismo.gob.cl/wp-content/uploads/2015/10/InformeTurismoInterno-TempAlta2016-04042018.pdf

SERNATUR, MINISTERIO DE ECONOMIA, FOMENTO Y TURISMO. (2019). SUBSECRETARIA DE TURISMO. Recuperado el 2019, de http://www.subturismo.gob.cl/documentos/estadisticas/#

Steward, J. H. (1955). Theory of Culture Changes. Clásicos y Contemporáneos en Antropología, Cap 2. Obtenido de https://www.ciesas.edu.mx/publicaciones/clasicos/00_CCA/Articulos_CCA/CCA_PDF/040_STEWARD_1955_El%20Concepto_yel_metodo.pdf

TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity. (2010). La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad: Fundamentos Ecológicos y Económicos. (Earthscan, Ed.) Londres y Washington D.C: Pushpam Kumar. Recuperado el 2019

Turismo Virtual. (2019). turismovirtual.cl. Obtenido de https://www.turismovirtual.cl/ii/ii.html

US Government. (s.f.). National Handbook of Recommended Methods for Water Data Acquisition. Concepts, approaches, and methods for determining water use.

U.S. Environmental Protection Agency. (2004). Ecological benefts assessment strategic plan. *SAB Review Draft*.

Valls, M. (1980). *La legislación del agua en los países de la América del Sur.* Estudio Legislativo No.19, FAO.

Folio006208

VILLABLANCA, R. & IBARRA, J. 2015. Diagnóstico y Evaluación: Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta. SEREMI del Medio Ambiente, Región de Antofagasta. 183 pp.

7.5 OE-4

7.5.1 Cartera de Proyectos

www.censo2017.cl.

Reportes estadísticos distritales 2017. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Antofagasta. 2012. Ministerio de Obras Públicas.

Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas

VII Censo agropecuario y forestal 2006-2007. Ministerio de Agricultura. Odepa.

Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas.

VII Censo agropecuario y forestal 2006-2007. Ministerio de Agricultura. Odepa.

Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD. http://desarrollohumano.cl/

Agricultura Indígena Chilena. Análisis socioespacial de la agricultura según etnia. 2010. Programa Chile Indígena, Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.

Informe de Avance “Diagnóstico del caudal ambiental del Río Loa, Región de Antofagasta”.

Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. 2016. Ministerio de Obras Públicas.

Folio006209

8 ANEXOS

8.1 Tablas de Datos

Tabla 8.1 Detalle de Derechos Comunidades Calama, Lasana y Chiu-Chiu, Dotación mensual. Fuente DGA 2016

	m3/Há/mes												m3/Há/año
COMUNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC.	ANUAL
Canal Chunchuri Bajo	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Lay Lay Ramal Chunchuri Alto	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Bocatoma Dupont de Calama	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal La Prensa	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Nuñez	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Topater	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Chañar	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Tronco	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Yalquincha	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Lay Lay Ramal Carvajal	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Lay Lay Sector La Banda	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Coco La Villa	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Coco La Villa Ramal Berna	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Coco La Villa Ramal Quinta El Bosque	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Coco La Villa Ramal Radic	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Coco La Villa Ramal Bilbao	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Coco La Villa Ramal Tambores	3.970	2.918	2.679	1.722	1.292	909	979	1.698	1.842	3.300	3.516	3.875	28.700
Canal Quilchiri de Lasana	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal Quichira de Lasana	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal Buen Retiro de Lasana	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal San Antonio de Lasana	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal Los Ramirez de Lasana	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal Pona de Lasana	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal Los Perales de Lasana	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800

	m3/Há/mes												m3/Há/año
COMUNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC.	ANUAL
Canal Grande de Lasana y Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal La Banda de Lasana y Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal La Banda Ramal Los Blancos de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal El Pueblo de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal Grande Ramal N° 3 Piar de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal Grande Ramal N° 4 Pukara de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal Grande Ramal N° 6 San Andrés de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal Grande Ramal Callejon de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal Grande Ramal Triangulo de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal Grande Ramal San Juan de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal El Pueblo Ramal El Calvario de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal El Pueblo Ramal Cochala de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal El Pueblo Ramal San Ramón de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal El Pueblo Ramal la Parroquia de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal El Pueblo Ramal Santa Faustina de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800
Canal El Pueblo Ramal El Pongo de Chiu Chiu	3.846	2.826	2.595	1.668	1.251	881	950	1.645	1.784	3.197	3.404	3.753	27.800

Folio006212

Tabla 8.2 Detalle de Derechos Comunidades Calama Lasana Chiu-Chiu, Dotación actual. Fuente DGA 2016

		Dotación original		Traslados autorizados por DGA		dotacion actual
Localidad	COMUNIDAD	HÁS.	m3/año	Entradas	Salidas	m3/año
CALAMA	Canal Chunchuri Bajo	179,10	4.953.486	53.754		5.007.240
	Canal Lay Lay Ramal Chunchuri Alto	100,75	2.891.525			2.891.525
	Canal Bocatoma Dupont de Calama	24,86	713.482			713.482
	Canal La Prensa	35,00	1.004.500	502.250		1.506.750
	Canal Nuñez	110,50	3.171.350	285.565	502.250	2.954.665
	Canal Topater	118,82	3.410.134			3.410.134
	Canal Chañar	55,27	1.586.249		358.757	1.227.492
	Canal Tronco	28,00	803.600			803.600
	Canal Yalquincha	50,00	1.435.000			1.435.000
	Canal Lay Lay Ramal Carvajal	30,72	881.664		511.519	370.145
	Canal Lay Lay Sector La Banda	88,54	2.541.098			2.541.098
	Canal Coco La Villa	91,42	2.623.764	215.250	186.550	2.652.464
	Canal Coco La Villa Ramal Berna	95,28	2.720.186		466.800	2.253.386
	Canal Coco La Villa Ramal Quinta El Bosque	4,39	125.993			125.993
	Canal Coco La Villa Ramal Radic	39,41	1.131.067			1.131.067
	Canal Coco La Villa Ramal Bilbao	16,30	467.810		28.700	439.110
	Canal Coco La Villa Ramal Tambores	34,75	997.325		861.800	135.525
LASANA	Canal Quilchiri de Lasana	4,94	137.332			137.332
	Canal Quichira de Lasana	2,25	62.550			62.550
	Canal Buen Retiro de Lasana	11,76	326.928			326.928
	Canal San Antonio de Lasana	2,34	65.052			65.052
	Canal Los Ramirez de Lasana	4,58	127.324			127.324
	Canal Pona de Lasana	22,08	613.824			613.824
	Canal Los Perales de Lasana	6,37	177.086			177.086
CHIUCHIU	Canal Grande de Lasana y Chiu Chiu	29,59	822.602		6.811	815.791
	Canal La Banda de Lasana y Chiu Chiu	49,81	1.384.718			1.384.718
	Canal La Banda Ramal Los Blancos de Chiu Chiu	7,08	196.824			196.824
	Canal El Pueblo de Chiu Chiu	15,92	442.576	6.811		449.387
	Canal Grande Ramal N° 3 Piar de Chiu Chiu	3,53	98.134			98.134
	Canal Grande Ramal N° 4 Pukara de Chiu Chiu	20,71	575.738			575.738
	Canal Grande Ramal N° 6 San Andrés de Chiu Chiu	6,05	168.190			168.190
	Canal Grande Ramal Callejon de Chiu Chiu	4,74	131.772			131.772
	Canal Grande Ramal Triangulo de Chiu Chiu	7,36	204.608			204.608
	Canal Grande Ramal San Juan de Chiu Chiu	9,90	275.220			275.220
	Canal El Pueblo Ramal El Calvario de Chiu Chiu	0,54	15.012			15.012
	Canal El Pueblo Ramal Cochala de Chiu Chiu	0,46	12.788			12.788
	Canal El Pueblo Ramal San Ramón de Chiu Chiu	6,95	193.210			193.210
	Canal El Pueblo Ramal la Parroquia de Chiu Chiu	0,93	25.854			25.854

Folio006213

		Dotación original		Traslados autorizados por DGA		dotacion actual
Localidad	COMUNIDAD	HÁS.	m3/año	Entradas	Salidas	m3/año
	Canal El Pueblo Ramal Santa Faustina de Chiu Chiu	2,12	58.936			58.936
	Canal El Pueblo Ramal El Pongo de Chiu Chiu	10,28	285.784			285.784
	Totales Calama	1.103,11	**31.458.233**			**29.598.676**
	Totales ChiuChiu	175,97	**4.891.966**			**4.891.966**
	Totales Lasana	54,32	**1.510.096**			**1.510.096**

Folio006214

8.2 Perfiles topobatimétricos obtenidos de campaña Agosto-Septiembre de 2018

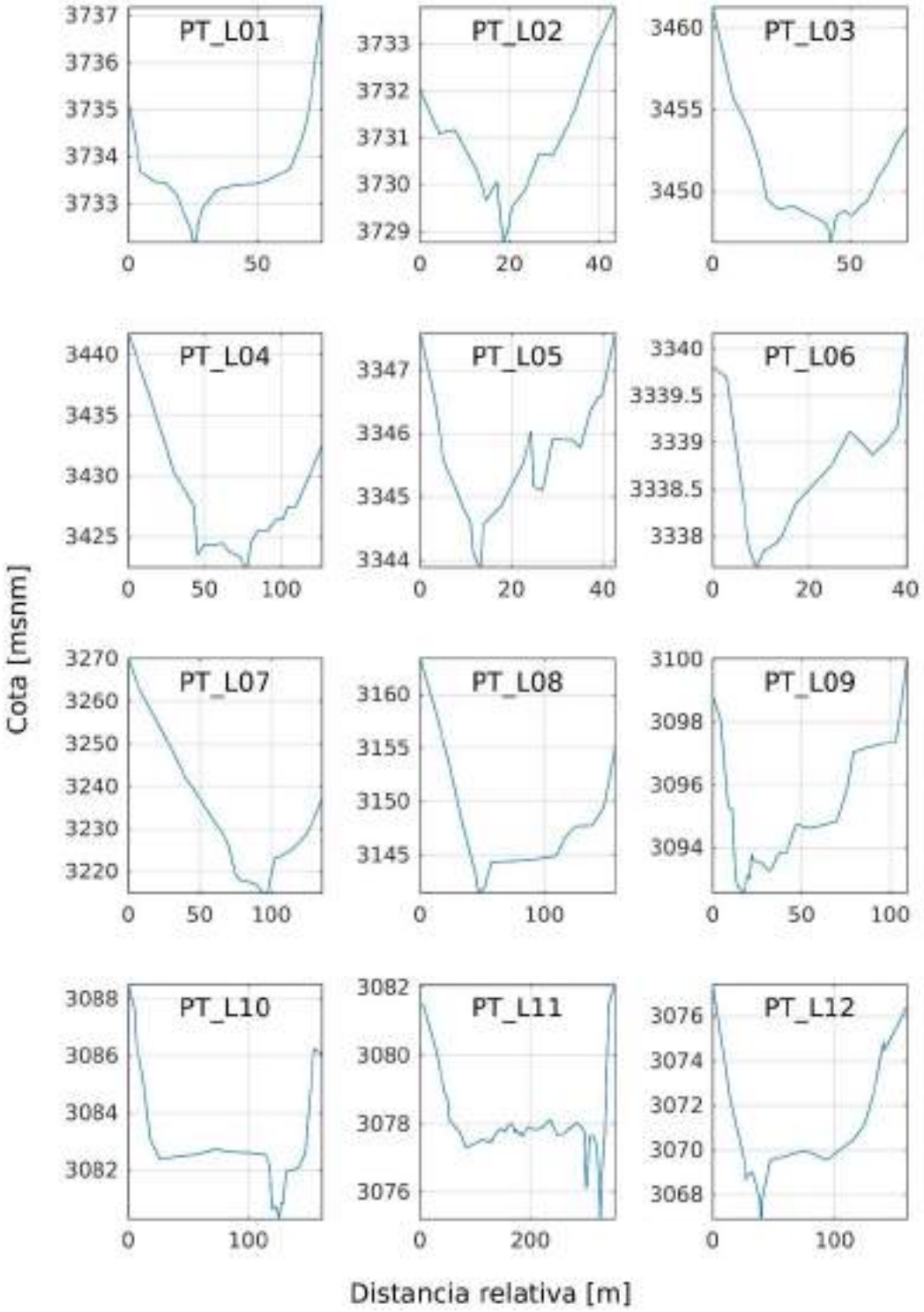


Figura 8.1 Perfiles topobatimétricos obtenidos de campaña Ago-Sept 2018.

Folio006215

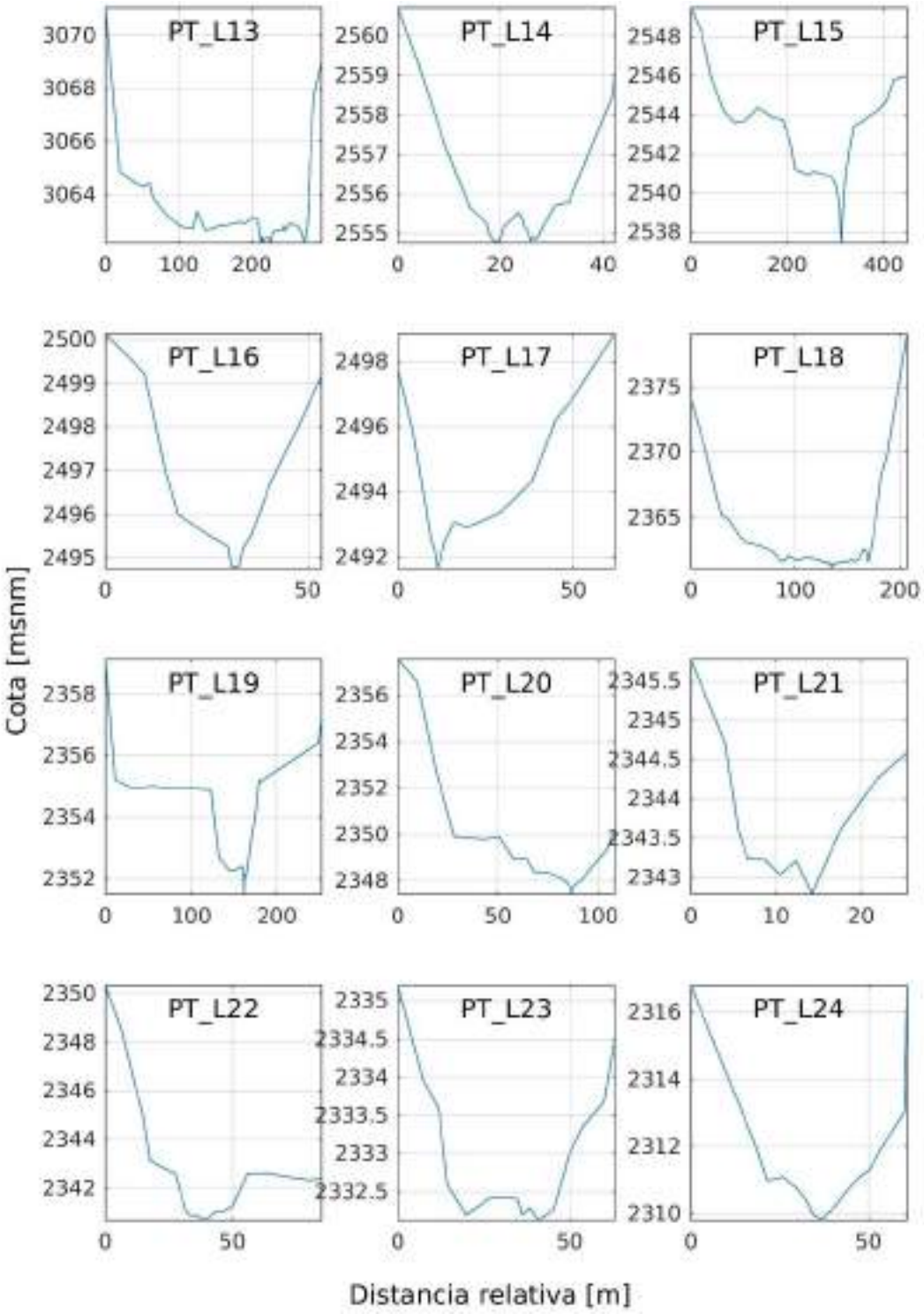


Figura 8.2 Perfiles topobatimétricos obtenidos de campaña Ago-Sept 2018 (Continuación).

Folio006216

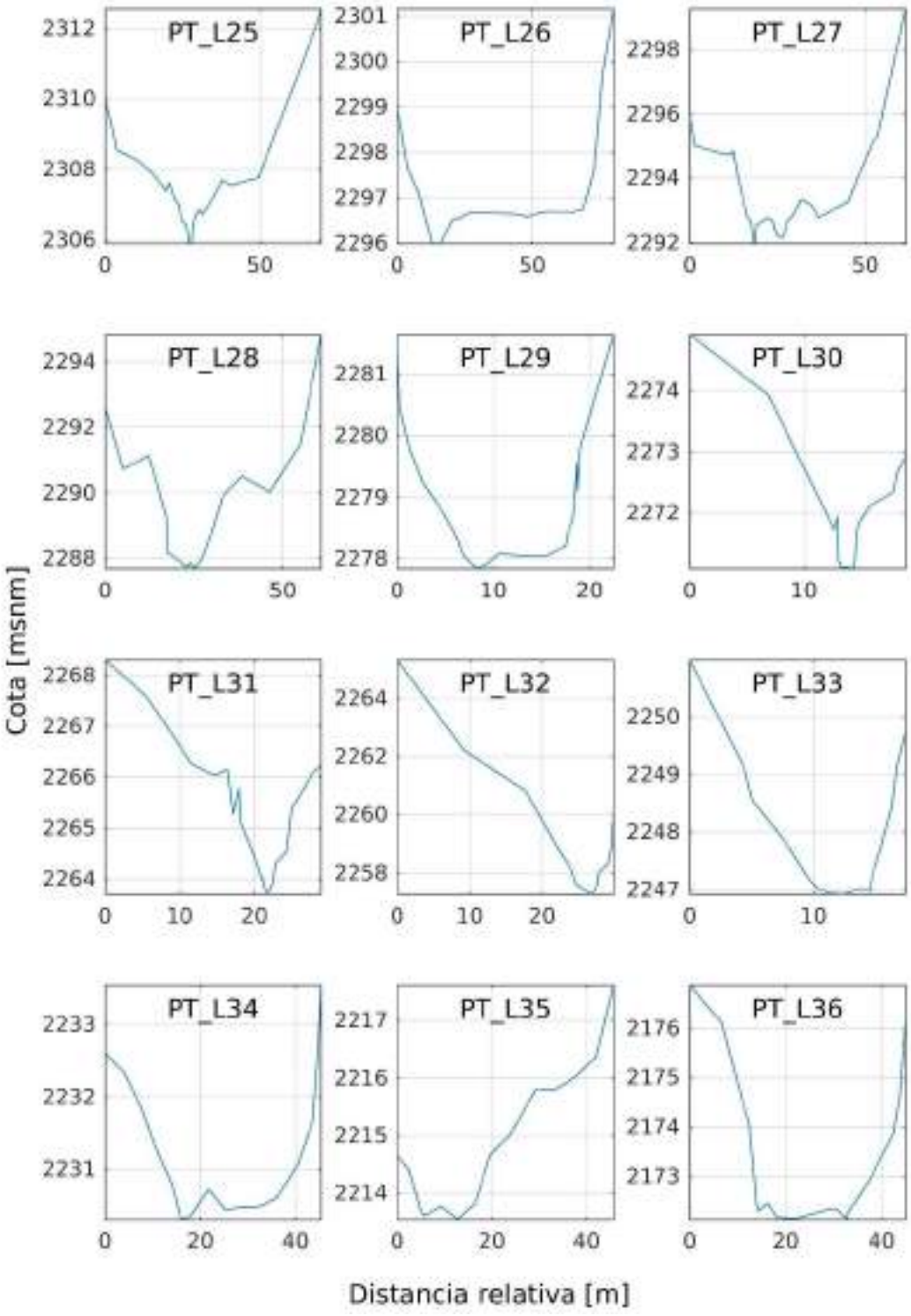


Figura 8.3 Perfiles topobatimétricos obtenidos de campaña Ago-Sept 2018 (Continuación).

Folio006217

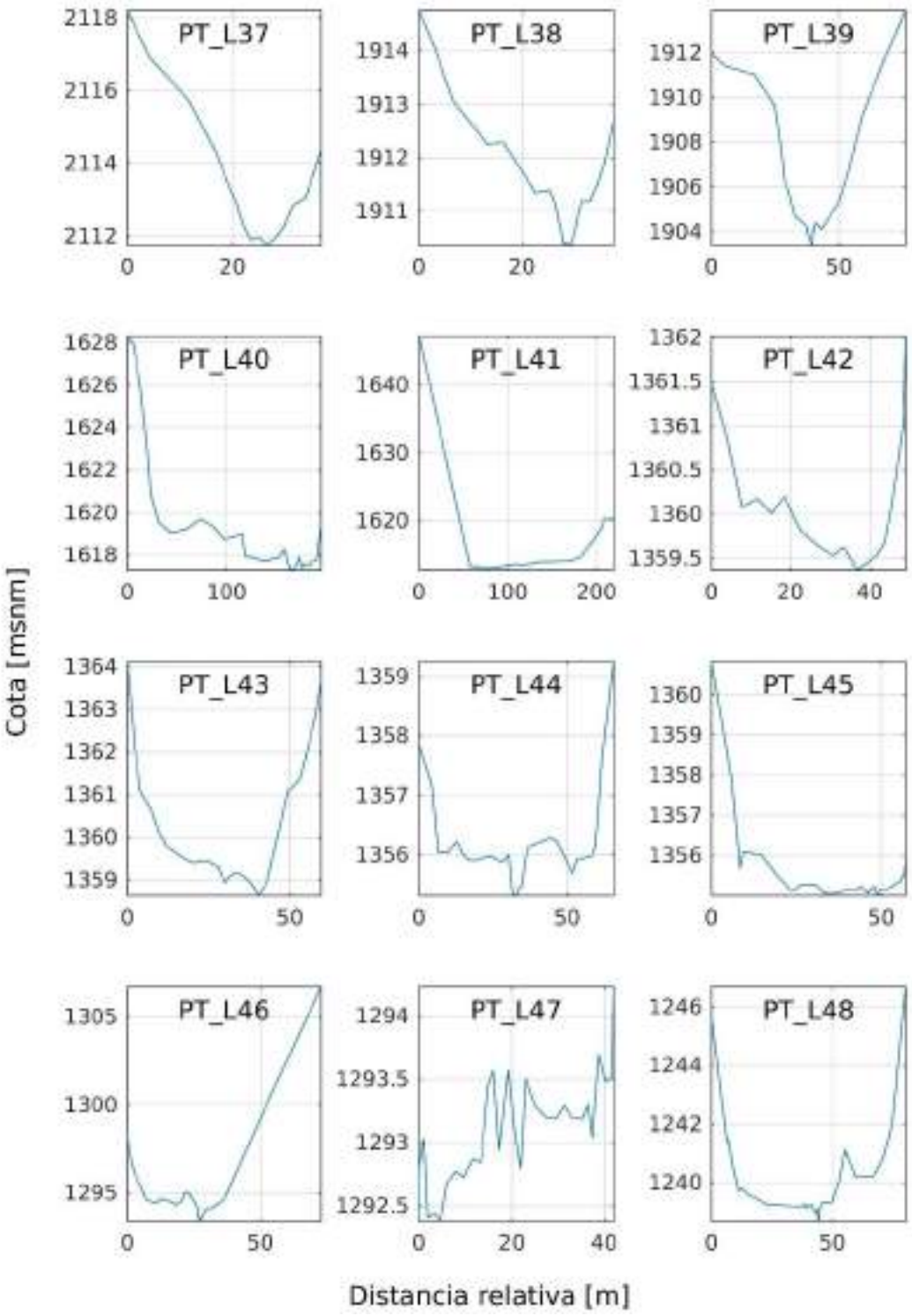


Figura 8.4 Perfiles topobatimétricos obtenidos de campaña Ago-Sept 2018 (Continuación).

Folio006218

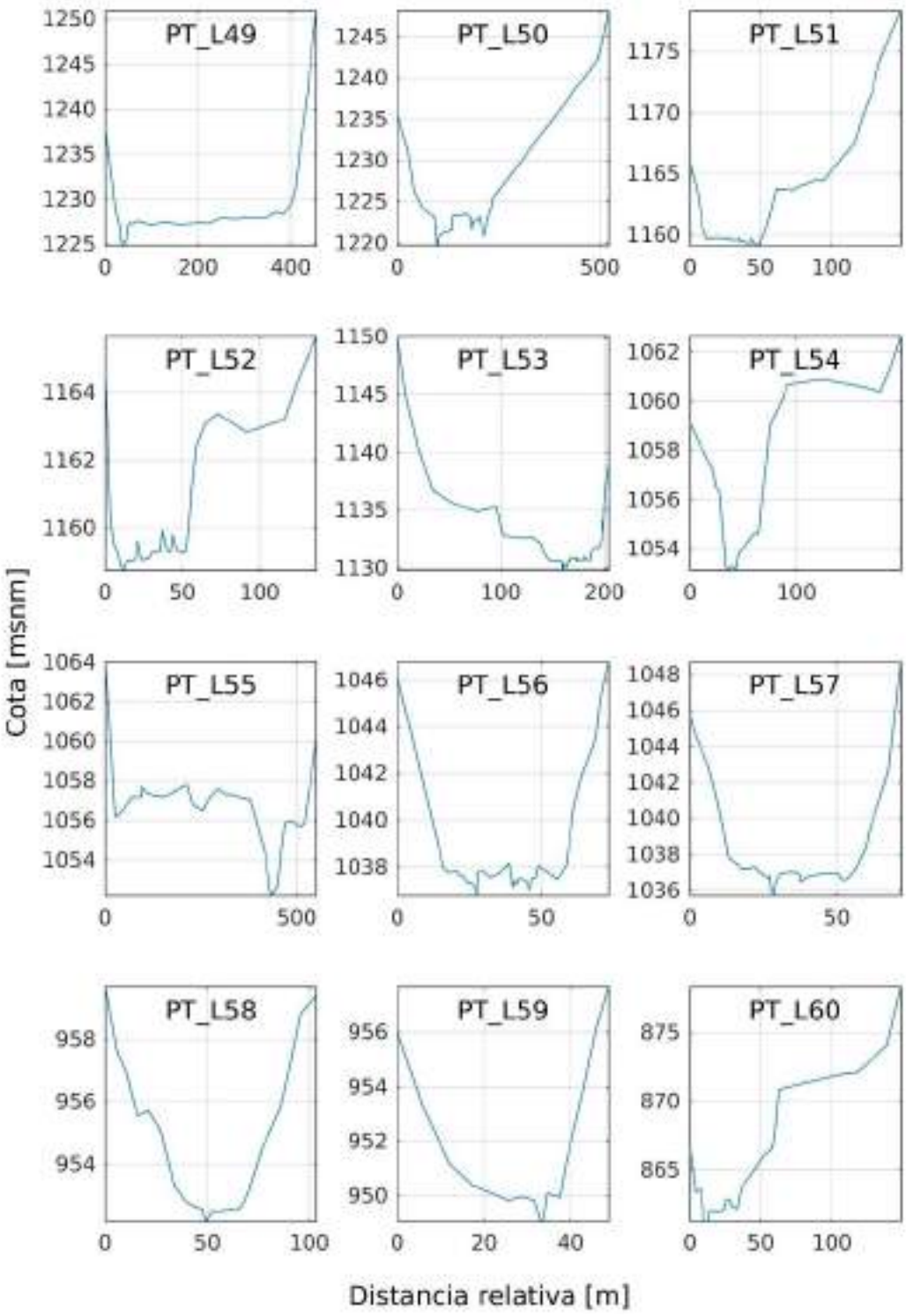


Figura 8.5 Perfiles topobatimétricos obtenidos de campaña Ago-Sept 2018 (Continuación).

Folio006219

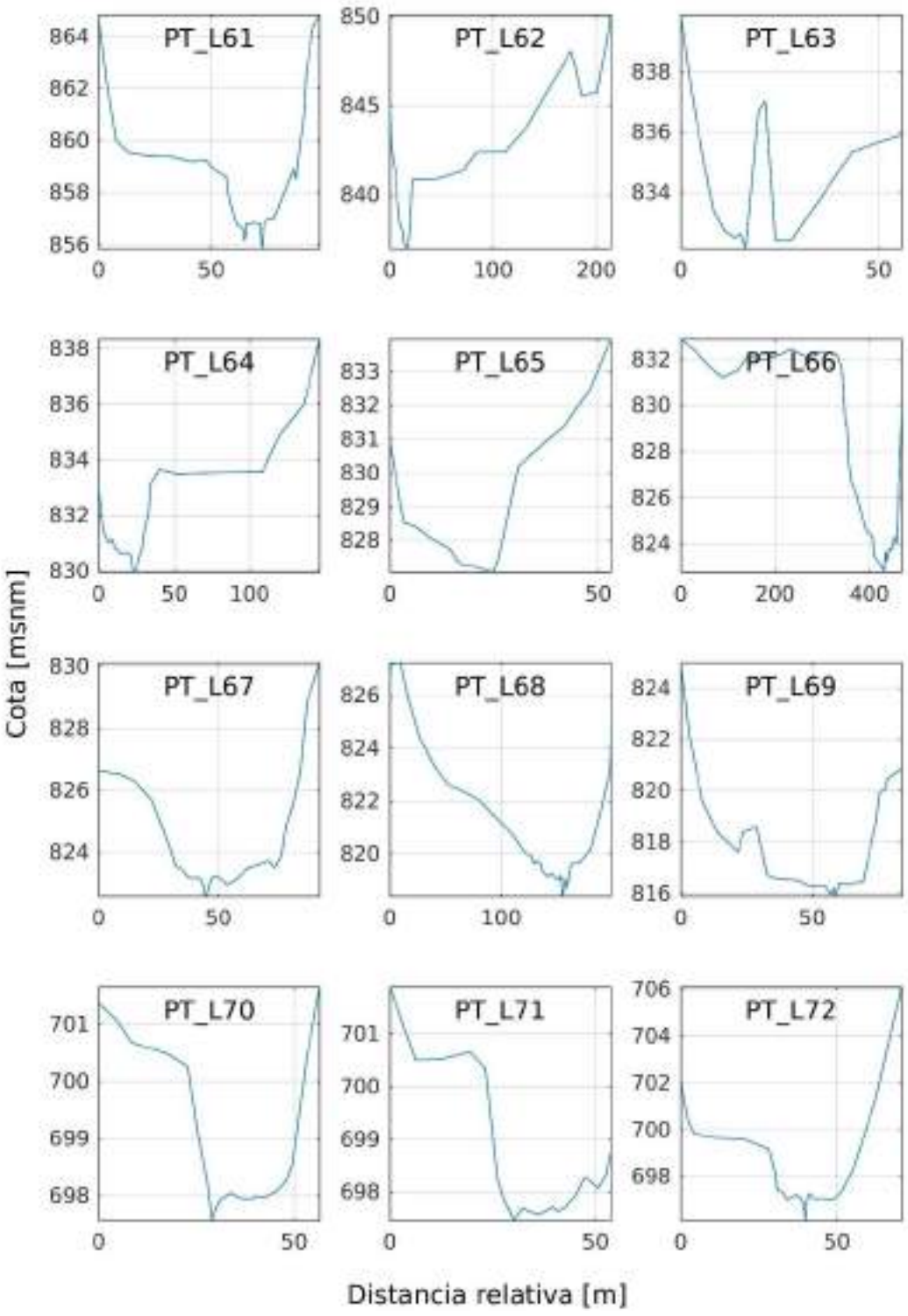


Figura 8.6 Perfiles topobatimétricos obtenidos de campaña Ago-Sept 2018 (Continuación).

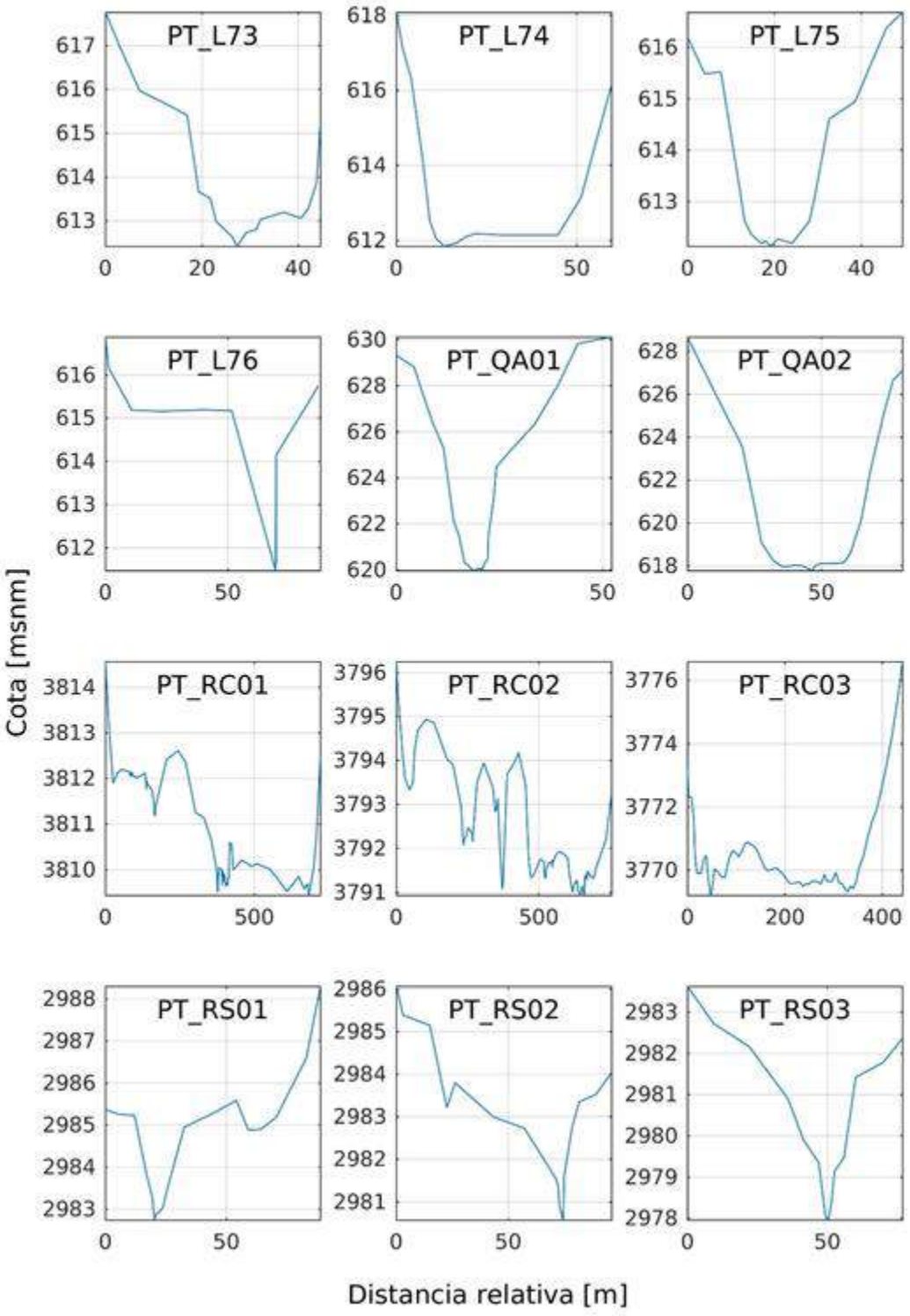


Figura 8.7 Perfiles topobatimétricos obtenidos de campaña Ago-Sept 2018 (Continuación).

Folio006221

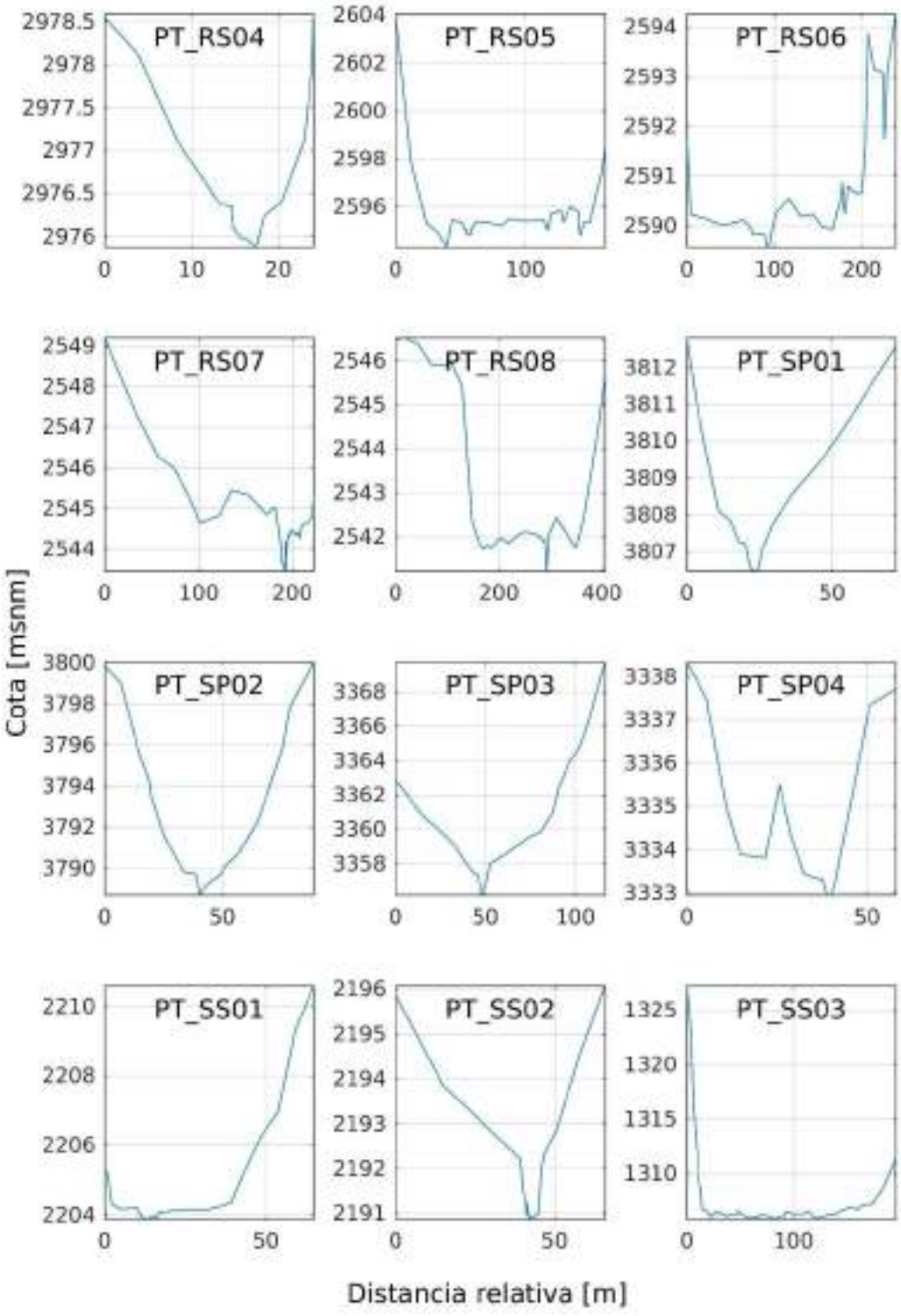


Figura 8.8 Perfiles topobatimétricos obtenidos de campaña Ago-Sept 2018 (Continuación).

Folio006222

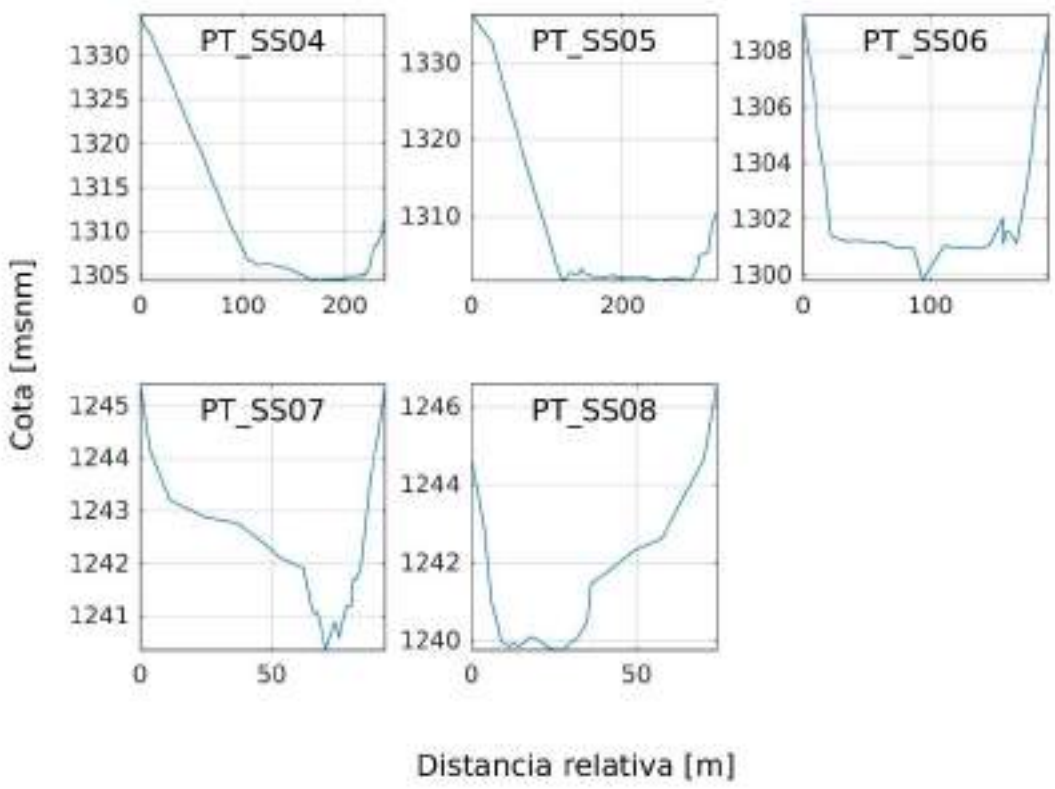


Figura 8.9 Perfiles topobatimétricos obtenidos de campaña Ago-Sept 2018 (Continuación).

8.3 CRITERIOS CICES V 5.1

Tabla 8.3. Aprovisionamiento, Sección Biótico, División Biomasa, CICES

	Group	Class	Code	Class type
1	Cultivated terrestrial plants for nutrition, materials or energy	Cultivated terrestrial plants (including fungi, algae) grown for nutritional purposes	1.1.1.1	Crops by amount, type (e.g. cereals, root crops, soft fruit, etc.)
2	Cultivated terrestrial plants for nutrition, materials or energy	Fibers and other materials from cultivated plants, fungi, algae and bacteria for direct use or processing	1.1.1.2	Material by amount, type, use, media (land, soil, freshwater, marine)
3	Cultivated terrestrial plants for nutrition, materials or energy	Cultivated plants (including fungi, algae) grown as a source of energy	1.1.1.3	By amount, type, source
4	Cultivated aquatic plants for nutrition, materials or energy	Cultivated plants grown for nutritional purposes by in- situ aquaculture	1.1.2.1	Plants, algae by amount, type
5	Cultivated aquatic plants for nutrition, materials or energy	Cultivated plants grown for material purposes by in- situ aquaculture (excluding genetic materials)	1.1.2.2	Plants, algae by amount, type
6	Cultivated aquatic plants for nutrition, materials or energy	Cultivated plants grown as a source of energy by in-situ aquaculture	1.1.2.3	Plants, algae by amount, type
7	Reared animals for nutrition, materials or energy	Animals reared to provide nutrition	1.1.3.1	Animals, products by amount, type (e.g. beef, dairy)
8	Reared animals for nutrition, materials or energy	Fibers and other materials from reared animals for direct use or processing (excluding genetic materials)	1.1.3.2	Material by amount, type, use, media (land, soil, freshwater, marine)
9	Reared animals for nutrition, materials or energy	Animals reared to provide energy (including mechanical)	1.1.3.3	By amount, type, source
10	Reared aquatic animals for nutrition, materials or energy	Animals reared by in-situ aquaculture for nutritional purposes	1.1.4.1	Animals by amount, type
11	Reared aquatic animals for nutrition, materials or energy	Animals reared by in-situ aquaculture for material purposes (excluding genetic materials)	1.1.4.2	Animals by amount, type
12	Reared aquatic animals for nutrition, materials or energy	Animals reared by in-situ aquaculture as an energy source	1.1.4.3	Animals by amount, type

Tabla 8.4. Aprovisionamiento, Sección Abiótico, División Agua, CICES Extendido

	Group	Class	Code	Class type
1	Surface water used for nutrition, materials or energy	Surface water for drinking	4.2.1.1	By amount, type, source
2	Surface water used for nutrition, materials or energy	Surface water used as a material (non-drinking purposes)	4.2.1.2	By amount & source
3	Surface water used for nutrition, materials or energy	Freshwater surface water used as an energy source	4.2.1.3	By amount, type, source
4	Surface water used for nutrition, materials or energy	Coastal and marine water used as energy source	4.2.1.4	By amount, type, source
5	Ground water for used for nutrition, materials or energy	Ground water for drinking	4.2.2.1	By amount, type, source
6	Ground water for used for nutrition, materials or energy	Ground water used as a material (non- drinking purposes)	4.2.2.2	By amount & source
7	Ground water for used for nutrition, materials or energy	Ground water used as an energy source	4.2.2.3	By amount & source
8	Other aqueous ecosystem outputs	Other	4.2.X.X	Use nested codes to allocate other provisioning services from non-living systems to appropriate Groups and Classes

Tabla 8.5. Regulación y mantenimiento, Divisiones varias, CICES

Division	Group	Class	Code	Class type
Transformation of biochemical or physical inputs to ecosystems	Mediation of wastes or toxic substances of anthropogenic origin by living processes	Bio-remediation by micro-organisms, algae, plants, and animals	2.1.1.1	By type of living system or by waste or subsistence type
Transformation of biochemical or physical inputs to ecosystems	Mediation of wastes or toxic substances of anthropogenic origin by living processes	Filtration/sequestration/storage/accumulatio n by micro-organisms, algae, plants, and animals	2.1.1.2	By type of living system, or by water or substance type
Transformation of biochemical or physical inputs to ecosystems	Mediation of nuisances of anthropogenic origin	Smell reduction	2.1.2.1	By type of living system
Transformation of biochemical or physical inputs to ecosystems	Mediation of nuisances of anthropogenic origin	Noise attenuation	2.1.2.2	By type of living system
Transformation of biochemical or physical inputs to ecosystems	Mediation of nuisances of anthropogenic origin	Visual screening	2.1.2.3	By type of living system
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Regulation of baseline flows and extreme events	Control of erosion rates	2.2.1.1	By reduction in risk, area protected
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Regulation of baseline flows and extreme events	Buffering and attenuation of mass movement	2.2.1.2	By reduction in risk, area protected
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Regulation of baseline flows and extreme events	Hydrological cycle and water flow regulation (Including flood control)	2.2.1.3	By depth/volumes
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Regulation of baseline flows and extreme events	Storm protection	2.2.1.4	By reduction in risk, area protected
Regulation of physical, chemical, biological	Regulation of baseline flows and extreme	Fire protection	2.2.1.5	By reduction in risk, area protected
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	Pollination (or 'gamete' dispersal in a marine context)	2.2.2.1	By amount and pollinator
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	Seed dispersal	2.2.2.2	By amount and dispersal agent
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	Maintaining nursery populations and habitats (Including gene pool protection)	2.2.2.3	By amount and source
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Pest and disease control	Pest control (including invasive species)	2.2.3.1	By reduction in incidence, risk, area protected by type of living system
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Pest and disease control	Disease control	2.2.3.2	By reduction in incidence, risk, area protected by type of living system
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Regulation of soil quality	Weathering processes and their effect on soil quality	2.2.4.1	By amount/concentration and source
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Regulation of soil quality	Decomposition and fixing processes and their effect on soil quality	2.2.4.2	By amount/concentration and source

Regulation of physical, chemical, biological conditions	Water conditions	Regulation of the chemical condition of freshwaters by living processes	2.2.5.1	By type of living system
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Water conditions	Regulation of the chemical condition of salt waters by living processes	2.2.5.2	By type of living system
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Atmospheric composition and conditions	Regulation of chemical composition of atmosphere	2.2.6.1	By contribution of type of living system to amount, concentration or climatic parameter
Regulation of physical, chemical, biological conditions	Atmospheric composition and conditions	Regulation of temperature and humidity, including ventilation and transpiration	2.2.6.2	By contribution of type of living system to amount, concentration or climatic parameter
Other types of regulation and maintenance service by living processes	Other	Other	2.3.X.X	Use nested codes to allocate other regulating and maintenance services from living systems to

Tabla 8.6. Cultura, Sección Cultura Biótica, Divisiones varias, CICES

Division	Group	Class	Code	Class type
Direct, in-situ and outdoor interactions with living systems that depend on presence in the environmental setting	Physical and experiential interactions with natural environment	Characteristics of living systems that enable activities promoting health, recuperation or enjoyment through active or immersive interactions	3.1.1.1	By type of living system or environmental setting
Direct, in-situ and outdoor interactions with living systems that depend on presence in the environmental setting	Physical and experiential interactions with natural environment	Characteristics of living systems that enable activities promoting health, recuperation or enjoyment through passive or observational interactions	3.1.1.2	By type of living system or environmental setting
Direct, in-situ and outdoor interactions with living systems that depend on presence in the environmental setting	Intellectual and representative interactions with natural environment	Characteristics of living systems that enable scientific investigation or the creation of traditional ecological knowledge	3.1.2.1	By type of living system or environmental setting
Direct, in-situ and outdoor interactions with living systems that depend on presence in the environmental setting	Intellectual and representative interactions with natural environment	Characteristics of living systems that enable education and training	3.1.2.2	By type of living system or environmental setting
Direct, in-situ and outdoor interactions with living systems that depend on presence in the environmental setting	Intellectual and representative interactions with natural environment	Characteristics of living systems that are resonant in terms of culture or heritage	3.1.2.3	By type of living system or environmental setting
Direct, in-situ and outdoor interactions with living systems that depend on presence in the environmental setting	Intellectual and representative interactions with natural environment	Characteristics of living systems that enable aesthetic experiences	3.1.2.4	By type of living system or environmental setting
Indirect, remote, often indoor interactions with living systems that do not require presence in the environmental setting	Spiritual, symbolic and other interactions with natural environment	Elements of living systems that have symbolic meaning	3.2.1.1	By type of living system or environmental setting
Indirect, remote, often indoor interactions with living systems that do not require presence in the environmental setting	Spiritual, symbolic and other interactions with natural environment	Elements of living systems that have sacred or religious meaning	3.2.1.2	By type of living system or environmental setting
Indirect, remote, often indoor interactions with living systems that do not require presence in the environmental setting	Spiritual, symbolic and other interactions with natural environment	Elements of living systems used for entertainment or representation	3.2.1.3	By type of living system or environmental setting
Indirect, remote, often indoor interactions with living systems that do not require presence in the environmental setting	Other biotic characteristics that have a non-use value	Characteristics or features of living systems that have an existence value	3.2.2.1	By type of living system or environmental setting
Indirect, remote, often indoor interactions with living systems that do not require presence in the environmental setting	Other biotic characteristics that have a non-use value	Characteristics or features of living systems that have an bequest value	3.2.2.2	By type of living system or environmental setting
Other characteristics of living systems that have cultural significance	Other	Other	3.3.X.X	Use nested codes to allocate other cultural services from living systems to appropriate Groups and Classes

Tabla 8.7. Extensión Abiótica, Sección Aprovisionamiento (Abiótico), CICES extendido

Section	Division	Group	Class	Code	Class type
Provisioning (Abiotic)	Water	Surface water used for nutrition, materials or energy	Surface water for drinking	4.2.1.1	By amount, type, source
Provisioning (Abiotic)	Water	Surface water used for nutrition, materials or energy	Surface water used as a material (non- drinking purposes)	4.2.1.2	By amount & source
Provisioning (Abiotic)	Water	Surface water used for nutrition, materials or energy	Freshwater surface water used as an energy source	4.2.1.3	By amount, type, source
Provisioning (Abiotic)	Water	Surface water used for nutrition, materials or energy	Coastal and marine water used as energy source	4.2.1.4	By amount, type, source
Provisioning (Abiotic)	Water	Ground water for used for nutrition, materials or energy	Ground water for drinking	4.2.2.1	By amount, type, source
Provisioning (Abiotic)	Water	Ground water for used for nutrition, materials or energy	Ground water used as a material (non- drinking purposes)	4.2.2.2	By amount & source
Provisioning (Abiotic)	Water	Ground water for used for nutrition, materials or energy	Ground water used as an energy source	4.2.2.3	By amount & source
Provisioning (Abiotic)	Water	Other aqueous ecosystem outputs	Other	4.2.X.X	Use nested codes to allocate other provisioning services from non-living systems to appropriate
Provisioning (Abiotic)	Non-aqueous natural abiotic ecosystem outputs	Mineral substances used for nutrition, materials or energy	Mineral substances used for nutrition	4.3.1.1	Amount by type
Provisioning (Abiotic)	Non-aqueous natural abiotic ecosystem outputs	Mineral substances used for nutrition, materials or energy	Mineral substances used for material purposes	4.3.1.2	Amount by type
Provisioning (Abiotic)	Non-aqueous natural abiotic ecosystem outputs	Mineral substances used for nutrition, materials or energy	Mineral substances used for as an energy source	4.3.1.3	Amount by type
Provisioning (Abiotic)	Non-aqueous natural abiotic ecosystem outputs	Non-mineral substances or ecosystem properties used for nutrition, materials or energy	Non-mineral substances or ecosystem properties used for nutrition	4.3.2.1	Amount by type
Provisioning (Abiotic)	Non-aqueous natural abiotic ecosystem outputs	Non-mineral substances or ecosystem properties used for nutrition, materials or energy	Non-mineral substances used for materials	4.3.2.2	Amount by type
Provisioning (Abiotic)	Non-aqueous natural abiotic ecosystem outputs	Non-mineral substances or ecosystem properties used for nutrition, materials or energy	Wind energy	4.3.2.3	Amount by type
Provisioning (Abiotic)	Non-aqueous natural abiotic ecosystem outputs	Non-mineral substances or ecosystem properties used for nutrition, materials or energy	Solar energy	4.3.2.4	Amount by type
Provisioning (Abiotic)	Non-aqueous natural abiotic ecosystem outputs	Non-mineral substances or ecosystem properties used for nutrition, materials or energy	Geothermal	4.3.2.5	Amount by type

Provisioning (Abiotic)	Non-aqueous natural abiotic ecosystem outputs	Other mineral or non- mineral substances or ecosystem properties used for nutrition, materials or energy	Other	4.3.2.6	Use nested codes to allocate other provisioning services from non-living systems to appropriate Groups and Classes
Regulation & Maintenance (Abiotic)	Transformation of biochemical or physical inputs to ecosystems	Mediation of waste, toxics and other nuisances by non- living processes	Dilution by freshwater and marine ecosystems	5.1.1.1	Amount by type
Regulation & Maintenance (Abiotic)	Transformation of biochemical or physical inputs to ecosystems	Mediation of waste, toxics and other nuisances by non- living processes	Dilution by atmosphere	5.1.1.2	Amount by type
Regulation & Maintenance (Abiotic)	Transformation of biochemical or physical inputs to ecosystems	Mediation of waste, toxics and other nuisances by non- living processes	Mediation by other chemical or physical means (e.g. via Filtration, sequestration, storage or accumulation)	5.1.1.3	Amount by type
Regulation & Maintenance (Abiotic)	Transformation of biochemical or physical inputs to ecosystems	Mediation of nuisances of anthropogenic origin	Mediation of nuisances by abiotic structures or processes	5.1.2.1	Amount by type
Regulation & Maintenance (Abiotic)	Regulation of physical, chemical, biological conditions	Regulation of baseline flows and extreme events	Mass flows	5.2.1.1	Amount by type
Regulation & Maintenance (Abiotic)	Regulation of physical, chemical, biological conditions	Regulation of baseline flows and extreme events	Liquid flows	5.2.1.2	Amount by type
Regulation & Maintenance (Abiotic)	Regulation of physical, chemical, biological conditions	Regulation of baseline flows and extreme events	Gaseous flows	5.2.1.3	Amount by type
Regulation & Maintenance (Abiotic)	Regulation of physical, chemical, biological conditions	Maintenance of physical, chemical, abiotic conditions	Maintenance and regulation by inorganic natural chemical and physical processes	5.2.2.1	Amount by type
Regulation & Maintenance (Abiotic)	Other type of regulation and maintenance service by abiotic processes	Other	Other	5.3.X.X	Use nested codes to allocate other provisioning services from non-living systems to appropriate Groups and Classes
Cultural (Abiotic)	Direct, in-situ and outdoor interactions with natural physical systems that depend on presence in the environmental setting	Physical and experiential interactions with natural abiotic components of the environment	Natural, abiotic characteristics of nature that enable active or passive physical and experiential interactions	6.1.1.1	Amount by type
Cultural (Abiotic)	Direct, in-situ and outdoor interactions with natural physical systems that depend on presence in the environmental setting	Intellectual and representative interactions with abiotic components of the natural environment	Natural, abiotic characteristics of nature that enable intellectual interactions	6.1.2.1	Amount by type
Cultural (Abiotic)	Indirect, remote, often indoor interactions with physical systems that do	Spiritual, symbolic and other interactions with the abiotic components of the	Natural, abiotic characteristics of nature that enable spiritual, symbolic and other interactions	6.2.1.1	Amount by type

	not require presence in the environmental setting	natural environment			
Cultural (Abiotic)	Indirect, remote, often indoor interactions with physical systems that do not require presence in the environmental setting	Other abiotic characteristics that have a non-use value	Natural, abiotic characteristics or features of nature that have either an existence or bequest value	6.2.2.1	Amount by type
Cultural (Abiotic)	Other abiotic characteristics of nature that have cultural significance	Other	Other	6.3.X.X	Use nested codes to allocate other provisioning services from non-living systems to appropriate Groups and Classes

8.4 Anexos certificados

8.4.1 Permiso captura con fines de investigación C. Herrera

RESOLUCIÓN EXENTA N°4684/2018

AUTORIZA AL SR. CÉSAR ALFREDO HERRERA ITURRIAGA LA CAPTURA DE ANFIBIOS Y REPTILES CON FINES DE INVESTIGACIÓN.

Santiago, 06/ 08/ 2018

VISTOS:

La solicitado por el interesado con fecha de 30 de julio de 2018; Ley N° 18.755, Orgánica de este Servicio Agrícola y Ganadero; Ley 4.601, de Caza, modificada por la Ley N° 19.473, de 1996; D.S. N° 5, de 1998, del Ministerio de Agricultura; Resolución N° 2493 del 27 de abril de 2012 del Director Nacional del Servicio Agrícola y Ganadero, modificada por la Resolución Exenta N° 437 del 21 de enero de 2013.

CONSIDERANDO:

1. Que para fines de investigación, el Señor César Alfredo Herrera Iturriaga, solicita permiso de captura de especies protegidas de la fauna silvestre.

RESUELVO:

1. Autorízase al Sr. César Alfredo Herrera Iturriaga, RUT N° 17.231.501-1, con domicilio en Av. Príncipe de Gales N° 8455, comuna de La Reina, región Metropolitana, la captura de anfibios y reptiles bajo las condiciones de la presente Resolución.

2. Se autoriza la captura de ejemplares de anfibios de forma manual y de reptiles mediante lazo de nudo corredizo y manualmente, en las comunas de Calama y María Elena, región de Antofagasta, desde la fecha de esta Resolución hasta el 31 de octubre de 2019.

3. Los ejemplares capturados, una vez identificados y fotografiados, deberán ser liberados en los mismos sitios de captura, lo antes posibles, teniendo en consideración las condiciones de la especie, el estado del individuo y las condiciones de captura. En caso que ocurra la muerte de un ejemplar, se deberá dar aviso al SAG de la región correspondiente al sitio de captura.

4. Para la Manipulación de los ejemplares, deberán utilizarse las medidas de bioseguridad respectivas, que aseguren la protección de la fauna. En el caso de los anfibios se deberá tener especial precaución en evitar la contaminación cruzada entre ejemplares y sitios de captura.

   En caso de captura de ejemplares de especies de fauna silvestre catalogadas como perjudiciales o dañinas, según el Artículo 6 del Reglamento de la Ley de Caza, estos no podrán ser devueltos al medio.

5. Para las capturas, deberá contarse con la autorización expresa de la Corporación Nacional Forestal, en caso que éstas se realicen dentro de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, o de los respectivos propietarios, en caso de realizarse fuera de ellas.

6. En forma previa a la colecta, con al menos 5 días hábiles de anticipación, el investigador deberá informar por escrito, a la Dirección Regional SAG Región de Antofagasta, a mail del encargado R.N.R carolina.elizalde@sag.gob.cl, las fechas y sitios específicos de las capturas, además de un número de teléfono y/o dirección de correo electrónico de contacto.

7. Una vez concluidas las actividades de terreno, el titular de esta Resolución, deberá enviar a la Dirección Regional SAG respectiva y al Departamento de Vida Silvestre del SAG Central (cipronen@sag.gob.cl), a los correos indicados anteriormente, un informe basado en el formato proporcionado por este Servicio, a más tardar 30 días hábiles después de finalizadas las capturas.

   En caso de existir alguna publicación originada de la autorización otorgada, deberá hacer referencia en ellas del permiso expedido.

   En el caso que la captura de individuos no sea efectuada, el interesado deberá de informar el hecho a la división de Protección de los Recursos Naturales Renovables del SAG central.

1 de 2

08-08-2018 17:13

6. Toda infracción a las disposiciones contenidas en la Ley de Caza y su Reglamento, y a la autorización que se ha otorgado será sancionada por el Servicio Agrícola y Ganadero.

ANOTESE Y TRANSCRIBASE

JOSÉ ROBERTO ROJAS CORNEJO
JEFE DIVISIÓN PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Adjuntos

Documento	Fecha Publicación
7557/2018 Recibo de ingreso de documento Externo	30/07/2018

RAF/AAS

Distribución:

- Marcela Soledad Cespedes Moya - Secretaria Departamento de Vida Silvestre - Or.OC
- Angélica Genoveva Vivallo Vivallo - Directora Regional Región de Antofagasta Servicio Agrícola y Ganadero - Or.II
- Fernanda Orellana Silva - Encargada Regional (S) Unidad Técnica Protección de RNR - Or.II

División Protección de los Recursos Naturales Renovables - Paseo Bulnes N° 140

FIRMA ELECTRÓNICA

El presente documento ha sido suscrito por medio de firma electrónica avanzada en los términos de la Ley 19.799 (Sobre Documentos Electrónicos, Firma Electrónica y Servicios de Certificación de dicha Firma), siendo válido de la misma manera y produciendo los mismos efectos que los expedidos por escrito y en soporte de papel, con firma convencional.

El documento original está disponible en la siguiente dirección url:http://firmaelectronica.seg.gob.cl/SignServerEsignVisualizador/XML/C47426EA1667F5B84E58D41C733028461F0C0360

El documento original está disponible en la siguiente dirección u t:http://firmaelectronica.seg.gob.cl/SignServerEsignVisualizador/XML/C47426EA1667F5B84E58D41C733028461F0C0360

8.4.2 Permiso captura con fines de investigación A. Charrier

RESOLUCIÓN EXENTA Nº 4511/2019

AUTORIZA AL SR. ANDRÉS CHARRIER ESCOBAR ITURRIAGA LA CAPTURA DE ANFIBIOS Y REPTILES CON FINES DE INVESTIGACIÓN.

Santiago, 19/06/2019

VISTOS:

Lo solicitado por el interesado con fecha de 29 de mayo de 2019; Ley Nº 18.755, Orgánica de este Servicio Agrícola y Ganadero; Ley 4.601, de Caza, modificada por la Ley Nº 19.473, de 1996; D.S. Nº 5, de 1998, del Ministerio de Agricultura; Resolución Nº 2433 del 27 de abril de 2012 del Director Nacional del Servicio Agrícola y Ganadero, modificada por la Resolución Exenta Nº 437 del 21 de enero de 2013.

CONSIDERANDO:

1. Que para fines de investigación, el Señor Andrés Charrier Escobar Iturriaga, solicita permiso de captura de especies protegidas de la fauna silvestre.

RESUELVO:

1. Autorízase al Sr. Andrés Charrier Escobar Iturriaga, RUT Nº 11.862.347-9, con domicilio en Av. Príncipe de Gales 6465, comuna de La Reina, región Metropolitana, la captura de anfibios y reptiles bajo las condiciones de la presente Resolución.

2. Se autoriza la captura de ejemplares de anfibios manualmente y de reptiles mediante lazo de nudo corredizo y de forma manual, en la cuenca del río Loa y sus tributarios, región de Antofagasta, desde la fecha de esta Resolución hasta el 31 de diciembre de 2019.

3. Los ejemplares capturados, una vez identificados, deberán ser liberados en los mismos sitios de captura, lo antes posibles, teniendo en consideración las condiciones de la especie, el estado del individuo y las condiciones de captura. En caso que ocurra la muerte de un ejemplar, se deberá dar aviso al SAG de la región correspondiente al sitio de captura.

4. Para la Manipulación de los ejemplares, deberán utilizarse las medidas de bioseguridad respectivas, que aseguren la protección de la fauna. En el caso de los anfibios, se deberá tener especial precaución en evitar la contaminación cruzada entre ejemplares y sitios de captura.

   En caso de captura de ejemplares de especies de fauna silvestre catalogadas como perjudiciales o dañinas, según el Artículo 6 del Reglamento de la Ley de Caza, estos no podrán ser devueltos al medio.

   Mientras permanezcan activas las trampas, deberán ser revisadas con una frecuencia acorde a las condiciones de captura.

5. La captura y manipulación de los ejemplares, solo está permitida para las personas autorizadas en esta resolución.

6. Para las capturas, deberá contarse con la autorización expresa de la Corporación Nacional Forestal, en caso que éstas se realicen dentro de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, o de los respectivos propietarios, en caso de realizarse fuera de ellas.

7. En forma previa a la colecta, con al menos 10 días hábiles de anticipación, el investigador deberá informar por escrito, a la Dirección Regional SAG Región de Antofagasta, al mail del encargado R.N.R carolina.elizalde@sag.gob.cl, las fechas y sitios específicos de las capturas, además de un número de teléfono y/o dirección de correo electrónico de contacto.

8. Una vez concluidas las actividades de terreno, el titular de esta Resolución, deberá enviar a la Dirección Regional SAG respectiva y al Departamento de Vida Silvestre del SAG Central (dfproser@sag.gob.cl), a los correos indicados anteriormente, un informe basado en el formato

proporcionado por este Servicio, a más tardar 30 días hábiles después de finalizadas las capturas.

En caso de existir alguna publicación originada de la autorización otorgada, deberá hacer referencia en ellas del permiso expedido.

En el caso que la captura de individuos no sea efectuada, el interesado deberá de informar el hecho a la división de Protección de los Recursos Naturales Renovables del SAG central.

9. Toda Infracción a las disposiciones contenidas en la Ley de Caza y su Reglamento, y a la autorización que se ha otorgado será sancionada por el Servicio Agrícola y Ganadero.

ANOTESE Y TRANSCRIBASE

MARIO ANDRES AHUMADA CAMPOS
JEFE (S) DIVISIÓN PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Anexos

Nombre	Tipo	Archivo	Copias	Hojas
Correo con antecedentes	Digital			

Adjuntos

Documento	Fecha Publicación
5319/2019 Registro de Ingreso de documento Externo	29/05/2019

RAF/AAS

Distribución:

- Marcela Soledad Cespedes Moya - Secretaria Departamento de Vida Silvestre - Or.OC
- Angélica Genoveva Vivallo Vivallo - Directora Regional Región de Antofagasta Servicio Agrícola y Ganadero - Or.II
- Carolina Elizalde Martin - Encargada Regional Unidad Técnica Protección de RNR - Or.II

División Protección de los Recursos Naturales Renovables - Paseo Bulnes N° 140

FIRMA ELECTRÓNICA SISTEMA DE GESTION DOCUMENTAL

El presente documento ha sido suscrito por medio de firma electrónica avanzada en los términos de la Ley 19.799 (Sobre Documentos Electrónicos, Firma Electrónica y Servicios de Certificación de dicha Firma), siendo válido de la misma manera y produciendo los mismos efectos que los expedidos por escrito y en soporte de papel, con firma convencional.

El documento original está disponible en la siguiente dirección url:http://firmaelectronica.sag.gob.cl/SignServerEsign/visualizadorXML/1A82FDC8DE9CC25AF0F24D73F9018DB41F9B7520

El documento original está disponible en la siguiente dirección url:http://firmaelectronica.sag.gob.cl/SignServerEsign/visualizadorXML/1A82FDC8DE9CC25AF0F24D73F9018DB41F9B7520

RESOLUCIÓN EXENTA N°1468/2018

AUTORIZA AL SR. CÉSAR ALFREDO HERRERA ITURRIAGA LA CAPTURA DE ANFIBIOS Y REPTILES CON FINES DE INVESTIGACIÓN.

Santiago, 06/ 08/ 2018

VISTOS:

Lo solicitado por el interesado con fecha de 30 de julio de 2018; Ley N° 18.755, Orgánica de este Servicio Agrícola y Ganadero; Ley 4.601, de Caza, modificada por la Ley N° 19.473, de 1996; D.S. N° 5, de 1998, del Ministerio de Agricultura; Resolución N° 2493 del 27 de abril de 2012 del Director Nacional del Servicio Agrícola y Ganadero, modificada por la Resolución Exenta N° 437 del 21 de enero de 2013.

CONSIDERANDO:

1. Que para fines de investigación, el Señor César Alfredo Herrera Iturriaga, solicita permiso de captura de especies protegidas de la fauna silvestre.

RESUELVO:

1. Autorízase al Sr. César Alfredo Herrera Iturriaga, RUT N° 17.231.501-1, con domicilio en Av. Príncipe de Gales N° 8455, comuna de La Reina, región Metropolitana, la captura de anfibios y reptiles bajo las condiciones de la presente Resolución.

2. Se autoriza la captura de ejemplares de anfibios de forma manual y de reptiles mediante lazo de nudo corredizo y manualmente, en las comunas de Calama y María Elena, región de Antofagasta, desde la fecha de esta Resolución hasta el 31 de octubre de 2019.

3. Los ejemplares capturados, una vez identificados y fotografiados, deberán ser liberados en los mismos sitios de captura, lo antes posibles, teniendo en consideración las condiciones de la especie, el estado del individuo y las condiciones de captura. En caso que ocurra la muerte de un ejemplar, se deberá dar aviso al SAG de la región correspondiente al sitio de captura.

4. Para la Manipulación de los ejemplares, deberán utilizarse las medidas de bioseguridad respectivas, que aseguren la protección de la fauna. En el caso de los anfibios se deberá tener especial precaución en evitar la contaminación cruzada entre ejemplares y sitios de captura.

   En caso de captura de ejemplares de especies de fauna silvestre catalogadas como perjudiciales o dañinas, según el Artículo 6 del Reglamento de la Ley de Caza, estos no podrán ser devueltos al medio.

5. Para las capturas, deberá contarse con la autorización expresa de la Corporación Nacional Forestal, en caso que éstas se realicen dentro de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, o de los respectivos propietarios, en caso de realizarse fuera de ellas.

6. En forma previa a la colecta, con al menos 5 días hábiles de anticipación, el investigador deberá informar por escrito, a la Dirección Regional SAG Región de Antofagasta, al mail del encargado R.N.R carolina.elizalde@sag.gob.cl, las fechas y sitios específicos de las capturas, además de un número de teléfono y/o dirección de correo electrónico de contacto.

7. Una vez concluidas las actividades de terreno, el titular de esta Resolución, deberá enviar a la Dirección Regional SAG respectiva y al Departamento de Vida Silvestre del SAG Central (ciproren@sag.gob.cl), a los correos indicados anteriormente, un informe basado en el formato proporcionado por este Servicio, a más tardar 30 días hábiles después de finalizadas las capturas.

   En caso de existir alguna publicación originada de la autorización otorgada, deberá hacer referencia en ellas del permiso expedido.

   En el caso que la captura de individuos no sea efectuada, el interesado deberá de informar el hecho a la división de Protección de los Recursos Naturales Renovables del SAG central.

6. Toda infracción a las disposiciones contenidas en la Ley de Caza y su Reglamento, y a la autorización que se ha otorgado será sancionada por el Servicio Agrícola y Ganadero.

ANOTESE Y TRANSCRIBASE

JOSÉ ROBERTO ROJAS CORNEJO
JEFE DIVISIÓN PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Adjuntos

Documento	Fecha Publicación
7557/2018 Recepcion de ingreso de documento Externo	30/07/2018

RAF/AAS

Distribución:

- Marcela Soledad Cespedes Moya - Secretaria Departamento de Vida Silvestre - Or.OC
- Angélica Genoveva Vivallo Vivallo - Directora Regional Región de Antofagasta Servicio Agrícola y Ganadero - Or.II
- Fernanda Orellana Silva - Encargada Regional (S) Unidad Técnica Protección de RNR - Or.II

División Protección de los Recursos Naturales Renovables - Paseo Bulnes N° 140

FIRMA ELECTRÓNICA

El presente documento ha sido suscrito por medio de firma electrónica avanzada en los términos de la Ley 19.799 (Sobre Documentos Electrónicos, Firma Electrónica y Servicios de Certificación de dicha Firma), siendo válido de la misma manera y produciendo los mismos efectos que los expedidos por escrito y en soporte de papel, con firma convencional.

El documento original está disponible en la siguiente dirección url:http://firmaelectronica.seg.gob.cl/SignServerEsignVisualizador/XML/C47426EA1667F5B84E58D41C733028461F0C0360

El documento original está disponible en la siguiente dirección u t:http://firmaelectronica.seg.gob.cl/SignServerEsignVisualizador/XML/C47426EA1667F5B84E58D41C733028461F0C0360

8.4.3 Permiso de Pesca 2018

DIARIO OFICIAL
DE LA REPUBLICA DE CHILE
Ministerio del Interior y Seguridad Pública

II SECCION

DECRETOS, RESOLUCIONES, SOLICITUDES Y NORMAS DE INTERÉS PARTICULAR

Núm. 41.939 | Viernes 22 de Diciembre de 2017 | Página 1 de 1

Normas Particulares

CVE 1322736

MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y TURISMO

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

AUTORIZA A CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA LTDA. PARA REALIZAR PESCA DE INVESTIGACIÓN QUE INDICA

(Extracto)

Por resolución exenta N° 4.137, de 12 de diciembre de 2017, de esta Subsecretaría, autorízase a Centro de Ecología Aplicada Ltda., para efectuar una pesca de investigación de conformidad con el proyecto "Solicitud de Pesca de Investigación para Flora y Fauna Acuáticas en Cuerpos y Cursos de Aguas Continentales del Territorio Nacional".

El objetivo de la pesca de investigación que por la presente resolución se autoriza, consiste en realizar estudios de flora y fauna acuáticas en cursos y cuerpos de agua de las principales cuencas del país, enmarcados dentro de estudios de línea de base de ecosistemas acuáticos continentales de Chile. Además, se realizan monitoreos y seguimientos de las variables ambientales establecidas en las distintas Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) de los proyectos.

La pesca de investigación se efectuará en un período de 12 meses contados desde la fecha de publicación de la presente resolución, de conformidad con lo establecido en el artículo N° 174 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, cuya zona de estudio serán todos los cuerpos de agua dulce continentales del territorio nacional, donde podrá muestrear las especies indicadas en la resolución extractada en los términos allí señalados.

La peticionaria designa como persona responsable de la presente pesca de investigación a don Manuel Contreras Leiva.

El texto íntegro de la presente resolución se publicará en el sitio de dominio electrónico de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Valparaíso, 12 de diciembre de 2017.- Paolo Trajo Carmona, Subsecretario de Pesca y Acuicultura (S).

CVE 1322736 | Director: Carlos Ossa Buena Cifuentes
Sitio Web: www.diarioficial.cl | Mesa Central: +562 2486 3400 . Email: consultas@diarioficial.cl
Dirección: Dr. Torres Boonen N°511, Providencia, Santiago, Chile.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N°19.799 e incluye validez de tiempo y firma electrónica avanzada. Para verificar la autenticidad de una representación impresa del mismo, ingrese este código en el sitio web www.diarioficial.cl

REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y TURISMO
SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA
CASILLA 100 - V
VALPARAÍSO

AUTORIZA A CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA LTDA. PARA REALIZAR PESCA DE INVESTIGACIÓN QUE INDICA.

(EXTRACTO)

Por Resolución Exenta Nº 4157 de esta Subsecretaría, autorízase a Centro de Ecología Aplicada Ltda., para efectuar una pesca de investigación de conformidad con el proyecto **"Solicitud de Pesca de Investigación Para Flora y Fauna Acuática en Cuerpos y Cursos de Aguas Continentales del Territorio Nacional"**.

El objetivo de la pesca de investigación que por la presente resolución se autoriza, consiste en realizar estudios de flora y fauna acuática en cursos y cuerpos de agua de las principales cuencas del país, enmarcados dentro de estudios de línea de base de ecosistemas acuáticos continentales de Chile. Además se realizan monitoreos y seguimientos de las variables ambientales establecidas en las distintas Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) de los proyectos.

La pesca de investigación se efectuará en un período de 12 meses contados desde la fecha de publicación de la presente resolución, de conformidad con lo establecido en el Artículo Nº 174 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, cuya zona de estudio, serán todos los cuerpos de agua dulce continentales del territorio nacional, donde podrá muestrear las especies indicadas en la resolución extractada en los términos allí señalados.

La peticionaria designa como persona responsable de la presente pesca de investigación a don Manuel Contreras Leiva.

El texto íntegro de la presente resolución se publicará en el sitio de dominio electrónico de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

PAOLO TREJO CARMONA
Subsecretario de Pesca y Acuicultura (S)

VALPARAÍSO, 12 DIC. 2017

MINISTERIO DE ECONOMÍA
FOMENTO Y TURISMO
SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA
PINV 234-2017 FLORA Y FAUNA ICTICA

SUBS. DE PESCA Y ACUICULTURA - MINISTERIO DE ECONOMIA - DIVISION JURIDICA

AUTORIZA A CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA LTDA. PARA REALIZAR PESCA DE INVESTIGACIÓN QUE INDICA.

VALPARAÍSO, 12 DIC. 2017

R. EX. N° 4157

VISTO: Lo solicitado por Centro de Ecología Aplicada Ltda., mediante C.I. SUBPESCA N° 12.042/2017, de fecha 23 de octubre de 2017; lo informado por la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, en Informe Técnico N° 234/2017, contenido en Memorándum Técnico (P.INV.) N° 234/2017, de fecha 28 de noviembre de 2017; los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto **"Solicitud de Pesca de Investigación Para Flora y Fauna Acuática en Cuerpos y Cursos de Aguas Continentales del Territorio Nacional"**, elaborados por la peticionaria y aprobados por esta Subsecretaría; la Ley N° 19.880; la Ley General de Pesca y Acuicultura N° 18.892 y sus modificaciones cuyo texto refundido fue fijado por el D.S. N° 430 de 1991, el D.F.L. N° 5 de 1983, el D.S. N° 461 de 1995, el Decreto Exento N° 878 de 2011, todos del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; la Resolución N° 332 de 2011, del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

CONSIDERANDO:

Que Centro de Ecología Aplicada Ltda., ingresó mediante carta citada en Visto, una solicitud para desarrollar la pesca de investigación conforme los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto denominado **"Solicitud de Pesca de Investigación Para Flora y Fauna Acuática en Cuerpos y Cursos de Aguas Continentales del Territorio Nacional"**.

Que mediante Memorándum Técnico (P.INV.) N° 234/2017, citado en Visto, la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, informa que las actividades planteadas en la solicitud califican como pesca de investigación de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 2° N° 29 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, por cuanto es una actividad extractiva sin fines de lucro, cuya finalidad es obtener datos e información para generar conocimiento científico, para proteger la biodiversidad y el patrimonio sanitario del país.

Que la evidencia científica apunta a que los problemas de conservación de las especies ícticas de aguas continentales chilenas van en aumento. Esta situación se asocia a múltiples factores, donde el más relevante es el deterioro y fragmentación de su hábitat.

Que por lo anterior, es de especial interés para la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura contar con el mayor número de antecedentes que permitan diseñar medidas de administración que promuevan objetivos de conservación de peces nativos y asilvestrados de importancia para la pesca recreativa.

Que el uso controlado de las artes, aparejos y utensilios de pesca descritos en el presente informe permite disminuir la mortalidad no deseada y por tanto no resulta en un incremento de los riesgos de conservación de las especies señaladas.

Que dicha solicitud cumple con las exigencias dispuestas en el D.S. Nº 461 de 1995, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, que establece los requisitos que deben cumplir las solicitudes de pesca de investigación.

Que de acuerdo a lo anterior y de conformidad a lo dispuesto en los artículos 98 a 102 de la Ley General de Pesca y Acuicultura y el D.S. Nº 461 de 1995, citado en Visto, corresponde autorizar la pesca de investigación solicitada.

RESUELVO:

1.- Autorízase a Centro de Ecología Aplicada Ltda., R.U.T. 78.294.470-3, con domicilio en Av. Príncipe de Gales 6465, comuna de La Reina, Región Metropolitana, para efectuar una pesca de investigación, de conformidad con los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto denominado **"Solicitud de Pesca de Investigación Para Flora y Fauna Acuática en Cuerpos y Cursos de Aguas Continentales del Territorio Nacional"**, elaborados por la peticionaria y aprobados por esta Subsecretaría y el informe técnico citado en Visto, los que se consideran parte integrante de la presente resolución.

2.- El objetivo de la pesca de investigación que por la presente resolución se autoriza, consiste en realizar estudios de flora y fauna acuática en cursos y cuerpos de agua de las principales cuencas del país, enmarcados dentro de estudios de línea de base de ecosistemas acuáticos continentales de Chile. Además se realizan monitoreos y seguimientos de las variables ambientales establecidas en las distintas Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) de los proyectos.

3.- La pesca de investigación se efectuará en un período de 12 meses contados desde la fecha de publicación de la presente resolución, de conformidad con lo establecido en el Artículo Nº 174 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, cuya zona de estudio, serán todos los cuerpos de agua dulce continentales del territorio nacional.

4.- En cumplimiento de los objetivos de la presente pesca de investigación, la peticionaria podrá realizar:

a.- La captura con retención permanente de las siguientes matrices biológicas según se indica:

Matriz Biológica	Arte de Pesca, Equipos o elementos	Características
Zoobentos	Red Surber	Red Surber de 0,09 m^2 y con una apertura de malla de 250 µm.
	Corer	Corer de 0,0037 m^2.
Fitobentos	Perifitómetro	De acuerdo a Davies y Gee (1993)
	Core	Jeringa-core de 10 ml.

Fitoplancton	Red de fitoplancton	Red de arrastre de 60 µm de apertura de malla y 30 cm de diámetro de boca.
	Botella oceanográfica	Botella Van Dorn
	Red de salar	Red de plancton de 60 µm de trama de malla, con una apertura de boca de 10x15 cm.
Zooplancton	Red zooplancton	Red de arrastre de 110 µm de apertura de malla y 30 cm de diámetro de boca.
	Red de salar	Red con malla N 10 (110 µm) y 6 cm de diámetro.
	Botella oceanográfica	Botella Van Dorn / Niskin
Macrófitas	Cuadrante	Cuadrante de 1m^2 reticulado (100 retículas de 4cm^2).

b.- La captura con retención temporal de las siguientes especies:

Especie nativas	Nombre común
Geotria australis	Lamprea de bolsa
Mordacia lapicida	Lamprea de agua dulce
Cheirodon galusdae	Pocha de los Lagos
Cheirodon pisciculatus	Pocha
Cheirodon australe	Pocha del sur
Cheirodon kiliani	Pocha
Diplomystes nahuelbutaensis	Bagre /Tollo
Diplomystes chilensis	Bagre /Tollo
Diplomystes camposensis	Bagre /Tollo
Hatcheria macraei	Bagre
Trichomycterus areolatus	Bagrecito
Trichomycterus chiltoni	Bagrecito
Trichomycterus rivulatus	Bagrecito
Trichomycterus chungaraensis	Bagrecito
Trichomycterus laucaensis	Bagrecito
Bullockia maldonadoi	Bagrecito
Nematogenys inermis	Bagre grande
Galaxias maculatus	Puye/Truchita/Coltrao
Galaxias platei	Puye
Galaxias globiceps	Puye
Brachygalaxias gothei	Puye
Brachygalaxias bullocki	Puye
Aplochiton marinus	Peladilla
Aplochiton taeniatus	Farionela / Peladilla
Aplochiton zebra	Farionela listada
Orestias agassii	Karachi/corvinilla
Orestias chungarensis	Karachi/corvinilla
Orestias laucaensis	Karachi/corvinilla
Orestias ascotanensis	Karachi/corvinilla
Orestias parinacotensis	Karachi/corvinilla

Odontesthes mauleanum	Cauque /pejerrey
Odontesthes debueni	Pirihuelo
Odontesthes wiebrichi	Cauque de valdivia
Odontesthes brevianalis	Cauque del norte
Odontesthes molinae	Cauque de molina
Odontesthes itatanum	Cauque de itata
Odontesthes hatcheri	Cauque patagonico
Basilichthys australis	Pejerrey chileno
Basilichthys microlepidotus	Pejerrey del norte
Basilichthys semotilus	Pejerrey
Percichthys trucha	Perca trucha o trucha criolla
Percichthys melanops	Trucha negra o trucha criolla
Percilia gillissi	Carmelita o coloradita
Percilia irwini	Carmelita de Concepción
Especies introducidas	
Basilichthys bonaerensis	Pejerrey argentino
Cyprinus carpio	Carpa
Gambusia affinis	Gambusia
Gambusia holbrooki	Gambusia
Carasius carasius	dorado
Cnesterodon decemmaculatus	10 manchas
Ameiurus nebulosus	Cat fish
Oncorhynchus kisutch	Salmón coho o plateado
Oncorhynchus masou	Salmón cereza
Oncorhynchus mykiss	Trucha arcoiris
Oncorhynchus tshawytscha	Salmón Rey o Chinook
Salmo salar	Salmón del Atlántico
Salmo trutta	Trucha farlo
Salvelinus fontinalis	Trucha de arroyo
Carassius sp	Dorado

Sin perjuicio de lo anterior, las especies de *Australoheros facetum* ("chanchito"), *Gambusia spp* ("gambusia"), *Carassius carassius* ("doradito"), *Cnesterodon decemmaculatus* ("10 manchas"), *Ameiurus nebulosus* ("pez gato"), *Jenynsia multidentata* (overito o morraja) y *Cheirodon interruptus* (pocha o morrajita) *Ctenopharyngodon idella* (carpa china) y *Cyprinus carpio* (carpa), podrán ser sacrificados en su totalidad, en consideración a su potencial invasividad y riesgo para la conservación de las especies nativas amenazadas.

Las especies nativas deberán ser devueltas una vez clasificadas a su medio en el mismo sitio de su captura, y en buenas condiciones para su sobrevivencia. Sin perjuicio de lo anterior, el consultor podrá reservar una muestra, o ejemplares de las especies ícticas que presenten signos de enfermedades o daños evidentes, para su posterior análisis patológico.

Para la captura de peces se podrá utilizar un equipo de pesca eléctrica especializada para dichos fines, el uso de chinguillos auxiliares y redes de cerco orilleras. De la misma manera y para zonas de mayor profundidad, podrá utilizar trampas de peces, espineles y redes. Respecto del uso de espinelas, estos no deberán superar un número máximo de 10 anzuelos, todos sin "rebarba". Los que deberán ser operados con tiempos de reposo inferiores a 12 horas. Las redes utilizadas no deben superar los 25 metros de longitud y nunca cubrir todo el curso de agua. En lagos, las redes podrán alcanzar un máximo de 125 metros de

longitud y no más de tres unidades por cuerpo de agua. El tamaño de malla deberá corresponder al adecuado a cada especie objetivo del estudio, evitando la captura incidental de otras especies. El periodo de captura de la red no debe superar las 12 horas continuas. Durante este periodo, se deberá revisar regularmente la red a objeto de evitar la sobre captura, la captura de especies no objetivo, la mortalidad de los organismos atrapados.

5.- Para la captura de peces se podrá utilizar un equipo de pesca eléctrica especializada para dichos fines, que no deben incluir generadores eléctricos de combustión o baterías usadas directamente al curso y cuerpo de agua. Además debe cumplir con las siguientes características y buenas prácticas:

- Interruptor en el ánodo situado en bastón de acceso rápido.
- Indicador de parámetros eléctricos básicos.
- Control de frecuencia paso a paso.
- Regulación de potencia de salida.
- Potencia máxima 400 Watt.
- Control de pulso eléctrico.
- El pescado debe ser eliminado del campo eléctrico tan pronto como sea posible.
- Donde la pesca sea posible debe llevarse a cabo utilizando los campos de corriente continua.
- Frecuencias del pulso debe mantenerse lo más bajo posible entre 30-40 Hz o inferior.
- Máximo 2 minutos de uso por evento.

6.- Para efectos de la pesca de investigación que se autoriza por la presente resolución, la peticionaria se exceptúa del cumplimiento de las normas de administración establecidas mediante Decreto Exento N° 878 de 2011, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

7.- Para efectos de dar cumplimiento a las medidas establecidas en el programa de vigilancia, detección y control establecido por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura para la plaga *Didymosphenia geminata* (Didymo), el peticionario deberá:

a) Desinfectar los equipos, artes, implementos, aparejos de pesca y demás fómites que entren en contacto directo con el agua; en el lugar en donde se efectúen las actividades en terreno, tanto al comienzo y término de cada muestreo y en cada estación, debiendo utilizar los protocolos descritos en la Resolución Exenta 332 de 2011 del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y el Manuel para el Monitoreo e Identificación de la microalga bentónica *Didymosphenia geminata* de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

b) Dar aviso a más tardar dentro de las primeras 24 horas, una vez terminadas las campañas de muestreo, a la Dirección Regional del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura correspondiente, en caso que durante la ejecución de las actividades en terreno se sospeche de la aparición de dicha plaga en el área de estudio. De la misma forma, en caso de encontrar células de la plaga en los análisis posteriores, se deberá dar aviso al Servicio dentro del mismo tiempo indicado en el párrafo precedente.

8.- La peticionaria deberá informar a la oficina del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura correspondiente, con a lo menos dos días hábiles de anticipación, las fechas y lugares exactos en que se realizarán las jornadas de muestreo, para su control y fiscalización.

9.- En los estudios asociados a programas de monitoreo medioambiental o planes de vigilancia ambientales, las metodologías utilizadas deberán ser aquellas señaladas en las respectivas Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA).

10.- La solicitante deberá elaborar un informe resumido de las actividades realizadas, que contenga a lo menos información de la obtención de muestras, de los materiales y métodos ocupados. Asimismo, se deberá entregar una base de datos, en formato EXCEL, conteniendo: localización de la red o estaciones de muestreo, número de muestras, número de ejemplares capturados por especie cuando proceda o una cuantificación de la captura y características de los individuos muestreados en el contexto de la autorización.

Además, se deberá disponer los resultados en un archivo electrónico en formato shape el cual deberá estar en coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos) referida al datum *WGS-84* considerando como atributo la categoría antes mencionada.

Lo anterior deberá ser entregado dentro del plazo de 30 días corridos, contados desde la fecha de término del período de pesca autorizado, y deberá entregarse impreso por medio de una carta conductora a la cual se le deberá adjuntar un dispositivo de respaldo digital que contenga una copia del informe más la base de datos solicitada.

El incumplimiento de la obligación antes señalada se considerará como causal suficiente para denegar cualquier nueva solicitud de pesca de investigación.

11.- Designase a la Jefa de la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, como funcionario encargado de velar por el oportuno y debido cumplimiento de la obligación establecida en el numeral anterior.

12.- Esta autorización es intransferible y no podrá ser objeto o instrumento de negociación o situación de privilegio alguno.

13.- La peticionaria designa como persona responsable de la presente pesca de investigación a don Manuel Contreras Leiva, R.U.T. N° 8.990.546-K, del mismo domicilio.

Asimismo, se autoriza al jefe de proyecto responsable de la presente pesca de investigación y al siguiente personal técnico participante según la siguiente descripción:

Nombre	RUT	Profesión	Función
Manuel Contreras L.	08.990.546-K	Biólogo	Jefe de Proyecto
Leopoldo Fuentes B.	09.785.227-8	Biólogo	Ecología de peces
Esteban Abrigo	14.014.921-7	Biólogo	Ecología de peces
Esteban Martínez	15.669.823-7	Ingeniero Ambiental	Ecología de peces
Luis Vega	08.189.976-2	Biólogo Marino	Métodos muestreo Limnológicos
Manuel Segovia	17.388.649-7	Biólogo Marino	Métodos muestreo Limnológicos
Joksan Araya	16.987.649-5	Ingeniero Acuicultor	Métodos muestreo Limnológicos
Patricio Bahamondes	15.922.465-1	Biólogo Marino	Métodos muestreo Limnológicos
Pablo Colipué	16.744.740-6	Biólogo Marino	Métodos muestreo Limnológicos
Raúl Lagos	12.733.161-8	Técnico	Métodos muestreo Limnológicos
Hernán Thielemann	05.898.604-6	Técnico	Métodos muestreo Limnológicos

Jorge Arroyo	12.642.896-0	Técnico	Métodos muestreo Limnológicos
Milton Munizaga	12.583.331-4	Técnico	Métodos muestreo Limnológicos
Darío Núñez	15.887.087-8	Técnico	Métodos muestreo Limnológicos
Diego Olguín	17.590.549-9	Técnico	Métodos muestreo Limnológicos
Nelson González	13.890.626-6	Técnico	Métodos muestreo Limnológicos
Marco Contreras	08.990.519-2	Técnico	Métodos muestreo Limnológicos

14.- La peticionaria deberá dar cumplimiento a las obligaciones que se establecen en la presente resolución, y a las establecidas en la Ley General de Pesca y Acuicultura y en el D.S. Nº 461 de 1995, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. El incumplimiento hará incurrir a la titular en el término inmediato de la pesca de investigación sin que sea necesario formalizarlo, y sin perjuicio de las sanciones que correspondan de acuerdo a lo dispuesto en la Ley General de Pesca y Acuicultura, ya citada.

15.- La presente resolución es sin perjuicio de las que correspondan conferir a otras autoridades, de acuerdo a las disposiciones legales y reglamentarias vigentes o que se establezcan.

16.- El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura deberá adoptar las medidas y efectuar los controles que sean necesarios para lograr un efectivo cumplimiento de las disposiciones de la presente resolución.

17.- La presente resolución podrá ser impugnada por la interposición del recurso de reposición contemplado en el artículo 59 de la Ley Nº 19.880, ante esta misma Subsecretaría y dentro del plazo de 5 días hábiles contados desde la respectiva notificación, sin perjuicio de la aclaración del acto dispuesta en el artículo 62 del citado cuerpo legal y de las demás acciones y recursos que procedan de conformidad con la normativa vigente.

18.- La presente resolución deberá ser publicada en extracto en el Diario Oficial, por cuenta de la interesada.

19.- Transcríbase copia de esta resolución a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y a la División Jurídica de esta Subsecretaría.

ANÓTESE, NOTIFÍQUESE POR CARTA CERTIFICADA, PUBLÍQUESE A TEXTO ÍNTEGRO EN LOS SITIOS DE DOMINIO ELECTRÓNICO DE LA SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA Y DEL SERVICIO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA, Y ARCHÍVESE

SUBSECRETARIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y TURISMO
SUBSECRETARIO DE PESCA Y ACUICULTURA
SUBROGANTE
CHILE

PABLO TREJO CARMONA
Subsecretario de Pesca y Acuicultura (S)

CUS: 0YVCSS

Lo que transcribo para su conocimiento.

Saluda atentamente a Ud.

JEFE DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO

ROBINSON QUERO ZARATE
Jefe Departamento Administrativo

Folio006246

8.4.4 Permiso de Pesca 2019

DIARIO OFICIAL
DE LA REPUBLICA DE CHILE
Ministerio del Interior y Seguridad Pública

II SECCIÓN

DECRETOS, RESOLUCIONES, SOLICITUDES Y NORMAS DE INTERÉS PARTICULAR

Núm. 42.226 | Martes 11 de Diciembre de 2018 | Página 1 de 1

Normas Particulares

CVE 1508409

MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y TURISMO

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

AUTORIZA A CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA LTDA. PARA REALIZAR PESCA DE INVESTIGACIÓN QUE INDICA

(Extracto)

Por resolución exenta N° 4.084, de 27 de noviembre de 2018, de esta Subsecretaría, autorízase a Centro de Ecología Aplicada Ltda., para efectuar una pesca de investigación de conformidad con el proyecto "Solicitud de Pesca de Investigación para Flora y Fauna Acuática en Cuerpos y Cursos de Aguas Continentales del Territorio Nacional".

El objetivo de la pesca de investigación que por la presente resolución se autoriza consiste en estudiar la flora y fauna acuática en los cursos y cuerpos de agua de las principales cuencas del país, enmarcados dentro de estudios de línea de base de ecosistemas acuáticos continentales de Chile. Además se realizarán monitoreos y seguimientos de las variables ambientales establecidas en las distintas Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) de los proyectos.

La pesca de investigación se efectuará en un período de 12 meses contados desde la fecha de publicación de la presente resolución, de conformidad con lo establecido en el Artículo N° 174 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, a ejecutarse en todos los cuerpos de agua dulce continentales del territorio nacional, donde podrá muestrear las especies indicadas en la resolución extractada en los términos allí señalados.

La peticionaria designa como persona responsable de la presente pesca de investigación a don Manuel Contreras Leiva.

El texto íntegro de la presente resolución se publicará en el sitio de dominio electrónico de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Valparaíso, 27 de noviembre de 2018.- Eduardo Riquelme Portilla, Subsecretario de Pesca y Acuicultura.

CVE 1508409 | Director: Juan Jorge Lazo Rodríguez
Sitio Web: www.diarioficial.cl | Mesa Central: +562 2486 3600 | Email: consultas@diarioficial.cl
Dirección: Dr. Torres Boonen N°51, Providencia, Santiago, Chile.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N°19.799 e incluye sellado de tiempo y firma electrónica avanzada. Para verificar la autenticidad de una representación impresa del mismo, ingrese este código en el sitio web www.diarioficial.cl

REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y TURISMO
SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA
CASILLA 100-V
VALPARAÍSO

AUTORIZA A CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA LTDA. PARA REALIZAR PESCA DE INVESTIGACIÓN QUE INDICA.

(EXTRACTO)

Por Resolución Exanta Nº 4084 de esta Subsecretaría, autorízase a Centro de Ecología Aplicada Ltda., para efectuar una pesca de investigación de conformidad con el proyecto **"Solicitud de Pesca de Investigación para Flora y Fauna Acuática en Cuerpos y Cursos de Aguas Continentales del Territorio Nacional"**.

El objetivo de la pesca de investigación que por la presente resolución se autoriza consiste en estudiar la flora y fauna acuática en los cursos y cuerpos de agua de las principales cuencas del país, enmarcados dentro de estudios de línea de base de ecosistemas acuáticos continentales de Chile. Además se realizarán monitoreos y seguimientos de las variables ambientales establecidas en las distintas Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) de los proyectos.

La pesca de investigación se efectuará en un período de 12 meses contados desde la fecha de publicación de la presente resolución, de conformidad con lo establecido en el Artículo Nº 174 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, a ejecutarse en todos los cuerpos de agua dulce continentales del territorio nacional, donde podrá muestrear las especies indicadas en la resolución extractada en los términos allí señalados.

La peticionaria designa como persona responsable de la presente pesca de investigación a don Manuel Contreras Leiva.

El texto íntegro de la presente resolución se publicará en el sitio de dominio electrónico de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

EDUARDO RIQUELME PORTILLA
Subsecretario de Pesca y Acuicultura

VALPARAÍSO, 27 NOV. 2018

CENTRO DE ECOLOGIA APLICADA

MINISTERIO DE ECONOMÍA FOMENTO Y TURISMO
SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA
PINV 252-2018 FLORA Y FAUNA ACUÁTICA

AUTORIZA A CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA LTDA. PARA REALIZAR PESCA DE INVESTIGACIÓN QUE INDICA.

VALPARAÍSO, 27 NOV. 2018

RESOL. EXENTA Nº 4084

VISTO: Lo solicitado por Centro de Ecología Aplicada Ltda., mediante C.I. SUBPESCA Nº 11.846/2018, de fecha 22 de octubre de 2018; lo informado por la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, en Informe Técnico Nº 252/2018, contenido en Memorándum Técnico (P.INV.) Nº 252/2018, de fecha 13 de noviembre de 2018; los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto **"Solicitud de Pesca de Investigación para Flora y Fauna Acuática en Cuerpos y Cursos de Aguas Continentales del Territorio Nacional"**, elaborados por la peticionaria y aprobados por esta Subsecretaría; la Ley Nº 19.880; la Ley General de Pesca y Acuicultura Nº 18.892 y sus modificaciones cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el D.S. Nº 430 de 1991, el D.F.L. Nº 5 de 1983, el D.S. Nº 461 de 1995, el Decreto Exento Nº 878 de 2011, todos del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; la Resolución Exenta Nº 332 de 2011, del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

CONSIDERANDO:

Que Centro de Ecología Aplicada Ltda., ingresó mediante carta citada en Visto, una solicitud para desarrollar la pesca de investigación conforme los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto denominado **"Solicitud de Pesca de Investigación para Flora y Fauna Acuática en Cuerpos y Cursos de Aguas Continentales del Territorio Nacional"**.

Que mediante Memorándum Técnico (P.INV.) Nº 252/2018, citado en Visto, la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, informa que las actividades planteadas en la solicitud califican como pesca de investigación de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 2º Nº 29 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, por cuanto es una actividad extractiva sin fines de lucro, cuya finalidad es obtener datos e información para generar conocimiento científico, para proteger la biodiversidad y el patrimonio sanitario del país.

Que la evidencia científica apunta a que los problemas de conservación de las especies ícticas de aguas continentales chilenas van en aumento y esta situación se asocia a múltiples factores, donde el más relevante es el deterioro y fragmentación de su hábitat.

Que por lo anterior, es de especial interés para esta Subsecretaría contar con el mayor número de antecedentes que permitan diseñar medidas de administración que promuevan objetivos de conservación de peces nativos y asilvestrados de importancia para la pesca recreativa.

Que el uso controlado de las artes, aparejos y utensilios de pesca descritos en el presente informe permite disminuir la mortalidad no deseada y, por tanto, no resulta en un incremento de los riesgos de conservación de las especies señaladas.

Que dicha solicitud cumple con las exigencias dispuestas en el D.S. Nº 461 de 1995, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, que establece los requisitos que deben cumplir las solicitudes de pesca de investigación.

Que de acuerdo a lo anterior y de conformidad a lo dispuesto en los artículos 98 a 102 de la Ley General de Pesca y Acuicultura y el D.S. Nº 461 de 1995, citado en Visto, corresponde autorizar la pesca de investigación solicitada.

RESUELVO:

1.- Autorízase a Centro de Ecología Aplicada Ltda., R.U.T. 78.294.470-3, con domicilio en Avenida Príncipe de Gales Nº 6465, La Reina, Santiago, Región Metropolitana de Santiago, para efectuar una pesca de investigación, de conformidad con los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto denominado **"Solicitud de Pesca de Investigación para Flora y Fauna Acuática en Cuerpos y Cursos de Aguas Continentales del Territorio Nacional"**, elaborados por la peticionaria y aprobados por esta Subsecretaría y el informe técnico citado en Visto, los que se consideran parte integrante de la presente resolución.

2.- El objetivo de la pesca de investigación que por la presente resolución se autoriza consiste en estudiar la flora y fauna acuática en los cursos y cuerpos de agua de las principales cuencas del país, enmarcados dentro de estudios de línea de base de ecosistemas acuáticos continentales de Chile. Además se realizarán monitoreos y seguimientos de las variables ambientales establecidas en las distintas Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) de los proyectos.

3.- La pesca de investigación se efectuará en un período de 12 meses contados desde la fecha de publicación de la presente resolución, de conformidad con lo establecido en el Artículo Nº 174 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, a ejecutarse en todos los cuerpos de agua dulce continentales del territorio nacional.

4.- En cumplimiento de los objetivos de la presente pesca de investigación, la peticionaria podrá realizar las siguientes actividades:

a.- La captura con retención permanente de las siguientes matrices biológicas según indica:

Matriz Biológica	Arte de Pesca, Equipos o elementos	Características
Zoobentos	Red Surber	Red Surber de 0,09 m^2 y con una apertura de malla de 250 µm.
	Corer	Corer de 0,0037 m^2.
Fitobentos	Perifitómetro	De acuerdo a Davies y Gee (1993).
	Core	Jeringa-core de 10 mL.

Fitoplancton	Red de fitoplancton	Red de arrastre de 60 µm de apertura de malla y 30 cm de diámetro de boca.
	Botella oceanográfica	Botella Van Dorn
	Red de salar	Red de plancton de 60 µm de trama de malla, con una apertura de boca de 10x15 cm.
Zooplancton	Red zooplancton	Red de arrastre de 110 µm de apertura de malla y 30 cm de diámetro de boca.
	Red de salar	Red con malla N 10 (110 µm) y 6 cm de diámetro.
	Botella oceanográfica	Botella Van Dorn / Niskin
Macrófitas	Cuadrante	Cuadrante de 1m^2 reticulado (100 reticulas de 4cm^2).

b.- La captura con retención temporal de las siguientes especies:

Especie nativas	Nombre común
Geotria australis	Lamprea de bolsa
Mordacia lapicida	Lamprea de agua dulce
Cheirodon galusdae	Pocha de los Lagos
Cheirodon pisciculatus	Pocha
Cheirodon australe	Pocha del sur
Cheirodon kiliani	Pocha
Diplomystes nahuelbutaensis	Bagre /Tollo
Diplomystes chilensis	Bagre /Tollo
Diplomystes camposensis	Bagre /Tollo
Hatcheria macraei	Bagre
Trichomycterus areolatus	Bagrecito
Trichomycterus chiltoni	Bagrecito
Trichomycterus rivolatus	Bagrecito
Trichomycterus chungaraensis	Bagrecito
Trichomycterus laucaensis	Bagrecito
Bullockia maldonadoi	Bagrecito
Nematogenys inermis	Bagre grande
Galaxias maculatus	Puye/Truchita/Coltrao
Galaxias platei	Puye
Galaxias globiceps	Puye
Brachygalaxias gothei	Puye
Brachygalaxias bullocki	Puye
Aplochiton marinus	Peladilla
Aplochiton taeniatus	Farionela / Peladilla
Aplochiton zebra	Farionela listada
Orestias agassizi	Karachi/corvinilla
Orestias chungarensis	Karachi/corvinilla
Orestias laucaensis	Karachi/corvinilla
Orestias ascotanensis	Karachi/corvinilla
Orestias parinacotensis	Karachi/corvinilla

Odontesthes mauleanum	Cauque /pejerrey
Odontesthes debueni	Pirihuelo
Odontesthes wiebrichi	Cauque de valdivia
Odontesthes brevianalis	Cauque del norte
Odontesthes molinae	Cauque de molina
Odontesthes itatanum	Cauque de itata
Odontesthes hatcheri	Cauque patagonico
Basilichthys australis	Pejerrey chileno
Basilichthys microlepidotus	Pejerrey del norte
Basilichthys semotilus	Pejerrey
Percichthys trucha	Perca trucha o trucha criolla
Percichthys melanops	Trucha negra o trucha criolla
Percilia gillissi	Carmelita o coloradita
Percilia irwini	Carmelita de Concepción
Especies introducidas	
Basilichthys bonaerensis	Pejerrey argentino
Cyprinus carpio	Carpa
Gambusia affinis	Gambusia
Gambusia holbrooki	Gambusia
Carasius carasius	dorado
Cnesterodon decemaculatus	10 manchas
Ameiurus nebulosus	Cat fish
Oncorhynchus kisutch	Salmón coho o plateado
Oncorhynchus masou	Salmón cereza
Oncorhynchus mykiss	Trucha arcoiris
Oncorhynchus tshawytscha	Salmón Rey o Chinook
Salmo salar	Salmón del Atlántico
Salmo trutta	Trucha fario
Salvelinus fontinalis	Trucha de arroyo
Carassius sp	Dorado

Sin perjuicio de lo anterior, las especies de *Australoheros facetum* ("chanchito"), *Gambusia* spp. ("gambusia"), *Carassius carassius* ("doradito"), *Cnesterodon decemmaculatus* ("10 manchas"), *Ameiurus nebulosus* ("pez gato"), *Jenynsia multidentata* (overito o morraja) y *Cheirodon interruptus* (pocha o morrajita) *Ctenopharyngodon idella* (carpa china) y *Cyprinus carpio* (carpa), podrán ser sacrificados en su totalidad, en consideración a su potencial invasividad y riesgo para la conservación de las especies nativas amenazadas.

Las especies nativas deberán ser devueltas una vez clasificadas a su medio en el mismo sitio de su captura, y en buenas condiciones para su sobrevivencia. Sin perjuicio de lo anterior, el consultor podrá reservar una muestra, o ejemplares de las especies ícticas que presenten signos de enfermedades o daños evidentes, para su posterior análisis patológico.

5.- Para la captura de peces se podrá utilizar un equipo de pesca eléctrica especializada para dichos fines, que no deben incluir generadores eléctricos de combustión o baterías usadas directamente al curso y cuerpo de agua. Además debe cumplir con las siguientes características y buenas prácticas:

- Interruptor en el ánodo situado en bastón de acceso rápido.
- Indicador de parámetros eléctricos básicos.
- Control de frecuencia paso a paso.
- Regulación de potencia de salida.
- Potencia máxima 400 Watt.
- Control de pulso eléctrico.
- El pescado debe ser eliminado del campo eléctrico tan pronto como sea posible.
- Donde la pesca sea posible debe llevarse a cabo utilizando los campos de corriente continua.
- Frecuencias del pulso debe mantenerse lo más bajo posible entre 30-40 Hz o inferior.
- Máximo 2 minutos de uso por evento.

Para la captura de peces se podrá utilizar un equipo de pesca eléctrica especializada para dichos fines, el uso de chinguillos auxiliares y redes de cerco orilleras. De la misma manera y para zonas de mayor profundidad, podrá utilizar trampas de peces, espineles y redes. Respecto del uso de espineles, estos no deberán superar un número máximo de 10 anzuelos, todos sin "rebarba", los que deberán ser operados con tiempos de reposo inferiores a 12 horas.

Las redes utilizadas no deben superar los 25 metros de longitud y nunca cubrir todo el curso de agua. En lagos, las redes podrán alcanzar un máximo de 125 metros de longitud y no más de tres unidades por cuerpo de agua. El tamaño de malla deberá corresponder al adecuado a cada especie objetivo del estudio, evitando la captura incidental de otras especies. El periodo de captura de la red no debe superar las 12 horas continuas. Durante este periodo, se deberá revisar regularmente la red a objeto de evitar la sobre captura, la captura de especies no objetivo, la mortalidad de los organismos atrapados.

6.- Para efectos de la pesca de investigación que se autoriza por la presente resolución, la peticionaria se exceptúa del cumplimiento de las normas de administración establecidas mediante Decreto Exento Nº 878 de 2011, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

7.- Para efectos de dar cumplimiento a las medidas establecidas en el programa de vigilancia, detección y control establecido por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura para la plaga *Didymosphenia geminata* (Didymo), el peticionario deberá:

a) Desinfectar los equipos, artes, implementos, aparejos de pesca y demás fómites que entren en contacto directo con el agua; en el lugar en donde se efectúen las actividades en terreno, tanto al comienzo y término de cada muestreo y en cada estación, debiendo utilizar los protocolos descritos en la Resolución Exenta 332 de 2011 del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y el Manual para el Monitoreo e Identificación de la microalga bentónica *Didymosphenia geminata* de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

b) Dar aviso a más tardar dentro de las primeras 24 horas, una vez terminadas las campañas de muestreo, a la Dirección Regional del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura correspondiente, en caso que durante la ejecución de las actividades en terreno se sospeche de la aparición de dicha plaga en el área de estudio. De la misma forma, en caso de encontrar células de la plaga en los análisis posteriores, se deberá dar aviso al Servicio dentro del mismo tiempo indicado en el párrafo precedente.

8.- La peticionaria deberá informar a la oficina del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura correspondiente, con a lo menos dos días hábiles de anticipación, las fechas y lugares exactos en que se realizarán las jornadas de muestreo, para su control y fiscalización.

9.- En los estudios asociados a programas de monitoreo medioambiental o planes de vigilancia ambientales, las metodologías utilizadas deberán ser aquellas señaladas en las respectivas Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA).

10.- La solicitante deberá elaborar un informe resumido de las actividades realizadas, que contenga a lo menos información de la obtención de muestras, de los materiales y métodos ocupados. Asimismo, se deberá entregar una base de datos, en formato EXCEL, conteniendo: localización de la red o estaciones de muestreo, número de muestras, número de ejemplares capturados por especie cuando proceda o una cuantificación de la captura y características de los individuos muestreados en el contexto de la autorización.

Además, se deberá disponer los resultados en un archivo electrónico en formato *shape* el cual deberá estar en coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos) referida al *Dátum WGS-84* considerando como atributo la categoría antes mencionada.

Lo anterior deberá ser entregado dentro del plazo de 30 días corridos, contados desde la fecha de término del período de pesca autorizado, y deberá entregarse impreso por medio de una carta conductora a la cual se le deberá adjuntar un dispositivo de respaldo digital que contenga una copia del informe más la base de datos solicitada.

El incumplimiento de la obligación antes señalada se considerará como causal suficiente para denegar cualquier nueva solicitud de pesca de investigación.

11.- Designase al Jefe de la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, como funcionario encargado de velar por el oportuno y debido cumplimiento de la obligación establecida en el numeral anterior.

12.- Esta autorización es intransferible y no podrá ser objeto o instrumento de negociación o situación de privilegio alguno.

13.- La peticionaria designa como persona responsable de la presente pesca de investigación a don Manuel Contreras Leiva, cédula de identidad N° 8.990.546-K, del mismo domicilio.

Asimismo, el Jefe de Proyecto y personal técnico participante del estudio corresponde a las personas que se indica, en las calidades que en cada caso se señalan:

Nombre	RUT	Profesión	Función
Manuel Contreras Leiva	8.990.546-K	Dr. en Ciencias mención Biología	Jefe Proyecto
Leopoldo Fuentes Benítez	9.785.227-8	Mg. en Cs. Biológicas	Ecología de peces
Marcelo Saavedra Pérez	10.337.388-3	Biólogo	Ecología acuática
Orlando Jara Pérez	15.633.968-7	Mg. en Biología Marina	Ecología acuática

Aldo Barba Asenjo	16.336.535-9	Biólogo Marino	Ecología acuática
Esteban Martínez Fredes	15.669.823-7	Ingeniero Ambiental	Ecología de peces
Elizabeth Chihuailaf Vega	17.604.598-1	Licenciada en Cs.	Ecología acuática
Natalia Muñoz Herrera	16.375.146-1	Bióloga Marina	Ecología acuática
Daniela Baeza Castro	17.700.240-2	Bióloga Marina	Ecología acuática
Luis Vega Arancibia	8.189.976-2	Biólogo Marino	Métodos muestreo Limnológicos
Manuel Segovia Chamorro	17.388.649-7	Biólogo Marino	Métodos muestreo Limnológicos
Joksan Araya Toro	16.987.649-5	Licenciada en Cs. de la Acuicultura	Métodos muestreo Limnológicos
Patricio Bahamondes Núñez	15.922.465-1	Biólogo Marino	Métodos muestreo Limnológicos
Pamela Guzmán Poblete	16.203.814-1	Ingeniera Ambiental	Métodos muestreo Limnológicos

14.- La peticionaria deberá dar cumplimiento a las obligaciones que se establecen en la presente resolución, y a las establecidas en la Ley General de Pesca y Acuicultura y en el D.S. Nº 461 de 1995, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. El incumplimiento hará incurrir a la titular en el término inmediato de la pesca de investigación sin que sea necesario formalizarlo, y sin perjuicio de las sanciones que correspondan de acuerdo a lo dispuesto en la Ley General de Pesca y Acuicultura, ya citada.

15.- La presente resolución es sin perjuicio de las que correspondan conferir a otras autoridades, de acuerdo a las disposiciones legales y reglamentarias vigentes o que se establezcan.

16.- El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura deberá adoptar las medidas y efectuar los controles que sean necesarios para lograr un efectivo cumplimiento de las disposiciones de la presente resolución.

17.- La presente resolución podrá ser impugnada por la interposición del recurso de reposición contemplado en el artículo 59 de la Ley Nº 19.880, ante esta misma Subsecretaría y dentro del plazo de 5 días hábiles contados desde la respectiva notificación, sin perjuicio de la aclaración del acto dispuesta en el artículo 62 del citado cuerpo legal y de las demás acciones y recursos que procedan de conformidad con la normativa vigente.

18.- La presente resolución deberá ser publicada en extracto en el Diario Oficial, por cuenta de la interesada.

19.- Transcríbase copia de esta resolución a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y a la División Jurídica de esta Subsecretaría.

ANÓTESE, NOTIFÍQUESE POR CARTA CERTIFICADA, PUBLÍQUESE A TEXTO ÍNTEGRO EN LOS SITIOS DE DOMINIO ELECTRÓNICO DE LA SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA Y DEL SERVICIO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA, Y ARCHÍVESE

EDUARDO RIQUELME PORTILLA
Subsecretario de Pesca y Acuicultura

RZP/CGS/NVC/css

Lo que transcribo para su conocimiento.

Saluda atentamente a Ud.

JEFE DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO

ROBINSON QUIERO ZARATE
Jefe Departamento Administrativo

Folio006257

8.5 Anexo equipo de trabajo

El equipo profesional es mostrado en la Tabla 8.8, mientras que en la Figura 8.10, se presenta la estructura organizacional del equipo de trabajo.

Tabla 8.8. Equipo profesional asociado al estudio.

Nombre del Profesional	Título y grado académico	Función en el proyecto	Organización
Alejandro Aguado	Ingeniero Civil Hidráulico	Jefe de proyecto	CEA
Manuel Contreras L.	Biólogo, M.Sc. Ph.D.	Director del Proyecto y Encargado de Biología y Ecología	CEA
Cristian Godoy Barbieri	Ingeniero Civil Hidráulico. Ph.D ©	Asesor en determinación de Caudal Ambiental	CEA
José María Peralta	Ing. Agrónomo, M.Sc, Ph.D.	Coordinador proyecto	CEA
Italo Serey	Profesor de Biología y cs. Naturales, Doctor en Biología	Profesional área Ecología y Biología. Determinación de Indicadores Ecológicos	CEA
Eduardo Rubio	Ingeniero Civil Hidráulico. Magister en Ciencias de la Ingeniería	Profesional Hidrología	ERIDANUS (CEA)
Salvador López	Ingeniero Civil Hidráulico	Profesional especialista en determinación de Caudal Ambiental	CEA
Diego Arce	Ingeniero Civil Hidráulico	Profesional encargado de modelación de escenarios de cambio climático	CEA
Gonzalo Parada	Ingeniero Civil Hidráulico	Profesional especialista en determinación de Caudal Ambiental	CEA
Werther Kern	Ingeniero Agrónomo U. de Chile; Ingeniero Civil Industrial UTFSM, MBA, Dr Ciencias de la Administración.	Encargado área de economía ambiental	U. de Chile (CEA)
Jorge Wicha A.	Ingeniero Agrónomo, Master en Administración y Dirección de Empresas	Especialista economía y análisis socio-económico	U.Mayor (CEA)
Paul Granado	Biólogo	Profesional encargado área SIG y análisis geográfico	CEA
Yovana Leal Aguayo	Ingeniero Civil Industrial Mención Informática	Encargada de Cartera de Proyectos	INIA (CEA)
Luis Vega	Biólogo Ambiental	Muestreador Limnológico	CEA
Lucía Varas	Ingeniero Ambiental	Profesional encargado de química de aguas y sedimentos	CEA
Anaysa Elgueta	Bióloga	Profesional encargado de químicay biota de aguas y sedimentos	
Andrés Charrier	Antropólogo	Herpetólogo. Profesional Especialista en Fauna	CEA (Externo)
Valentina Carmona	Ingeniero Forestal	Profesional Especialista en Vegetación	CEA (Externo)
Ghía Durán	Bióloga	Coordinador local de proyecto	CEA

Folio006258

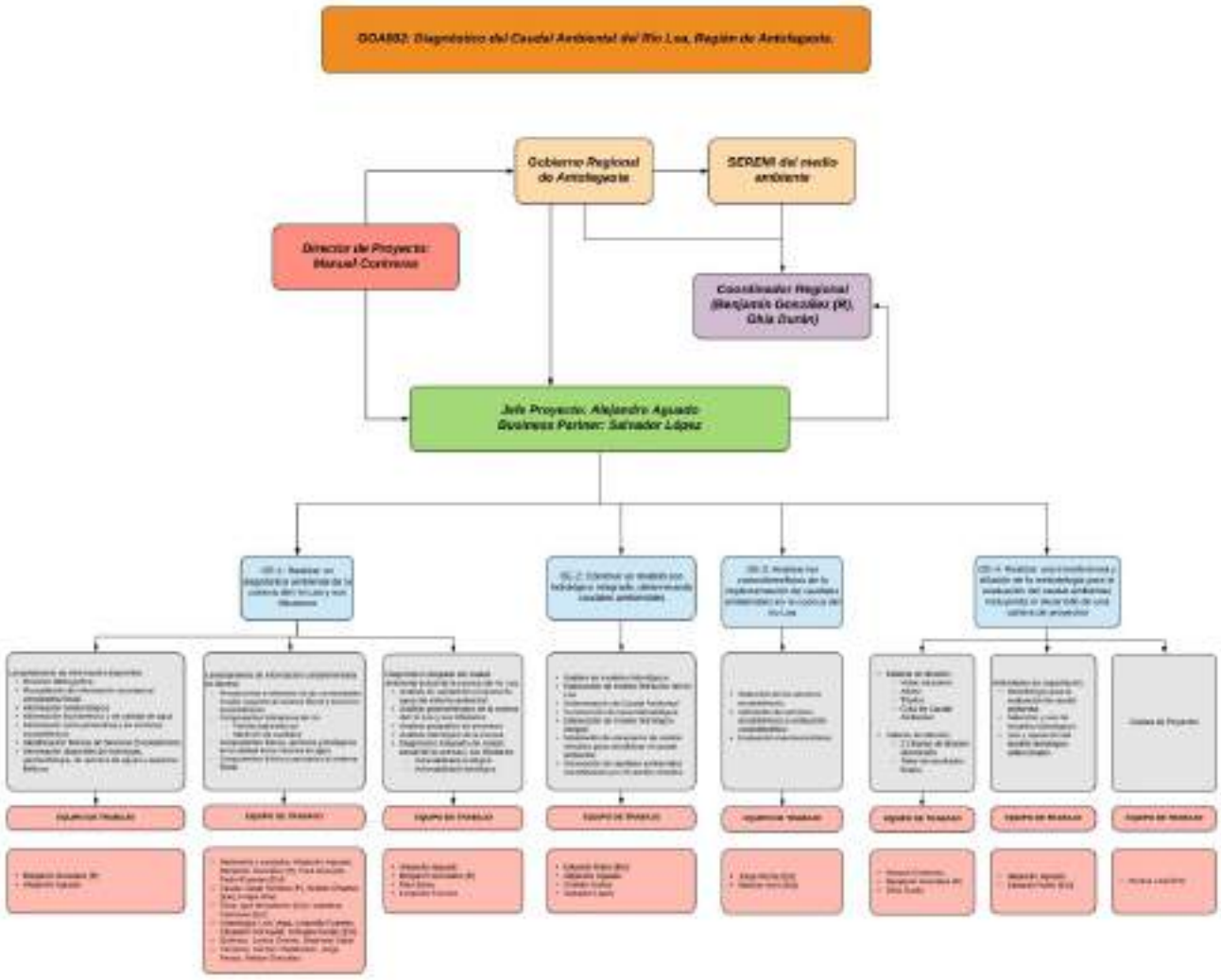


Figura 8.10. Estructura organizacional del equipo de trabajo

8.6 Correo aprobación de puntos de monitoreo

Alejandro Aguado <aaguado@cea.cl>

Fwd: RE: GOA002: Reubicación puntos de muestreo río Loa
1 mensaje

Jose María Peralta <jperalta@cea.cl> 8 de junio de 2018 a las 16:42
Para: aaguado@cea.cl

---------- Mensaje reenviado ----------
De: Roberto Andres Villablanca Montano <RVillablanca.2@mma.gob.cl>
Fecha: 8 jun. 2018 16:39
Asunto: RE: GOA002: Reubicación puntos de muestreo río Loa
Para: Jose Peralta <jperalta@cea.cl>
Cc: 'Benjamin González' <benjamingonzalezsubiabre@gmail.com>,Mirna Karin Aguilar Lara <MAguilar.2@mma.gob.cl>

Estimado:

Respecto de los puntos de monitoreo, solo tengo dudas con el que está ubicado en el San Pedro, ya que en esa zona generalmente no hay agua.

Los demás me parecen bien.

Saludos

ROBERTO VILLABLANCA M.
Encargado Sección de Recursos Naturales,
Residuos y Evaluación de Riesgos
SEREMI del Medio Ambiente
Región de Antofagasta
Ministerio del Medio Ambiente

www.mma.gob.cl (56-55) 268200

De: Jose Peralta [mailto:jperalta@cea.cl]
Enviado el: jueves, 07 de junio de 2018 17:01
Para: Roberto Andres Villablanca Montano; Mirna Karin Aguilar Lara
CC: 'Benjamin González'
Asunto: GOA002: Reubicación puntos de muestreo río Loa

Roberto:

Te adjunto kmz con la reubicación de los puntos de monitoreo, para poder abordar los tributarios, para tu opinión.

Quedo atento

José María Peralta Alba

Gerente Ingeniería

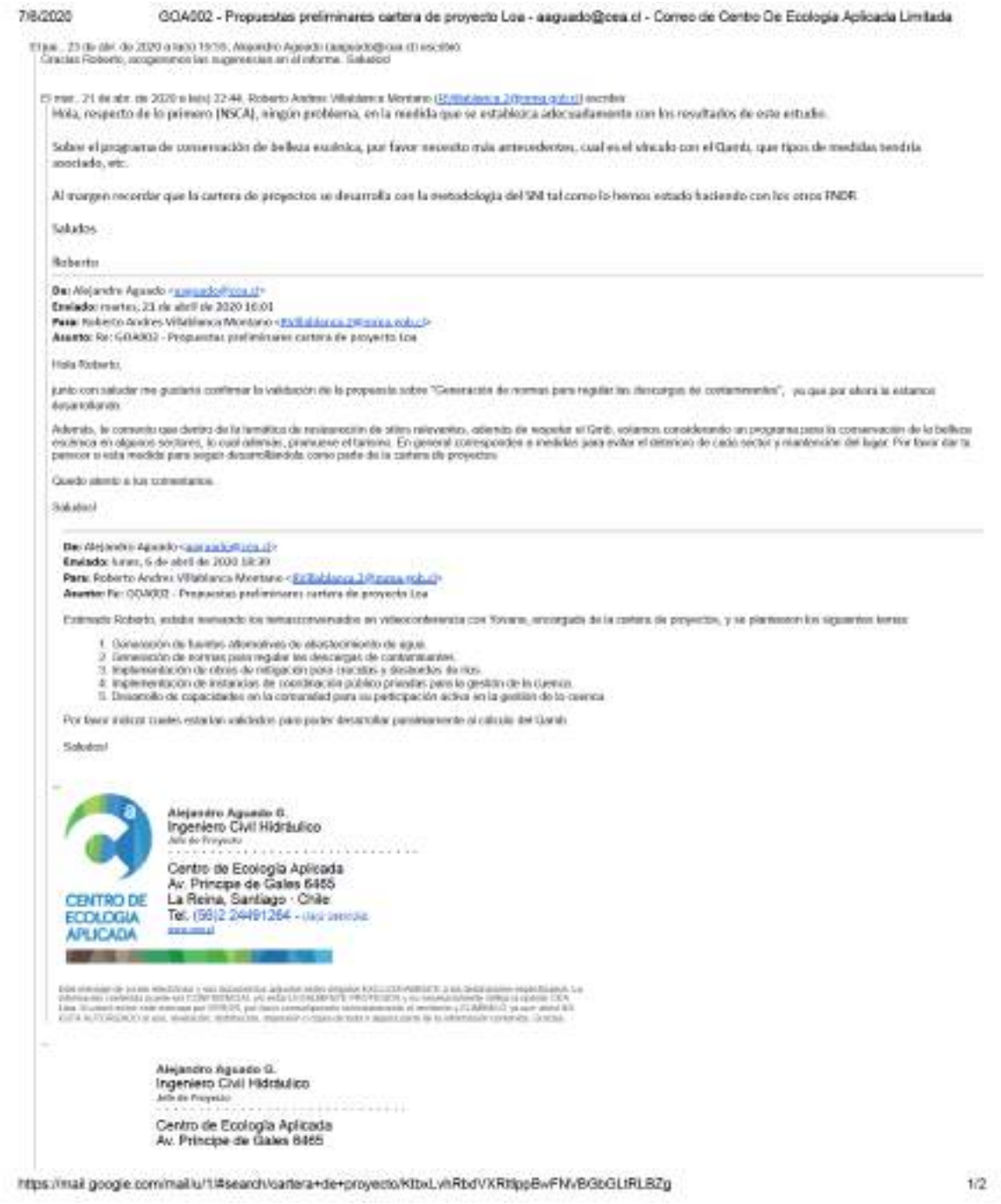
Ingeniero Agrónomo, M.S., Ph.D.

CENTRO DE ECOLOGIA APLICADA

Centro de Ecología Aplicada
Av. Príncipe de Gales 6455
La Reina, Santiago - Chile
Tel. (+56)2 24491250
www.cea.cl

Este mensaje de correo electrónico y sus documentos adjuntos están dirigidos EXCLUSIVAMENTE a los destinatarios especificados. La información contenida puede ser CONFIDENCIAL y/o estar LEGALMENTE PROTEGIDA y no necesariamente refleja la opinión CEA Ltda. Si usted recibe este mensaje por ERROR, por favor comuníquenoslo inmediatamente al remitente y ELIMÍNELO ya que usted NO ESTA AUTORIZADO al uso, revelación, distribución, impresión o copia de todo o alguna parte de la información contenida. Gracias.

8.7 Correo aprobación de propuestas cartera de proyectos



7/8/2020 GOA002 - Propuestas preliminares cartera de proyecto Loa - aaguado@cea.cl - Correo de Centro De Ecología Aplicada Limitada

El jue., 23 de abr. de 2020 a la(s) 19:16, Alejandro Aguado (aaguado@cea.cl) escribió:
Gracias Roberto, acogeremos las sugerencias en el informe. Saludos!

El mar., 21 de abr. de 2020 a la(s) 22:44, Roberto Andres Villablanca Montano (RVillablanca.2@mma.gob.cl) escribió:
Hola, respecto de lo primero (NSCA), ningún problema, en la medida que se establezca adecuadamente con los resultados de este estudio.

Sobre el programa de conservación de belleza escénica, por favor necesito más antecedentes, cual es el vínculo con el Qamb, que tipos de medidas tendría asociado, etc.

Al margen recordar que la cartera de proyectos se desarrolla con la metodología del SNI tal como lo hemos estado haciendo con los otros INDR.

Saludos

Roberto

De: Alejandro Aguado <aaguado@cea.cl>
Enviado: martes, 21 de abril de 2020 16:01
Para: Roberto Andres Villablanca Montano <RVillablanca.2@mma.gob.cl>
Asunto: Re: GOA002 - Propuestas preliminares cartera de proyecto Loa

Hola Roberto,

junto con saludar me gustaría confirmar la validación de la propuesta sobre "Generación de normas para regular las descargas de contaminantes", ya que por ahora la estamos desarrollando.

Adicional, le comento que dentro de la temática de revisión de sitios relevantes, además de respetar el Qamb, estamos considerando un programa para la conservación de la belleza escénica en algunos sectores, lo cual debiendo, promueve el turismo. En general corresponden a medidas para evitar el deterioro de cada sector y mantención del lugar. Por favor dar la parecer a esta medida para según desarrollándola como parte de la cartera de proyectos.

Quedo atento a sus comentarios.

Saludos!

De: Alejandro Aguado <aaguado@cea.cl>
Enviado: lunes, 6 de abril de 2020 18:39
Para: Roberto Andres Villablanca Montano <RVillablanca.2@mma.gob.cl>
Asunto: Re: GOA002 - Propuestas preliminares cartera de proyecto Loa

Estimado Roberto, estuvo reunido los temas conversados en videoconferencia con Yovana, encargada de la cartera de proyectos, y se plantearon los siguientes temas:

1. Generación de fuentes alternativas de abastecimiento de agua.
2. Generación de normas para regular las descargas de contaminantes.
3. Implementación de obras de mitigación para riesgos y desbordes de ríos.
4. Implementación de instancias de coordinación público privadas para la gestión de la cuenca.
5. Desarrollo de capacidades en la comunidad para su participación activa en la gestión de la cuenca.

Por favor indicar cuales estarían validados para poder desarrollar paralelamente el cálculo del Qamb.

Saludos!

Alejandro Aguado G.
Ingeniero Civil Hidráulico
Jefe de Proyecto
Centro de Ecología Aplicada
Av. Príncipe de Gales 6465
La Reina, Santiago - Chile
Tel. (56)2 24491264 - (tipo celular)
www.cea.cl

CENTRO DE ECOLOGIA APLICADA

Alejandro Aguado G.
Ingeniero Civil Hidráulico
Jefe de Proyecto
Centro de Ecología Aplicada
Av. Príncipe de Gales 6465

https://mail.google.com/mail/u/1/#search/cartera+de+proyecto/KtbxLvhRbdVXRtlppBwFNvBGbGLtRLBZg 1/2

La Reina, Santiago - Chile
Tel. (562 24491264 -
CENTRO DE
ECOLOGIA
APLICADA

Alejandro Aguado G.
Ingeniero Civil Hidráulico
Centro de Ecología Aplicada
Av. Príncipe de Gales 6465
La Reina, Santiago - Chile
Tel. (562 24491264 -
CENTRO DE
ECOLOGIA
APLICADA

ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD REGIÓN DE ANTOFAGASTA

FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL FNDR
CÓDIGO BIP 30065576- 0

INFORME FINAL
VALLE DE QUILLAGUA

Centro de Estudios Agrarios y Ambientales

Julio 2008

Institución responsable

Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, CEA
García Reyes 423, 2º piso, Valdivia
Fono/fax 63-215846
Casilla 164, Valdivia.
Correo electrónico: cea@ceachile.cl
Página web: www.ceachile.cl
Representante legal: Patricia Möller Doepking

Folio006265

Equipo de trabajo

Andres Muñoz Pedreros
Médico Veterinario
Magíster en Ecología
Doctor en Ciencias Ambientales

Claudia Gil Cordero
Médico Veterinario.
Magíster en Ecología

Patricia Möller Doepking
Bióloga Marina
Doctora en Ciencias Marinas y Limnológicas (c)

Patricio Contreras Bravo
Biólogo en Gestión de Recursos Naturales

Carolina Gónzalez Olave
Bióloga en Gestión de Recursos Naturales

Luis Faundez Yancas
Ingeniero Agrónomo
Magíster Planificación y Gestión Ambiental (c)

Enrique Hauenstein Barra
Biólogo
Magíster en Botánica

Patricio Rutherford Yobánolo
Ingeniero Forestal
Magíster en Recursos Hídricos

Cristián Jaramillo Delgado
Profesor de Estado

Jorge Pantoja Pinilla
Técnico Agrícola
Profesor de Estado

Marcia Egert Laporte
Antropóloga

Moira Barrientos Aros
Licenciada en Antropología

Viviana Solivelles Ulloa
Geógrafo

Kraus Contreras Cortés
Licenciado en Ciencias Ecológicas
Ecólogo Marino mención Impacto Ambiental

Consultores
José Yáñez Valenzuela
Licenciado en Biología.
Eq. Magíster en Ciencias

Herman Núñez Cepeda
Licenciado en Biología.
Eq. Magíster en Ciencias

Jaime Rau Acuña
Biólogo
Magíster en Ecología
Doctor en Biología

Asistentes de terreno y gabinete
Jorge Vega Codd
Biólogo en Gestión de Recursos Naturales (e)

Rocío Sanhueza Caba
Bióloga en Gestión de Recursos Naturales
Magíster en Producción Manejo y
Conservación de Recursos Naturales (e)

Pamela Sánchez Pérez
Profesora de Ciencias Naturales
Magíster en Ecología

Javier Vásquez
Ingeniero Forestal

Secretaria
Paola Ávila Montecinos

ÍNDICE

CAPÍTULO I TÉRMINOS DEL ESTUDIO 9
1. Justificación del estudio 9
2. Objetivos 11
2.1. Objetivos generales 11
2.2. Objetivos específicos 11
2.3. Resultados esperados 11
3. Flujo metodológico 12
4. Estructura del Informe 13
CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 16
1. Ubicación y Acceso 16
1.1. Ubicación 16
1.2. Descripción del acceso 16
2. Clima 20
3. Hidrología 20
3.1. El sistema hidrográfico río Loa 20
4. Geología y geomorfología 20
4.1. La Formación Quillagua 21
4.2. Pendiente, elevación y exposición 22
CAPÍTULO III BIODIVERSIDAD 25
FLORA Y VEGETACIÓN 25
1. Antecedentes bibliográficos 25
2. Metodología 25
2.1. Flora 26
2.2. Fitosociología 26
3. Resultados y Discusión 29
3.1. Flora 29
3.2. Fitosociología 32
4. Conclusiones 36
FAUNA 37
1. Metodología 37
1.1 Estaciones de Muestreo 37
1.2 Micromamíferos 39
2. Análisis de la información de la fauna de vertebrados 41
2.1 Inventarios 41
2.1 Datos censales y análisis estadísticos 41
2.3 Similitud faunística entre hábitats 41
3. Resultados 42
3.1. Estructura comunitaria de la fauna silvestre 42
3.2. Micromamiferos 42
3.3 Aves 44
3.4. Herpetofauna 47
3.5. Síntesis de la fauna registrada por estación de muestreo 47

Folio006267

4. Conclusiones 49
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD 52
1. Biodiversidad, conceptos y mediciones 52
1.1. Concepto de biodiversidad 52
1.2. Medición de la biodiversidad 52
1.3. Selección de métodos 54
1.4. Procedimiento de análisis de la biodiversidad 55
2. Análisis de la diversidad vegetacional 56
2.1. Diversidad y endemismo vegetacional de la región de Antofagasta 56
2.2. Diversidad vegetacional del Valle de Quillagua 56
2.3. Diversidad vegetacional del Oasis de Calama 58
2.4. Diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama 60
2.5. Diversidad vegetacional en Laguna Lejía 60
2.6. Diversidad vegetacional en Alrededores del Volcán Licancabur 63
2.7. Diversidad vegetacional en los Geisers del Tatio 66
2.8. Diversidad vegetacional en las cinco áreas de estudio 69
3. Análisis de la diversidad faunística 74
3.1. Diversidad de anfibios 74
3.2. Diversidad de reptiles 78
3.3. Diversidad de aves 85
3.4. Diversidad de mamíferos 100
3.5. Diversidad de vertebrados 117
CAPÍTULO V CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD 122
1. Procedimientos 122
2. Identificación de los ambientes a evaluar 122
3. Endemismos 129
3.1. Endemismos en las áreas por ambiente 131
3.2. Endemismos por áreas de estudio 136
4. Estados de Conservación 137
4.1. Legislación vigente 137
4.2. Estado de conservación por áreas de estudio 140
4.3. Estado de conservación en cinco áreas de estudio 150
4.4. Conclusiones 154
5. Objetos de conservación 157
5.1. Definición de los objetos naturales de conservación 157
5.2. Estimación del valor de importancia 159
5.3. Objetos de conservación 161
5.4. Objetos de conservación en las cinco áreas 173
5.5. Consideraciones finales 174
CAPÍTULO VI ESTUDIO DE PAISAJE 177
1. Introducción 177
2. Metodología 177
2.1. Registro de imágenes 177
2.2. Definición y asignación de unidades homogéneas de paisaje 177
2.3. Análisis de la calidad visual del paisaje 177

2.4. Análisis de la fragilidad visual del paisaje 179
2.5. Capacidad de uso según características de calidad y fragilidad del paisaje. 179
3. Resultados 180
3.1 Definición de unidades homogéneas de paisaje 180
3.2 Unidades homogéneas de paisaje 180
3.3 Calidad visual del paisaje 182
3.4 Fragilidad visual del paisaje 185
3.5 Capacidad de uso del paisaje 186
4. Conclusiones 188
CAPÍTULO VII USOS Y PROTECCIÓN 190
USOS Y AMENAZAS EN valle de quillagua 190
1. Introducción 190
2. Amenazas sobre el Valle de Quillagua 191
2.1. Marco teórico y conceptual 191
2.2. Un ecosistema perturbado 191
2.3. Perturbaciones asimiladas como impactos ambientales 192
2.4. Sitio funcional y objetos de conservación 192
3. Amenzas al objeto de conservación 193
4. Metodología 193
4.1. Descripción de las técnicas utilizadas 193
4.2. Mapas conceptuales 196
4.3. Caracterización y valoración de los impactos ambientales 196
4.4. Objetos naturales de conservación 198
4.5. Medidas de mitigación 198
4.6. Determinación de parámetros significativos y plan de monitoreo 199
5. Resultados 199
5.1. Actores entrevistados 199
5.2. Usos 201
5.3. Amenazas registradas 201
5.4. Clasificación de Factores tensionantes Perturbaciones e Impactos 208
5.5. Mapa conceptual 209
5.6. Valoración de las perturbaciones ambientales 211
5.7. Ponderación de las amenazas 218
5.8. Objetos naturales de conservación y su grado de amenaza 220
5.9. Cartografía de síntesis de amenazas 221
6. Conclusiones 223
ANÁLISIS JURÍDICO E INSTITUCIONAL 224
1. Introducción 224
2. Metodología 225
2.1. Revisión bibliográfica 225
2.2. Análisis y selección 226
2.3. Cartografía 226
3. Resultados 226
3.1. Normas constitucionales 226
3.2. Normas legales 227

3.3. Normas reglamentarias 235
3.4. Análisis de la aplicabilidad de la legislación seleccionada 240
3.5. Expresión cartográfica 250
3.6. Competencias institucionales 278
4. Conclusiones 289
CAPÍTULO VIII ZONIFICACIÓN 291
1. Introducción 291
2. Área de estudio 291
3. Metodología 292
4. Resultados 295
CAPÍTULO IX PLANES DE MANEJO 305
1. Objetivos estratégicos 305
2. Programas de manejo 305
3. Programas de manejo específicos 306
3.1. Programa de protección de ecosistemas representativos 306
3.2. Programa de investigación 306
3.3. Programa de interpretación ambiental 307
3.4. Programa de monitoreo socio ambiental 308
4. Horizonte temporal y nivel de urgencia 309
CAPÍTULO X ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN 312
1. Introducción 312
2. Productos contenidos en la estrategia 312
2.1. Síntesis patrimonial del Valle de Quillagua. 312
2.2. Portal web 312
2.3. Álbum fotográfico digital 313
2.4. Video promocional 314
2.5. Cartillas educativas 314
3. Propuesta educativa 315
3.1. Introducción 315
3.2. Educación formal 316
CAPÍTULO XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 319
1. Conclusiones Sitio prioritario Valle de quillagua 319
2. Recomendaciones finales 321
LITERATURA CITADA Y CONSULTADA 332
ANEXOS 349

CAPÍTULO I
TÉRMINOS DEL ESTUDIO

CAPÍTULO I TÉRMINOS DEL ESTUDIO

1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La creciente preocupación mundial por la pérdida progresiva de los ambientes naturales y la fuerte presión antrópica de estos hábitats está provocando graves problemas ambientales a nivel global, los que se traducen en el deterioro y degradación de los diversos ecosistemas y de las especies que en ellos se desarrollan. Es por ello, que durante las últimas décadas se han firmado diversos convenios internacionales que buscan movilizar a los países para enfrentar esta difícil situación. En ese marco de acción, nuestro país, el año 1994, ratificó el Convenio sobre Diversidad Biológica, firmado en el año 1992, impulsando la elaboración de la Estrategia Nacional de Biodiversidad, con sus respectivas Estrategias Regionales, las que constituyen un instrumento orientador de todas las acciones tendientes a la protección y conservación del patrimonio natural del territorio nacional. Durante el año 2002, mediante un proceso participativo, que involucró a diversos actores regionales y expertos, se elaboró la Estrategia Regional de Biodiversidad (ERB), que se inició con la confección un diagnóstico de la situación de la biodiversidad de la región, permitiendo identificar 14 sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica en la región de Antofagasta (Fig. 1-1).

La región de Antofagasta posee ecosistemas únicos con una alta diversidad de especies de flora y de fauna con una distribución biogeográfica definida por dos franjas longitudinales, asociadas a los ecosistemas de ambientes marino-costeros y a la zona altoandina, además, de la cuenca del río Loa.

Desde la elaboración de la ERB, se han realizado diversos estudios que han permitido tener una visión general de la situación de la biodiversidad de los sitios asociados principalmente en los ambientes marino-costeros, pero existe un vacío de información hacia otros sitios asociados a la zona altoandina, que debe explorarse con el propósito de tener una base ambiental que permita conocer los requerimientos de manejo de estos ambientes de alta vulnerabilidad y con un alto valor ecológico y patrimonial. Asimismo, es importante contar con información de línea de base para los sitios que conforman la cuenca del río Loa, permitiendo con ello disponer de información sistematizada que sirva de aporte al Manejo Integrado de Cuencas, uno de los principales desafíos que se debe abordar en el mediano plazo.

En este estudio consideraremos los sitios prioritarios: Alrededores del Volcán Licancabur, Geisers del Tatio, Laguna Lejía, Valle de Quillagua y Oasis de Calama, los que fueron seleccionados en función de la importancia que reviste la zona altoandina como ecosistema regional, el cual alberga una gran diversidad de especies de fauna, especialmente avifauna y por constituir un hábitat particular donde se desarrollan formaciones vegetales que se encuentran poco representadas en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE); asimismo, por la importancia de los oasis que sustenta el río Loa en toda su extensión, formando parte de un dinámico corredor biológico de especies. Actualmente, las áreas protegidas de la región están representadas por dos unidades del SNASPE la Reserva Nacional Los Flamencos y el Parque Nacional Llullaillaco.

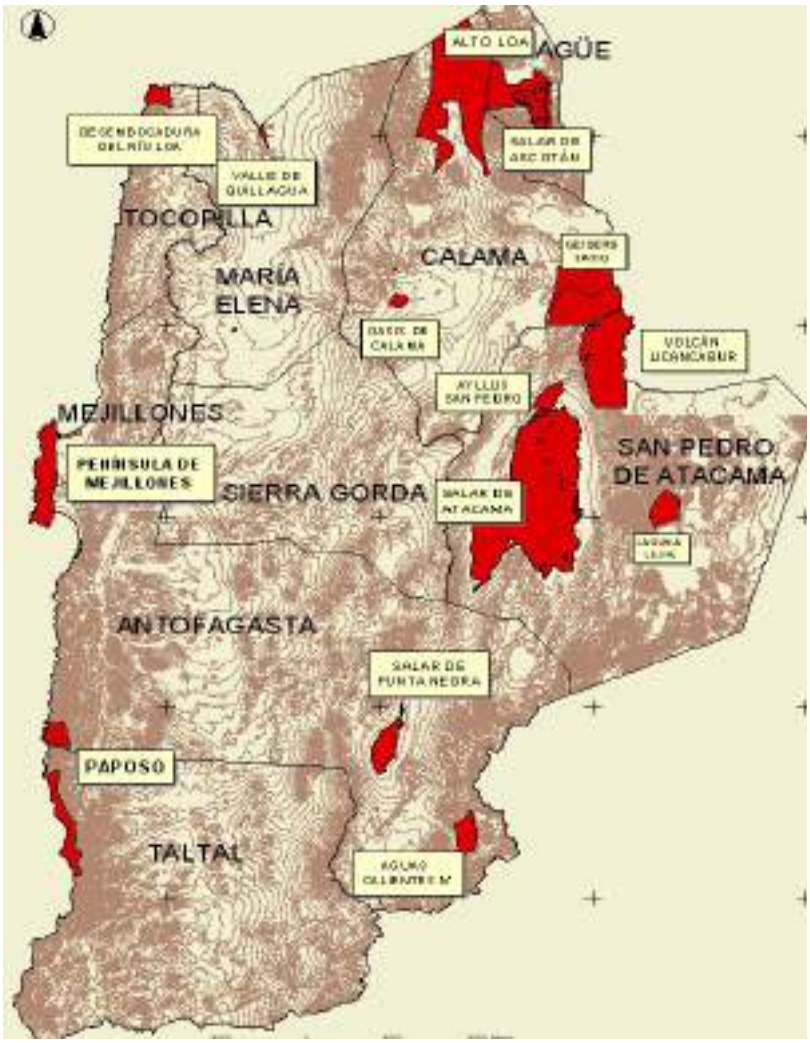


FIGURA 1-1. SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

Los resultados de este estudio contribuirán a la labor que desarrolla el Comité Operativo Regional de Biodiversidad, ya que constituirá una importante herramienta de trabajo, que por el tipo de información y los productos esperados, permitirán avanzar en la gestión de los sitios prioritarios para la conservación del patrimonio natural de la región. Asimismo, actores regionales como son Municipios, el Consejo Regional, entre otros, serán potenciales usuarios de la información, permitiendo con ello orientar las decisiones de inversión y ordenamiento territorial de la región. Por otra parte, es importante destacar que la comunidad escolar y universitaria también se verá beneficiada por el desarrollo de este estudio, toda vez que éste sirva de referente e insumo de información para las diversas actividades académicas que realizan los estudiantes, especialmente aquellos vinculados a las ciencias naturales.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos generales

Levantamiento de información sobre la diversidad biológica, en cinco sitios prioritarios de la Estrategia Regional de Biodiversidad de la Región de Antofagasta, identificando uno o más instrumentos legales de protección, para cada uno de los sitios, así como también elaborar una propuesta de manejo de cada sitio, según corresponda.

2.2. Objetivos específicos

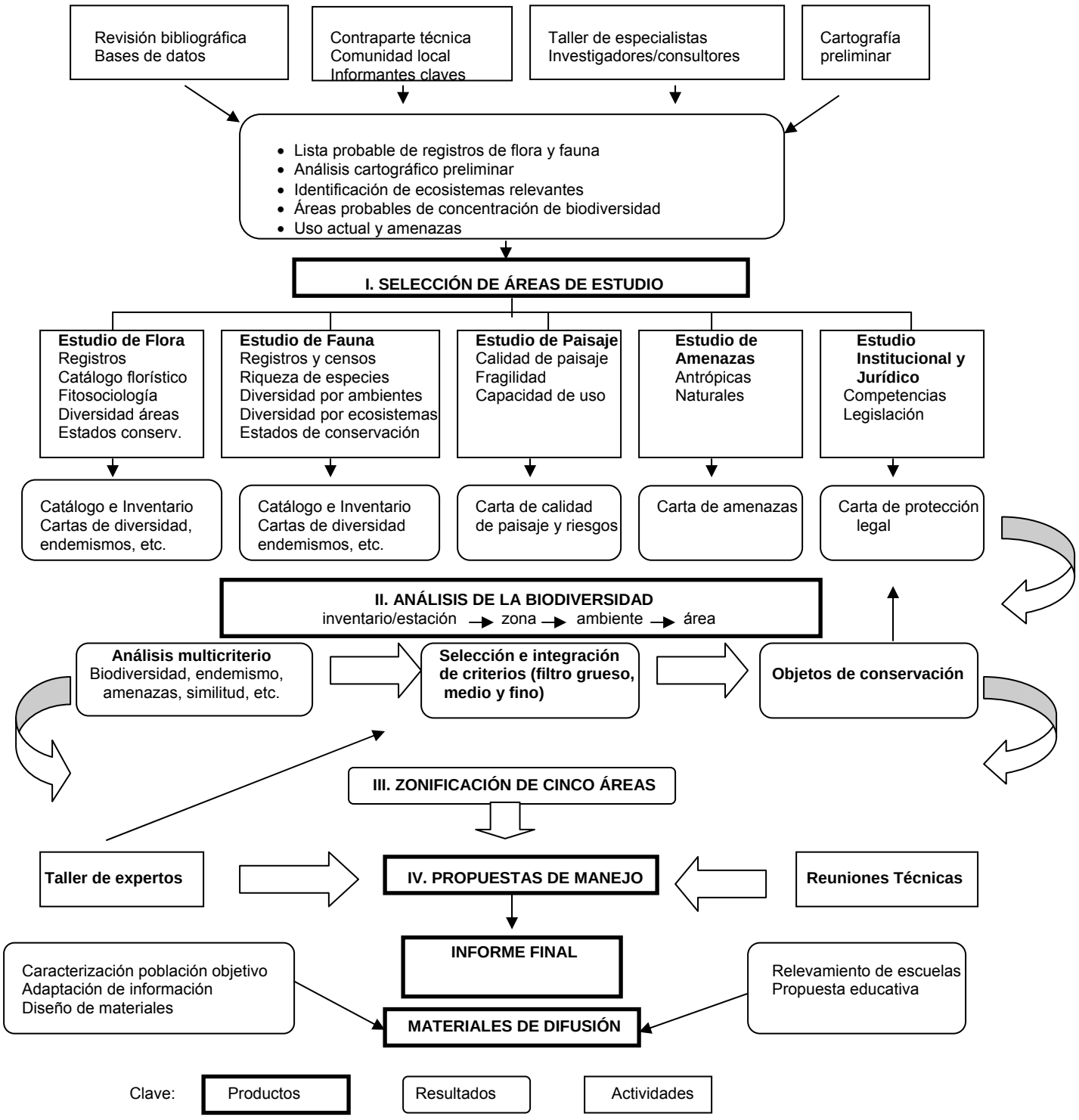
- Levantar, actualizar y recopilar información de flora, fauna y uso de los sitios Alrededores del Volcán Licancabur, Geisers del Tatio, Laguna Lejía, Valle de Quillagua y Oasis de Calama.
- Identificar y delimitar áreas prioritarias de conservación de los sitios de interés.
- Elaborar una propuesta de manejo para cada uno de los sitios de interés.
- Identificar instrumentos legales de protección para cada uno de los sitios de estudio.
- Elaborar un informe justificativo para la aplicación de propuestas de protección legal.
- Diseñar materiales de difusión de la información obtenida por el estudio.

2.3. Resultados esperados

- Un estudio de la diversidad de cada área de estudio
- Un análisis de la diversidad identificada
- Una identificación, localización y delimitación de las áreas para la conservación de la diversidad biológica de cada uno de los sitios de interés
- Una determinación de los objetos de conservación
- Un estudio del paisaje
- Un análisis de los usos y amenazas a la biodiversidad, incluyendo un análisis de medio institucional y jurídico, la identificación de instrumentos de protección legal para cada uno de los sitios evaluados
- Una propuesta de manejo para cada una de las áreas identificadas
- Coberturas de información de flora y fauna, áreas de interés para la conservación en formato SHAPE (Arc View 3.2) para ser incorporada al Sistema de Información Ambiental Regional SIAR
- Cartografía de análisis y de síntesis en formato de imagen y coberturas shape
- Material de difusión y educativo (propuesta educativa, cartillas, página web, base de imágenes digitales, diaporama en Power Point)

Folio006274

3. FLUJO METODOLÓGICO



4. ESTRUCTURA DEL INFORME

En el Capítulo I se presentan los términos y propósitos de este estudio, con su justificación y objetivos. Se reseñan los resultados a obtener y el procedimiento metodológico a seguir para el logro de los objetivos que se pretende abordar.

En el Capítulo II se entrega una caracterización general del área de estudio, para situar al lector en las particularidades del área y el contexto ambiental en que está inserta.

El Capítulo III describe el procedimiento metodológico seguido para abordar el estudio de biodiversidad planteado en los objetivos del estudio. Es importante señalar, que previo a las campañas de terreno se efectúa una exhaustiva revisión bibliográfica y de antecedentes disponibles ya sea de publicaciones científicas, libros, informes, etc. cuyo propósito es orientar la investigación de terreno que se realizará posteriormente. Toda esta base de conocimiento reunida se complementa con la información de las prospecciones y se integra para su análisis posterior. En este capítulo se entregan por separado los procedimientos seguidos y los resultados de los componentes de flora y fauna para el sitio prioritario Valle de Quillagua. Primero se presenta la metodología aplicada en terreno como los procedimientos de gabinete para su procesamiento, y luego los resultados de la campaña de terreno. Para la flora se entrega como resultado el inventario de cada lugar y las tablas fitosociológicas que indican el valor de importancia de cada especie presente y permiten diferenciar las comunidades vegetacionales presentes en el área de estudio a partir de los datos recogidos en terreno. Se entrega el catálogo de especies florísticas que incluye, además de los datos obtenidos de este estudio, todos los registros obtenidos de la literatura por investigaciones previas. Por lo tanto las diferencias en el número de especies entre ambos productos se deben a la inclusión de datos bibliográficos en el catálogo. Para el caso de la fauna se entregan los resultados de las campañas de terreno agrupados por taxones (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Con los datos de los censos realizados en micromamíferos y aves se determinan índices de biodiversidad como riqueza de especies y abundancias relativas. Se construye además el catálogo de la fauna presente en el área de estudio con los datos recogidos, que incluyen además los avistamientos durante las campañas y datos bibliográficos previos. La diferencia en el número de especies entre los censos y los registros se explica porque durante el estudio se registran individuos de varios taxones fuera del censo. En algunos casos se incluye información proporcionada por informantes claves, lo que se señala en la tabla correspondiente. Se concluye con una síntesis de la diversidad presente en cada una de las estaciones de muestreo del sitio Valle de Quillagua.

El Capítulo IV señala las formas de medir la biodiversidad, definiendo conceptos relevantes como diversidad alfa, beta y gamma, y se presenta un análisis comparativo de los resultados de la biodiversidad de los cinco sitios prioritarios para la conservación contemplados en este estudio: Valle de Quillagua, Oasis de Calama, Alrededores del Volcán Licancabur, Laguna Lejía y Geisers del Tatio, de manera de entregar una visión global del valor de la biodiversidad a nivel regional, a la vez que se determina el valor relativo de la biodiversidad en cada sitio en particular. A partir de los datos censales, en el caso de fauna, y del inventario, en el caso de la flora, se calcularon los índices de biodiversidad propuestos en la metodología, así como dendrogramas de similitudes para flora y fauna por separado, y para cada estación de muestreo en cada una de las áreas en estudio. Luego se realizó una comparación de las cinco áreas de estudio, utilizando esta vez todos los datos disponibles (registros previos bibliográficos producto de la exhaustiva revisión bibliográfica y registros de las campañas de terreno) tanto para flora como para fauna.

En el Capítulo V se realiza un proceso de síntesis que incluye el análisis de la riqueza de especies, endemismos presentes y estados de conservación de las especies presentes en las áreas de estudio. Para esto se reorganizó la información disponible, definiendo ahora ambientes y ecosistemas relevantes a evaluar, (algunos de éstos pueden encontrarse en más de un sitio prioritario). Este procedimiento y la definición de los objetos de conservación para cada sitio se validaron en un taller de especialistas. Según los distintos niveles de biodiversidad se trabajó con especies, filtro fino, asignándoles valor jerárquico a las especies de flora y fauna presentes en las cinco áreas de estudio según parámetros como estado de conservación, endemismo, y valor como especie emblemática. Los ambientes, filtro medio, se jerarquizaron de manera similar.

El Capítulo VI presenta los resultados del estudio de paisaje, en que se identifican las principales unidades de paisaje presentes en el sitio prioritario Valle de Quillagua y su calidad paisajística, determinada a través una valoración realizada por un panel de evaluadores, sobre las fotografías de cada unidad de paisaje. Además, para cada unidad se determina la fragilidad visual, que da cuenta de la capacidad del paisaje para absorber impactos visuales; y la capacidad de uso, que determina, los usos adecuados del paisaje de acuerdo a sus características.

El Capítulo VII, sobre usos y protección, se disgrega en dos componentes. En el primero se describen los principales usos ejercidos sobre los recursos naturales del sitio prioritario Valle de Quillagua, los que se contextualizan a la realidad del sitio como espacio rural y a los usos históricos y se analizan las presiones a las cuales está sometido, mediante un análisis de amenazas a la conservación de la biodiversidad en el contexto actual, focalizando sobre los distintos componentes del ecosistema como sobre las funciones. En el componente de protección se describen los instrumentos legales vigentes y que dan protección a los sistemas naturales presentes, o algunos de sus componentes, así como la institucionalidad que tiene ingerencia en el sitio prioritario Valle de Quillagua.

El Capítulo VIII describe el procedimiento utilizado para obtener las prioridades de conservación dentro de cada uno de los sitios de estudio. Este procedimiento, estandarizado por las metodologías de muestreo, valoración y zonificación, permite establecer comparaciones entre los sitios. La metodología propone un análisis de prioridad utilizando valores de protección, amenaza y valoración de los recursos, mediante el uso de capas geográficas sistematizadas a priori a partir de la información multidisciplinaria colectada en terreno.

En el Capítulo IX se desarrollan planes de manejo enfocados a la conservación de la biodiversidad del sitio y se disgregan en planes de acción donde se definen los lineamientos, directrices, actividades, normas y requerimientos de cada componente de manejo del área objetivo. Se definen los objetivos estratégicos que orientan estos planes de conservación, en base a la protección de los ecosistemas representativos, la investigación, la educación y difusión de los mismos, así como un seguimiento y monitoreo de los programas que se implementen.

En el Capítulo X se entregan las propuestas de difusión y educación ambiental basados en una estrategia de difusión orientada a distintos actores locales y que se sustenta en diversos productos educativos y de divulgación que contiene la síntesis de las investigaciones realizada en el sitio y los aspectos más relevantes encontrados. Se incluye una propuesta educativa para ser incorporada por los establecimientos educacionales que aborda los aspectos patrimoniales con pertinencia local, con sugerencias para su implementación posterior.

Finalmente en los Capítulos XI y XII, se entregan las principales conclusiones y recomendaciones del presente estudio y la literatura citada y consultada, respectivamente.

CAPÍTULO II
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. UBICACIÓN Y ACCESO

1.1. Ubicación

El valle de Quillagua se ubica en la región de Antofagasta, provincia de Tocopilla, comuna de María Elena. Es un oasis situado a orillas del río Loa, a 280 km al norte de Antofagasta, 96 km al norte de María Elena y cuatro kilómetros del límite regional con la región de Tarapacá. Sus coordenadas geográficas son 444632E y 7604700N. Con una superficie de 18,2 km^2, se emplaza en la depresión intermedia a una altura de 807 msm, entre el macizo de la precordillera de Calama y los valles depositacionales formados por el río Loa.

1.2. Descripción del acceso

Se accede a la localidad a través de la ruta 5 la cual conduce, desde el sur, a la ciudad de Antofagasta para luego continuar por la misma tomando un desvío hasta el valle de Quillagua. La actual carretera no pasa por el interior del poblado de Quillagua, sino que lo bordea, lo que le ha restado importancia como el único asentamiento humano de paso en medio del desierto (Fig 2-1). A su vez, el tren Longino, que recorría desde Santiago a Iquique, deja de funcionar en 1973, provocando la primera decaída de este pueblo, que abastecía de forraje a los animales de las oficinas salitreras, actividad que hoy en día no es posible realizar, debido a que las tierras no son cultivables producto de la contaminación del suelo y de las aguas.

Es así, como Quillagua pasa de ser un punto importante de conectividad a un poblado olvidado y de escasa relevancia. Sin embargo, el legado cultural y arqueológico de este lugar es de gran importancia, como sitio de intercambio, contacto y expresión étnica de los pueblos prehispánicos.

Al llegar a Quillagua, se observa al fin el río Loa, luego de desaparecer por muchos kilómetros oculto en el desierto y sumido en una profunda quebrada. En Quillagua, el río Loa forma un extenso valle, es decir, emerge de la quebrada, poniendo a disposición terrenos planos ó llanuras en torno al río (Fig. 2-2). Impresiona ver, luego de andar por el desierto, la cantidad de árboles que poseen las olvidadas tierras de cultivo, las calles, y rincones de este pueblo, incluso existe una plantación de algarrobos que le suma belleza a este paisaje.

Entre los atractivos de la zona del valle de Quillagua, destaca el parque de geoglifos la Encañada y Chug-Chug, y los petroglifos de Calartoco, ubicados a 13 km, de Quillagua; construidos entre los años 900 y 1.400 a.P. representaban rutas de navegación por el desierto y la manifestación de divinidades. Otro de los sitios atractivos es el tranque Sloman, ubicado a 16 de Quillagua, en el curso del río Loa. Este tranque, en los inicios del 1900 proveyó de energía eléctrica a numerosas oficinas salitreras de la zona, cesando sus actividades en el año 1960, convirtiéndose de esta forma, en reserva de agua para la agricultura. En 1980 es declarado monumento nacional. La localización cercana de un cráter de meteorito se considera también un atractivo especial del sector.

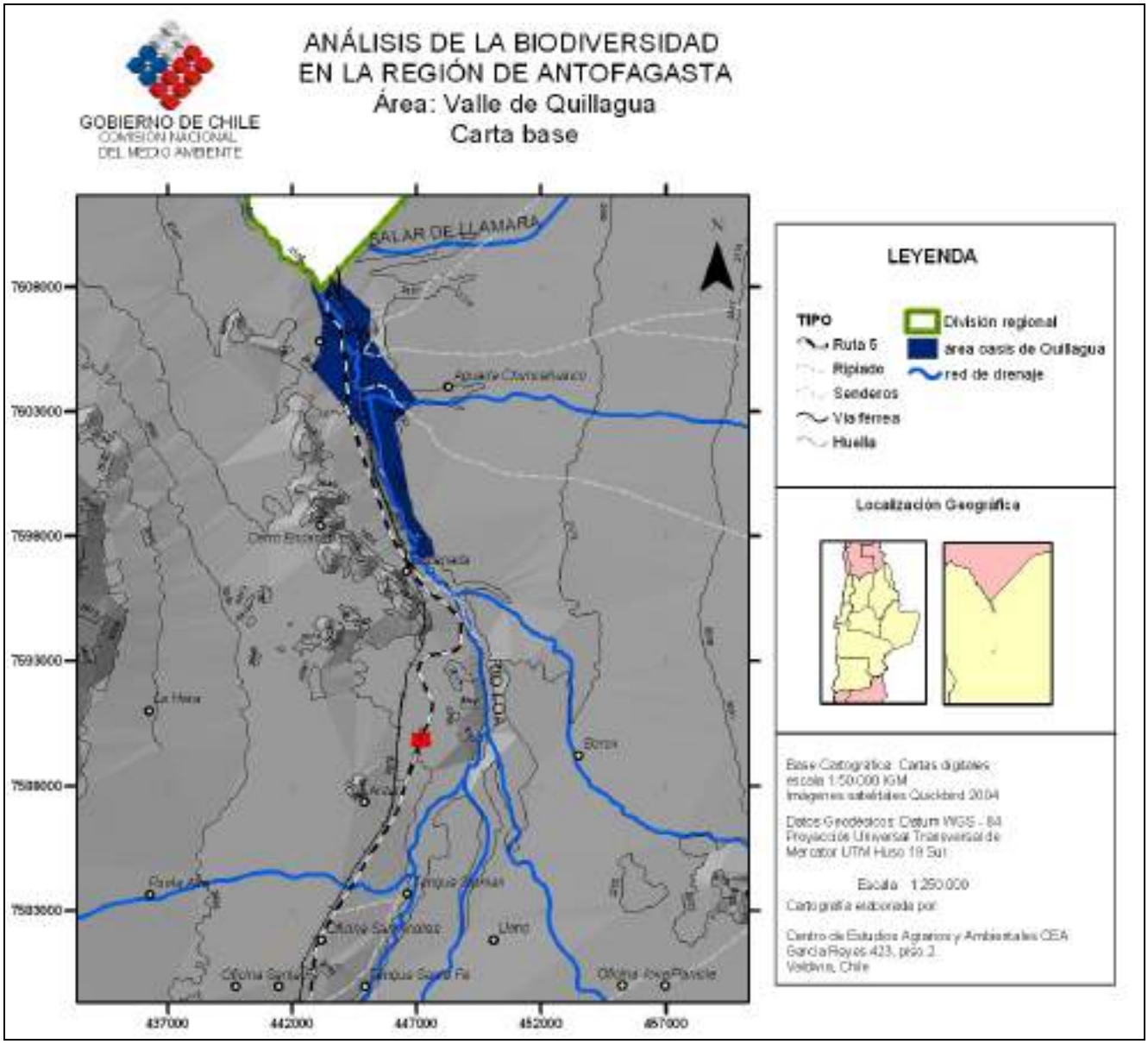


FIGURA 2-1. CARTA BASE ÁREA VALLE DE QUILLAGUA.

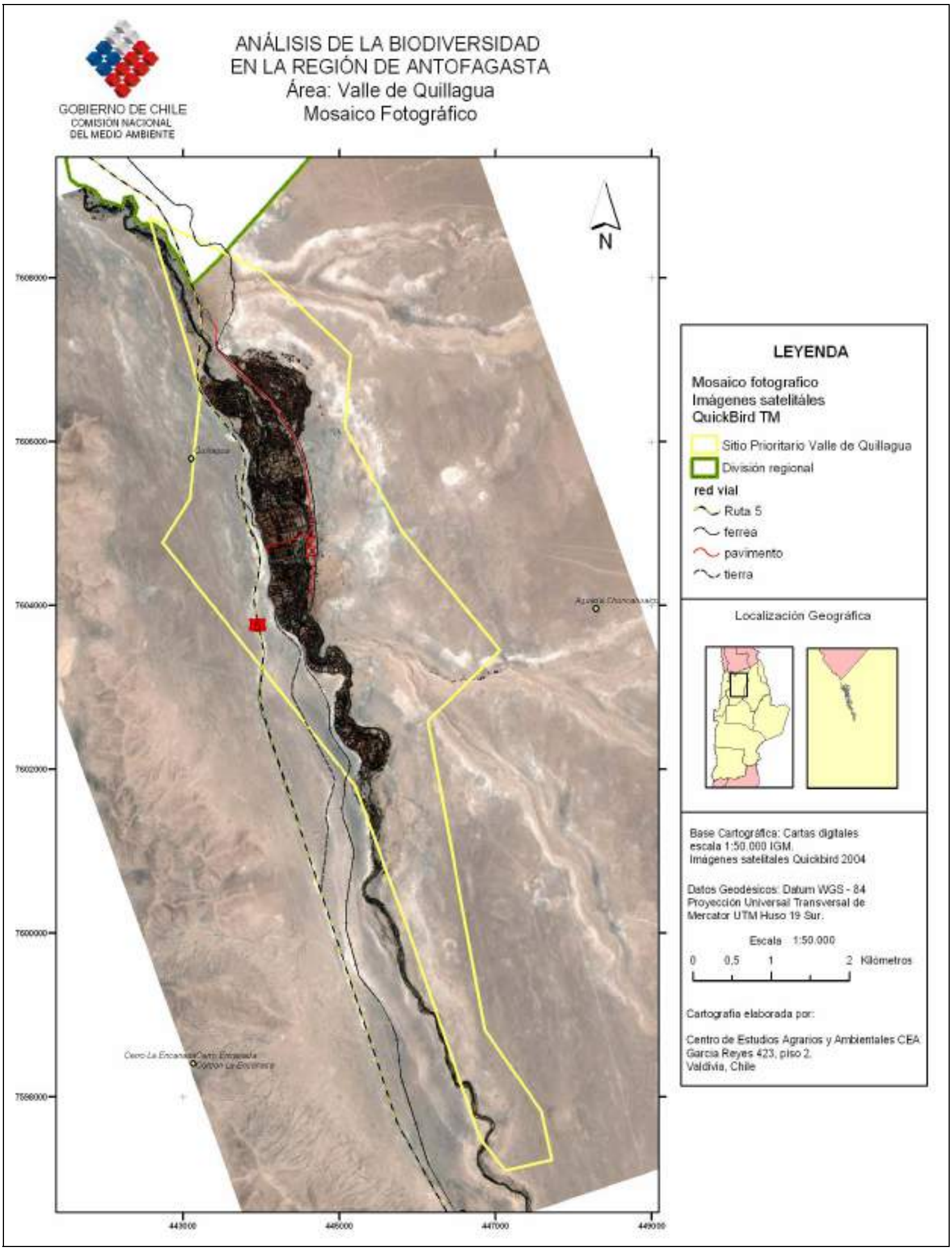


FIGURA 2-2. MOSAICO FOTOGRÁFICO SITIO PRIORITARIO VALLE DE QUILLAGUA.

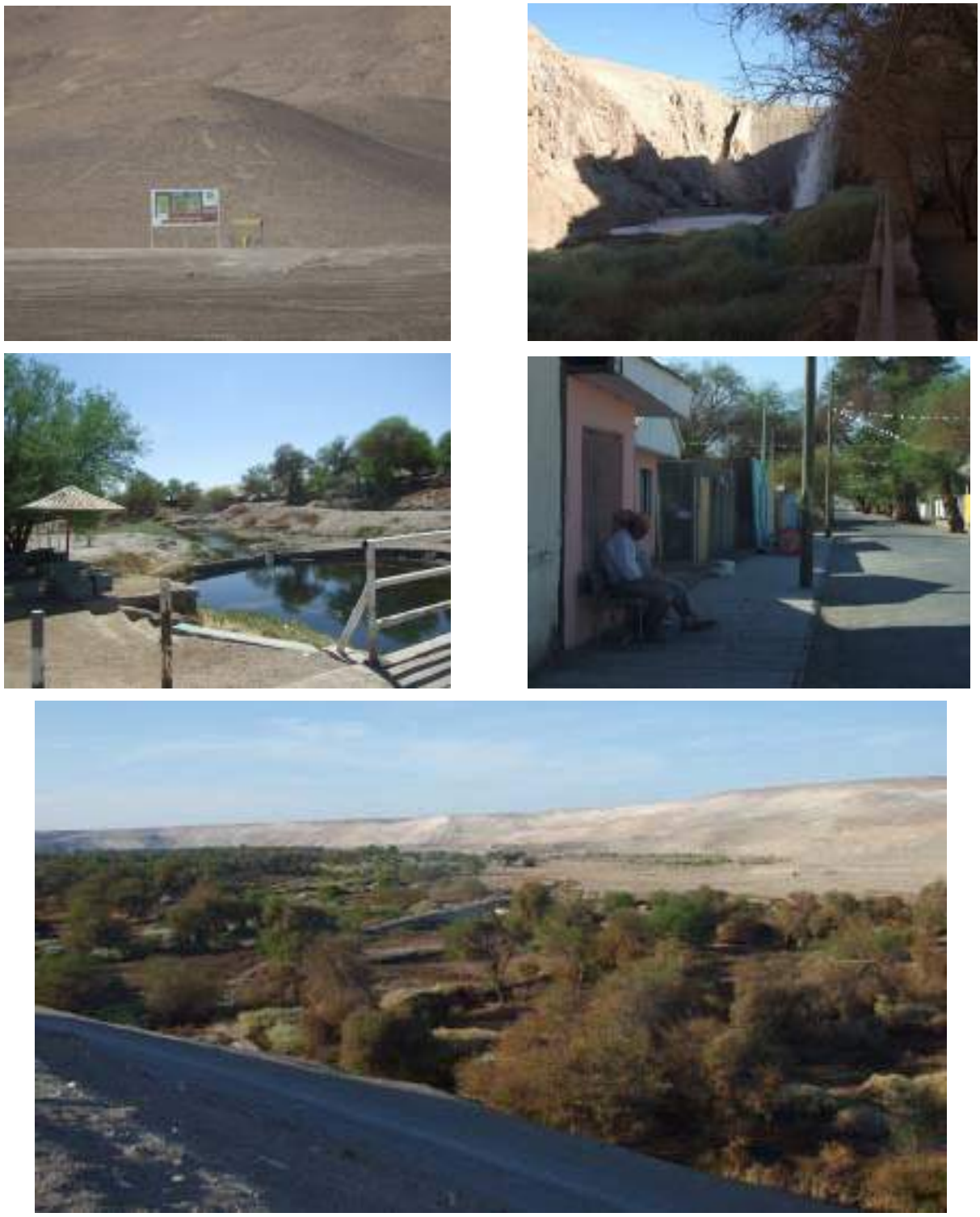


FIGURA 2-3. VISTAS GENERALES DE ACCESO AL VALLE DE QUILLAGUA. FUENTE: CEA, 2008.

2. CLIMA

La región de Antofagasta se ubica en una zona correspondiente al clima desértico, según la clasificación de Köppen. Las condiciones climáticas en esta región son de una marcada aridez y escasez de agua. Esta situación, unida a la escasa vegetación existente, define un paisaje natural conocido como el Desierto de Atacama.

Existen dos zonas bioclimáticas descritas para la macrozona de baja altura, según di Castri (1968) ellas son (a) Zona del Desierto Litoral, entre el mar y la Cordillera de la Costa (0-1.100 msm), con mínimas precipitaciones anuales, pero con buen aporte hídrico de las neblinas costeras, (b) Zona del Desierto Interior, con una planicie interior entre las Cordilleras de la Costa y de los Andes (1.100 a 2.500 msm aproximadamente), casi sin precipitaciones anuales y muy baja humedad. De acuerdo a esto último el valle de Quillagua se encuentra en la zona bioclimática llamada Desértica Interior (Di Castri & Hajek 1976), y se caracteriza por la existencia de 12 meses áridos, con una temperatura media de 15,5°C, una precipitación entre 0 y 10 mm y una humedad relativa del 50%.

3. HIDROLOGÍA

3.1. El sistema hidrográfico río Loa

El curso superior del río Loa tiene su nacimiento en la alta cordillera andina a la altura de 4.000 msm en el volcán Miño, a partir de allí, corre de norte a sur por una extensión de 130 km, recibiendo como afluentes los ríos San Pedro, Toconce, Hojalar y Salado. Las aguas del río Loa se caracterizan por su alta concentración natural de arsénico que en su nacimiento registra valores de 0.28 ppm. Sin embargo, los aportes mayores de arsénico provienen del río Salado que alcanzan concentraciones de 14.25 ppm. Las aguas del Loa y sus tributarios se aprovechan para regar algunos valles y quebradas pequeñas que sostienen una reducida población de agricultores principalmente de origen atacameño en Caspana, Ayquina, Toconce, Chiuchiu, Lasana y Las Vegas (oasis) de Calama. En el curso medio del río Loa, cerca de Chacance, vierte sus aguas el río San Salvador. Posteriormente, las aguas escurren hasta los embalses Santa Fe y Sloman donde a comienzos del siglo XX, se generaba energía eléctrica para la industria salitrera. Actualmente, el embalse Sloman, está saturado de lodos contaminados y regula, en cierto modo, el riego de los campos de cultivos de Quillagua. Por último, el Loa atraviesa la Cordillera de la Costa por una estrecha y profunda quebrada desembocando en la Caleta El Loa, en el Oceáno Pacifico.

4. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

De acuerdo a Börgel (1983) el valle de Quillagua se encuentra circunscrito a la formación de la pampa del Tamarugal, formación que corresponde a la región septentrional de las pampas desérticas y cordilleras prealtiplánicas. La formación de la pampa del Tamarugal, tiene una superficie estimada de 17.353 km^2, se desarrolla con características de meseta, encerrada entre las cotas 600 y 1.500 m, su límite sur es el río Loa. La pampa del Tamarugal se presenta como un territorio coherente e ininterrumpido. El relleno de la pampa del tamarugal está dado por secuencias superpuestas en cinco niveles de napas aluviales a gravas y bloques. Los rellenos más recientes son de material más fino, pero hay un hecho común a todos estos rellenos, y es que contemporáneamente a su depositación o con ligera antecedencia hay

relación con actividad volcánica. En efecto cineritas y materiales hidrovolcánicos se encuentran por doquier en estas acumulaciones.

El Valle de Quillagua según Rieu (1975) se encuentra emplazado en un relleno sedimentario perteneciente a la fosa tectónica de la Pampa del Tamarugal, la cual fue rellenada por distintas formaciones sedimentarias y aluviales, detríticas y químicas. Este terraplén está vinculado a dos tipos de fenómenos: (a) movimientos tectónicos y (b) pulsaciones climáticas.

La sucesión de estas formaciones sedimentarias, de la más antigua a la más reciente, puede resumirse en base a cuatro formaciones:

1. Sobre el conglomerado básico, una primera formación sedimentaria lacustre: la formación Loa (caliza, yeso, anhidrita).
2. Una formación intermedia detrítica.
3. Una segunda formación sedimentaria, probablemente lacustre: la formación Quillagua (diatomitas, tuffs).
4. Varias terrazas en el valle de Río Loa: la formación San Salvador y, último en fecha, la formación de las Arcillas de la Vega.

4.1. La Formación Quillagua

Después del largo período árido al cual la formación el Loa se sometió a la erosión hidráulico-eólica, un nuevo proceso pluvial permite la instauración de una segunda formación sedimentaria, inserta en los restos de la anterior. Este proceso pluvial parece menos importante que el precedente, presionando la estratificación compacta, a veces cruzada, la alternancia de bancos de diatomitas, de légamos ricos en restos de plantas pantanosas, cortezas finas y tobas de carbonatos o sulfatos. La presencia de lentejas de arenas gruesas y rodillos permite situar el depósito de la formación Quillagua en un ambiente lacustre. Períodos áridos en que los légamos y diatomitas se depositaron en un agua poco profunda, alternan con fases más húmedas o violentos temporales que establecieron los elementos más gruesos. Una cadena de lagunas, algunas muy pequeñas (sector del Cerros del Joya) y algunas muy anchas (Quillagua), se instalaron sobre los restos de la formación el Loa. Estrangulamientos donde la estratificación se presiona más, y donde las tobas son frecuentes, permitían una comunicación esporádica.

La formación Quillagua fue modelada por los movimientos tectónicos. Ciertamente, las deformaciones registradas son menos importantes que las de la formación Loa, pero permiten afirmar que el juego diferencial de bloques que se produjo al final del depósito de las calizas se prolongó posteriormente. En la parte meridional de la cuenca de Quillagua, se levanta la formación y rota al contacto de los Cerros del Joya, frente a Tranque Sloman, una diferencia de nivel de 50 m afecta a los depósitos por una y otra parte del río Loa. En el sector del Cono de Hilaricos, al norte de Quillagua, pueden observarse numerosas ondulaciones. Por otro lado, por la proximidad de la Cordillera de la Costa, la formación Quillagua es erosionada en bisel.

En los cortes de perfiles del suelo, que han sido dejados por la construcción de la carretera, en las salidas de Quillagua, es frecuente observar en los primeros 20 metros bancos de diatomita, con parches de limo gris claro, rico en desechos orgánicos (plantas acuáticas), de los 20 a los 60 metros se observan finas capas de sedimentos, y arcilla rojiza; y entre los 60 y 70 metros bancos de yeso columnares. Por último, la parte superior de la mesa se compone de una película de anhidrita de corrosión muy compacta y cavernosa.

FIGURA 2-4. VISTA GENERAL DEL VALLE DE QUILLAGUA (HACIA EL NORTE). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE IMAGEN SATELITAL GOOGLE EARTH.

4.2. Pendiente, elevación y exposición

Dominan para la zona del Valle de Quillagua las pendientes entre 0 y 25%, indicando de esta forma la morfología plana dominante del territorio (ver carta de pendientes en Anexos). Se observan en el camino de acceso al pueblo de Quillagua, algunos cerros de lomajes suaves, los cuales presentan en su mayoría pendientes entre 25 y 50%, mientras que las mayores pendientes corresponden a escarpes, ocasionados por la construcción de la carretera. Se observa además, en algunos sectores, las pendientes pronunciadas de las murallas de la quebrada del Loa, producto de la erosión, las cuales confinan el paso del Loa, dando lugar a la zona más angosta del fondo de valle. Por otro lado, las pendientes se hacen menos pronunciadas hacia la salida norte de Quillagua, en el sector de la aduana, en que la quebrada del Loa, no presenta este confinamiento por el escarpe de las murallas, dando paso a un fondo de valle más ancho, es decir a una llanura aluvial de mayor superficie, formada por procesos naturales como de la intervención humana por las labores agrícolas.

La zona del Valle de Quillagua, muestra una altitud que fluctúa entre los 850 y 1300 msm, de acuerdo a los resultados obtenidos a partir del modelo de elevación digital (ver carta de elevación en anexos). El fondo de valle muestra una altitud que va desde los 450 a los 850 m, coincidiendo con el fondo de valle en su sector más ancho. En general los cerros muestran lomajes suaves, siendo las mayores alturas las de los cerros ubicados tanto al oeste como al este del oasis con alturas que bordean los 1.000 msm. También es posible advertir que el fondo de valle se encuentra delimitado por terrazas de gran amplitud y de escasa pendiente las cuales se observan hacia el sector este del oasis.

Según el modelo de elevación digital, la mayor superficie del área la ocupan los terrenos planos, es decir sin exposición, seguido de las laderas de exposición oeste, mientras que las menores superficies las ocupan las laderas de exposición sur (ver carta de exposición en anexos). La vegetación se desarrolla, en los terrenos planos, siempre asociada a la humedad edáfica, y cercana al curso del Loa.

CAPÍTULO III
BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO III BIODIVERSIDAD

FLORA Y VEGETACIÓN

1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

El piso de vegetación en que se localiza el valle de Quillagua, corresponde al Desierto Tropical Interior con vegetación escasa que se distribuye en la pampa desértica en el interior de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, entre 200 y 2.000 m de altitud, con pisos bioclimáticos mesotropical ultrahiperárido y supratropical inferior hiperocéanico (Luebert & Pliscoff 2006), Esta zona se caracteriza por carecer casi completamente de vida vegetal, excepto en algunos sectores con presencia de napa subterránea salobre donde se observa un matorral halófilo dominado por *Tessaria absinthioides*. Las comunidades intrazonales que se presentan en esta zona son: *Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* (suelos halomórficos) y corresponden a la formación vegetacional de desierto interior de acuerdo a la clasificación de Gajardo (1995) (1995) (Figura 3-1).

FIGURA 3-1. FORMACIONES VEGETACIONALES EN LA REGION DE ANTOFAGASTA (SEGÚN GAJARDO 1995). SQUEO ET AL. (1998).

2. METODOLOGÍA

La definición y nomenclatura de las unidades vegetacionales del valle de Quillagua se realizó de acuerdo a la propuesta de Gajardo (1994). Posteriormente se verificaron en terreno las unidades más relevantes y señaladas en la cartografía base y en las imágenes satelitales, las que básicamente corresponden a comunidades de matorrales asociados a cursos de agua, y praderas de cultivo (agroecosistemas).

2.1. Flora

Se realizaron colectas intensivas y se aplicaron relevamientos (inventarios) fitosociológicos durante el mes de Octubre de 2007, en cuatro estaciones de muestreo, con un total de 29 inventarios (ver Tabla 3- 3 y Fig. 3-2) Cada especie se identificó, clasificó y determinó su origen fitogeográfico en base a literatura especializada, por ejemplo: Hoffmann (1978, 1991), Marticorena & Quezada (1985), Marticorena & Rodríguez (1995, 2001, 2003, 2005), Matthei (1995), Muñoz (1966) y Navas (1973, 1976, 1979). También se determinaron las formas de vida en base al esquema propuesto por Ellenberg & Mueller-Dombois (1966).

El grado de perturbación antrópica del lugar se determinó sobre la base de lo propuesto por Hauenstein et al. (1988), que consideran el origen fitogeográfico, es decir, la relación entre las especies nativas e introducidas, y las formas de vida (formas biológicas de Raunkiaer) como medidas de esta forma de perturbación; y la escala de evaluación propuesta por González (2000) que establece rangos definidos de alteración según el porcentaje de especies exóticas que contenga un área determinada (Tabla 3-1).

TABLA 3-1. ESCALA DE EVALUACIÓN VEGETACIONAL DEL GRADO DE INTERVENCIÓN ANTRÓPICA SEGÚN ORIGEN FITOGEOGRÁFICO.

Rango de porcentajes de especies introducidas (%)	Grado de intervención Antrópica
0-13	Sin intervención
13-20	Poco intervenido
21-30	Medianamente intervenido
31-100	Altamente intervenido

Como resultado de los procesos anteriores se obtuvo un inventario o **catálogo florístico** del área de estudio (Tabla 3-2) que contiene todos los elementos antes mencionados y que considera además de las especies registradas en este estudio, una especie registrada por Gutierrez et al. (1998), cuatro especies mencionadas en el estudio previo de Becerra & Faúndez (2001) y la flora acuática del río Loa (7 spp.) registrada por Trevizan et al. (2001).

2.2. Fitosociología

Se aplicaron 29 relevamientos (inventarios) fitosociológicos de 5x5 m de superficie cada uno, de acuerdo a la metodología fitosociológica europea (Braun-Blanquet 1964). Se consideró también la vegetación acuática y palustre de los humedales contenidos en el área de estudio. Las tablas fitosociológicas se procesaron de acuerdo a la metodología propuesta por Braun-Blanquet (op. cit.) y explicitada en Ramírez & Westermeier (1976). En las tablas fitosociológicas, los valores de cobertura de cada especie para cada inventario realizado (parcelas de 5x5), se expresan directamente en porcentaje y en superficies superiores al área mínima, explicitada en Steubing et al. (2001).

Con esta información, se procede a anotar, a la derecha de la columna correspondiente al último inventario, los valores correspondientes a la cobertura total por cada especie (C) y su cobertura relativa (Cr) o porcentaje de la cobertura total de cada especie, usando como 100% la sumatoria de las coberturas. A continuación se anota la frecuencia de cada especie, es decir el número de inventarios en que ella está presente. Dicha frecuencia se indica en números absolutos (F) y en términos de frecuencia relativa (Fr), que indica el porcentaje de la frecuencia de cada especie, haciendo equivalente al 100% la sumatoria de las frecuencias. Las especies con escasa cobertura o con sólo un individuo de designan con los signos + y r, respectivamente. Estos signos serán reemplazados por el valor 1, durante el procesamiento de la información para el cálculo del Valor de Importancia. Éste se determina para cada especie por medio de la suma de las frecuencias y coberturas relativas (Wikum & Shanholtzer 1978), dando cuenta de la abundancia e importancia de cada especie en el lugar estudiado.

A partir de los relevamientos fitosociológicos se obtuvo una tabla con la caracterización de los sitios inventariados (Tabla 3-3) y una **tabla fitosociológica** (Tabla 3-4) construida a partir del valor de importancia (VI) obtenido por las especies presentes en el área, identificando de esta forma, las principales comunidades vegetales del área siguiendo los trabajos de Gajardo (1994), y Tellier (2004).

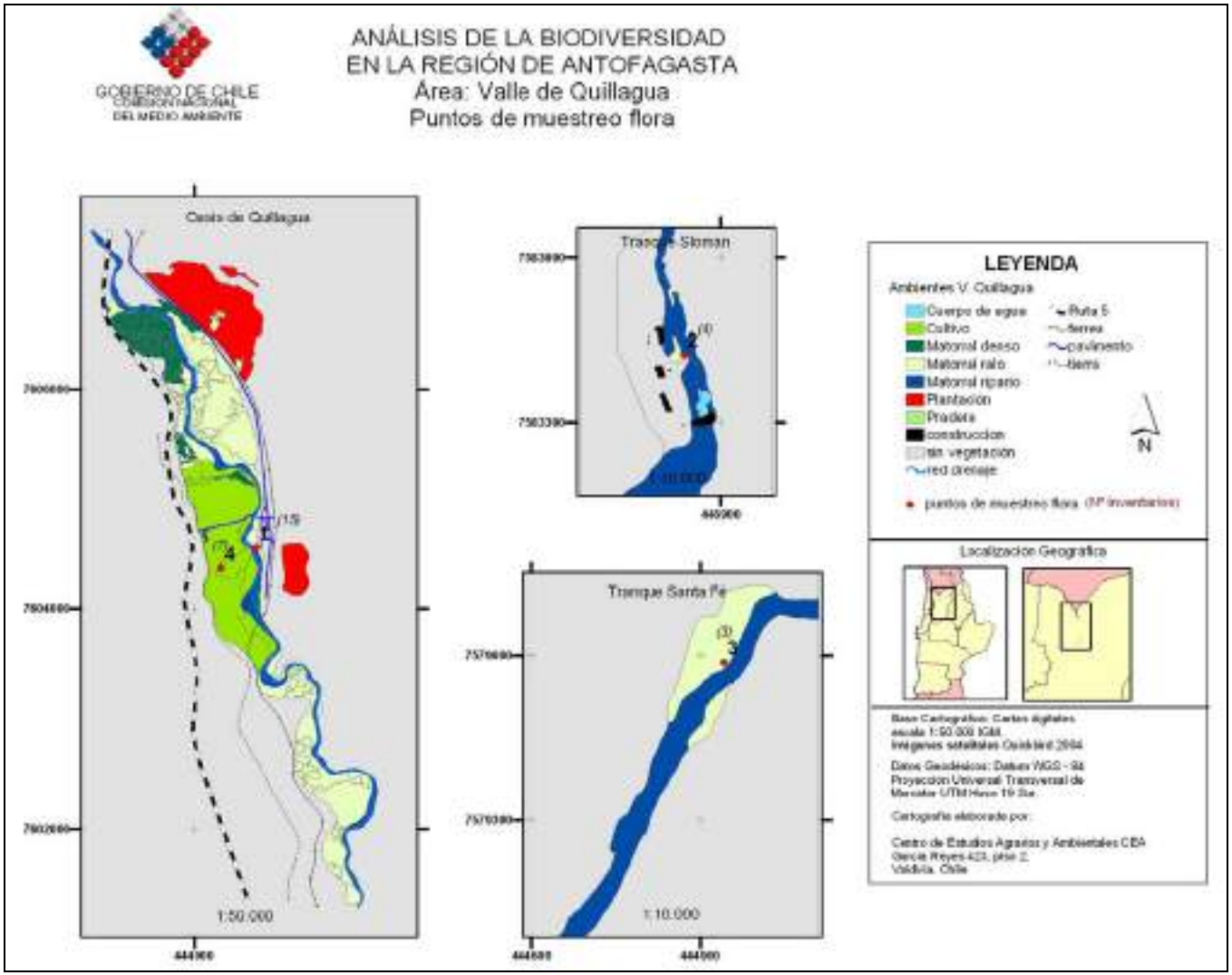


FIGURA 3-2. CARTA PUNTOS DE MUESTREO DE LA FLORA EN EL VALLE DE QUILLAGUA.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Flora

Los resultados de flora se presentan en la Tabla 3-2, en la que se caracterizan **24** especies, con sus nombres científicos y comunes, familia botánica, formas de vida y origen fitogeográfico. Estas 24 especies se distribuyen taxonómicamente en cuatro Algas filamentosas (16,7%), un Pteridófito (Filicopsida) (4,2%), 13 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (54,2%) y seis Monocotiledóneas (Liliopsida) (25%) (Fig. 3-3). Este número de especies es bastante inferior al registrado por Tiellier (2004) en la cuenca-media-alta del río Loa, donde describe 110 especies; o a las 90 especies reportadas por Arroyo et al. (1998) para el Parque Nacional Llullaillaco en los Andes de la Región de Antofagasta. Este número se aproxima más a la flora del salar de Ascotán (22 y 21 spp.) reportada por Teillier (2000) y Teillier & Becerra (2003). Por otra parte, el catálogo de la flora vascular de la Región de Antofagasta, elaborado por Marticorena et al. (1998), reporta la existencia de 1.056 especies. La baja riqueza de especies del área estudiada puede atribuirse a la mayor superficie y diversidad de ambientes estudiados por los autores mencionados.

El espectro biológico (ver Fig. 3-4) muestra la presencia de 8 criptófitos (33,4%), que reúne a hidrófitos y geófitos, 9 fanerófitos (37,5%) (que incluye a los nanofanerófitos), árboles y arbustos, 6 hemicriptófitos (25%), plantas herbáceas perennes y un terófito (4,2%) que comprende las plantas anuales y bianuales.

Esta distribución de las formas de vida muestra la importancia de los criptófitos, fanerófitos y hemicriptófitos sobre el resto de las formas de vida, lo que está en concordancia con las condiciones climáticas del lugar, ya que los criptófitos, en este caso los hidrófilos, son plantas asociadas a los cursos de agua existentes en el área, a los que se suman los geófitos, con órganos subterráneos perdurantes, que representan muy bien este tipo de clima árido.

La presencia de fanerófitos indicaría niveles de pluviometría altos, lo que no corresponde al clima. Sin embargo esto se explica ya que los árboles y arbustos presentes, especialmente del género *Prosopis*, presentan adaptaciones especiales a la sequía, como es el caso de raíces profundizantes, cierre estomático diurno, entre otros (Money & Kummerow 1971, Montenegro et al. 1979). Por su parte la presencia de hemicriptófitos indica más bien intervención antrópica, ya que esta forma de vida acompaña al hombre y corresponde a plantas que son capaces, por ejemplo, de soportar el pisoteo y ramoneo de los animales domésticos (Ramírez 1988).

El origen fitogeográfico muestra la presencia de 22 especies nativas (91,7%) y dos introducidas (8,3%) (Fig. 3-5). De acuerdo a Hauenstein et al. (1988) esta distribución porcentual, en la que las plantas alóctonas no superan el 10%, indica un bajo grado de intervención antrópica, y de acuerdo a la escala de evaluación propuesta por González (2000) corresponde a la categoría de “Sin Intervención”. Luebert (2004) señala que en general los signos de intervención humana en estas áreas, se reflejan en la modificación del sustrato para la construcción de terrazas de cultivo, así como en la presencia de especies introducidas con fines agrícolas y ambientales.

Prosopis alba, *P. chilensis* y *P. tamarugo,* junto a otras como el yaro (*Acacia macracantha*), tienen un alto valor ecológico y en la alimentación del ganado, especialmente caprino y ovino, que consumen sus hojas y frutos (Felker 1981, Macaya 1999). También pueden generar otros productos importante como gomas (*A. macracantha*) que se pueden utilizar industrialmente para el cultivo de microalgas (Vera et al. 2004). Muchas de ellas tienen también un uso medicinal,

como la brea (*Tessaria absinthioides*) que se utiliza para problemas estomacales, depurativa, cáncer a la próstata y reumatismo (Venegas & Cardozo 2006).

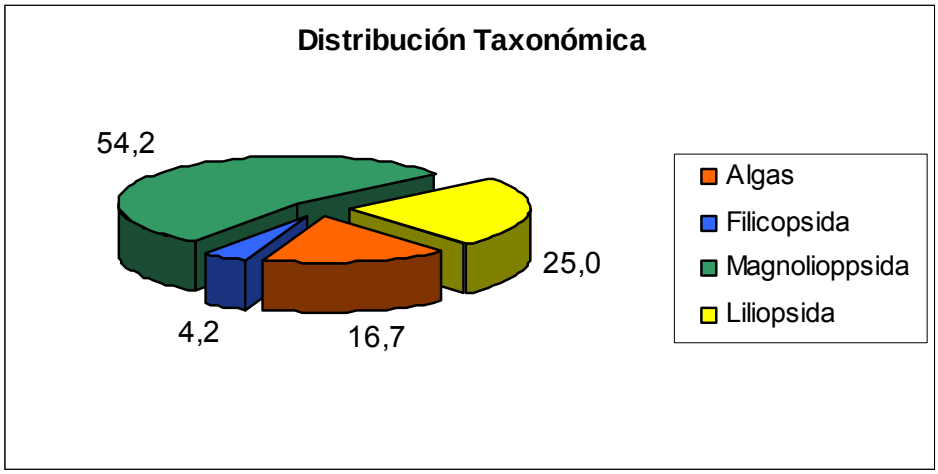


FIGURA 3-3. DISTRIBUCIÓN TAXONÓMICA DE LA FLORA DEL VALLE DE QUILLAGUA.

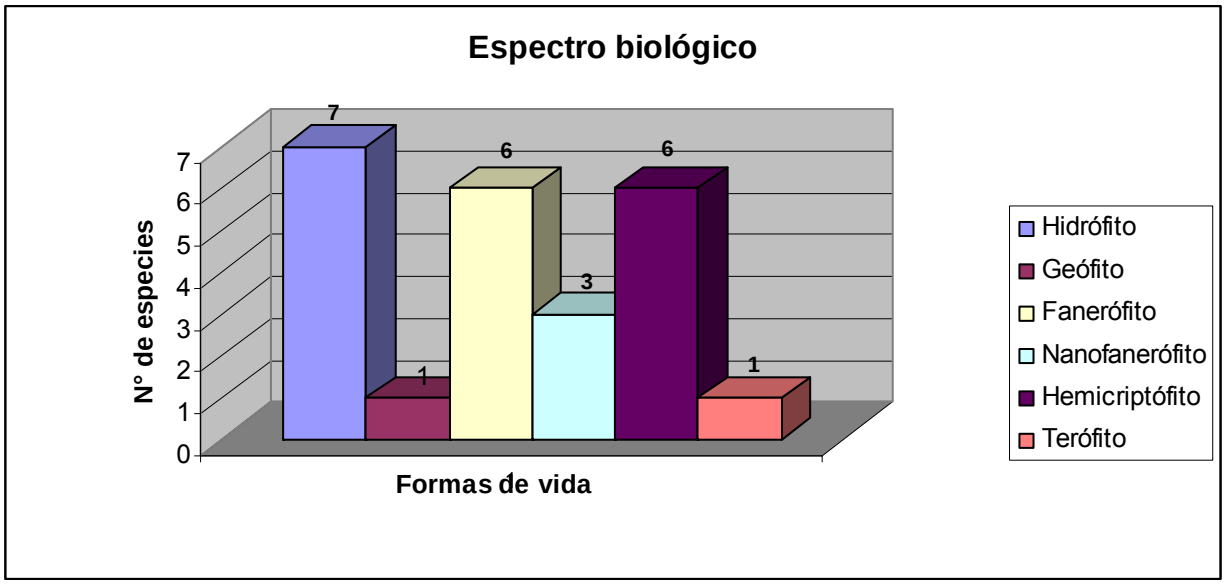


FIGURA 3-4. ESPECTRO BIOLÓGICO (FORMAS DE VIDA) DE LA FLORA DEL VALLE DE QUILLAGUA.

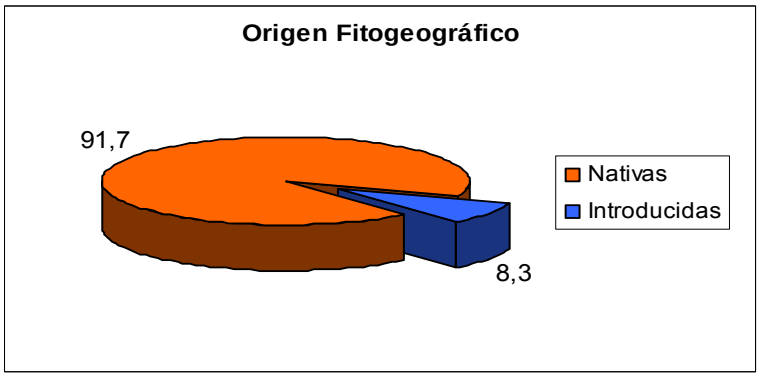


FIGURA 3-5. ORIGEN FITOGEOGRÁFICO DE LA FLORA DEL VALLE DE QUILLAGUA

TABLA 3-2. CATÁLOGO FLORÍSTICO DEL VALLE DE QUILLAGUA. (FV= FORMA DE VIDA, OF= ORIGEN FITOGEOGRÁFICO; HI= HIDRÓFITO, F= FANERÓFITO, NF=NANOFANERÓFITO, HC= HEMICRIPTÓFITO, CA= CAMÉFITO, GE= GEÓFITO, TE= TERÓFITO; N= NATIVO, I= INTRODUCIDO).

ESPECIE	FAMILIA	NOMBRE VULGAR	F.V.	O.F
Algae				
Chara sp.	Characeae	candelabro	Hi	N
Cladophora sp.	Cladophoraceae	lama gruesa	Hi	N
Spirogyra sp.	Zygnemataceae	lama azul verdosa	Hi	N
Stygeoclonium sp.	Chaetophoraceae	lama verde delgada	Hi	N
Filicopsida				
Azolla filiculoides Lam.	Azollaceae	flor del pato	Hi	N
Magnolioppsida (Dicotyledoneae)				
Acacia macracantha Humb. & Bonpl.ex Willd.	Mimosaceae	yaro	F	N
Atriplex atacamensis Phil.	Chenopodiaceae	cachichuyo	Hc	N
Baccharis juncea (Cass.) Desf.	Asteraceae	chilca	Nf	N
Baccharis petiolata DC.	Asteraceae	chilca	Nf	N
Calandrinia salsoloides (Barnéoud) Carolin ex Hershk.	Portulacaceae	lukupa	Te	N
Geoffroea decorticans (Guillies ex Hook. & Arn.) Burkart	Fabaceae	chañar	F	N
Heliotropium curassavicum L.	Boraginaceae	pasto vidrio	Hc	N
Malesherbia sp.	Malesherbiaceae	hierba Santa María	Hc	N
Medicago sativa L.	Fabaceae	alfalfa	Hc	I
Prosopis alba Griseb.	Mimosaceae	Algarrobo blanco	F	N
Prosopis chilensis Stuntz	Mimosaceae	algarrobo	F	N
Prosopis tamarugo Phil.	Mimosaceae	tamarugo	F	N
Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) H.Rob. & Cuatrec.	Asteraceae	brea	Nf	N
Liliopsida (Monocotyledoneae)				
Arundo donax	Poaceae	caña	F	I
Distichlis spicata (L.) Greene	Poaceae	grama salada	Hc	N
Hordeum chilense Roem. & Schult.	Poaceae	cebadilla	Hc	N
Phragmites australis (Cav.) Trin. Ex Steud.	Poaceae	carrizo	Hi	N
Ruppia maritima L.	Ruppiaceae	pasto salado	Hi	N
Scirpus americanus Pers.	Cyperaceae	junco	Ge	N

3.2. Fitosociología

En la Tabla 3-3 se presenta la caracterización resumida de las 4 estaciones de muestreo, mientras que en la Tabla 3-4 los resultados fitosociológicos por estación de muestreo.

TABLA 3-3. LISTADO Y CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO PARA FLORA Y VEGETACIÓN DEL VALLE DE QUILLAGUA. (LOS NÚMEROS ENTRE PARÉNTESIS CORRESPONDEN AL NÚMERO DE LOS INVENTARIOS DE CADA ESTACIÓN DE MUESTREO. SE ENTREGAN LAS COORDENADAS DEL PRIMER Y ÚLTIMO INVENTARIO EN CADA ESTACIÓN).

	ESTACIÓN MUESTREO	COORDENADAS (UTM) ESTE NORTE	FORMACIÓN VEGETAL Y COMUNIDADES DETECTADAS	Nº de INVENTARIOS
1	QUILLAGUA (Borde río-pradera	0444552 (1) 7604555 0444030 (15) 7606498	Matorral. Matorral ripariano – humedal 1.-*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* *2.-Scirpus americanus-Distichlis spicata*	15
2	TRANQUE SLOMAN	0446834 (1) 7583423 0446860 (4) 7583458	Matorral – humedal 1.-*Scirpus americanus-Distichlis spicata*	4
3	TRANQUE SANTA FE	0444944 (1) 7579587 0444872 (3) 7579519	Matorral ripariano 1.-*Scirpus americanus-Distichlis spicata*	3
4	QUILLAGUA 2 (Cultivo-matorral)	0444244 (1) 7604370 0444257 (7) 7604391	Campos de cultivo – matorral 1.- *Atriplex atacamensis-Distichlis spicata* 2.- Cultivo de Alfalfa	7

Í

De acuerdo a Gajardo (1994) las comunidades intrazonales que se presentan el esta zona son: *Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* (suelos halomórficos) y corresponden a la formación vegetacional de desierto interior. En relación a zonas próximas al valle de Quillagua, de acuerdo a Trevizan et al. (2001), su vegetación puede clasificarse en tres grandes áreas. La primera corresponde a las áreas cultivadas, en la que principalmente se encuentra alfalfa (*Medicago sativa*) y cortinas de árboles ya sean exóticos o nativos. La segunda área corresponde al humedal que se ubica en los márgenes contiguos al río Loa y cuya formación vegetal está constituida por juncáceas, helechos y arbustos adaptados a ambientes húmedos como *Baccharis* sp. Por último, una tercera corresponde a formaciones vegetales xerófitas en distintos estados sucesionales de desarrollo o deterioro. En esta formación se encuentra el cachiyuyo (*Atriplex atacamensis*), el algarrobo blanco (*Prosopis alba*), algarrobo (*P. chilensis*) y el tamarugo (*P.tamarugo*).

La vegetación de la zona según Gajardo (1995) correspondería a la de la formación del Desierto Interior, pero muy cercana a la transición a la Formación del Desierto de los Aluviones, ambas correspondientes a la Región del Desierto Absoluto. La primera formación, donde se ubica el valle de Quillagua, se caracteriza por ser la de menor vida vegetal en el desierto de Atacama (Gajardo 1995). Es así, como las comunidades de plantas presentes se identificaron según los criterios fitosociológicos y de acuerdo a Gajardo (1995).

Folio006295

TABLA 3-4. TABLA FITOSOCIOLÓGICA CON VALORES DE IMPORTANCIA POR ESTACIONES DE MUESTREO DEL VALLE DE QUILLAGUA. (CO= COBERTURA ABSOLUTA, CR= COBERTURA RELATIVA, F= FRECUENCIA ABSOLUTA, FR= FRECUENCIA RELATIVA, VI= VALOR DE IMPORTANCIA DE CADA ESPECIE. LOS NÚMEROS BAJO LOS INVENTARIOS CORRESPONDEN A PORCENTAJES DE COBERTURA).

SITIO 1: Quillagua 1	A											B								
ESPECIES / INVENTARIOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	C	CR	F	FR	VI
Scirpus americanus	100	40	40	40	100	20	60	50	60	40	40					590	49.5	11	29.7	79.2
Distichlis spicata		20	20	10		50		5		20	30		20	5	10	190	15.9	10	27.0	42.9
Atriplex atacamensis	+	40	40	40			30	45		30		40				266	22.3	8	21.6	43.9
Baccharis petiolata							5									5	0.4	1	2.7	3.1
Phragmites australis							5									5	0.4	1	2.7	3.1
Tessaria absinthioides										+	20	20	30	30	35	136	11.4	6	16.2	27.6
A= Baccharis juncea- Distichlis spicata																1192		37		

B= Tessaria absinthioides-Distichlis spicata

SITIO 2: Tranque Sloman	A								
ESPECIES / INVENTARIOS	1	2	3	4	C	CR	F	FR	VI
Baccharis juncea		60			60	20.1	1	9.1	29.2
Scirpus americanus	45	30		50	125	42.0	3	27.3	69.3
Distichlis spicata		10	30		40	13.5	2	18.2	31.7
Phragmites australis		+			1	0.3	1	9.1	9.4
Ruppia maritima			+		1	0.3	1	9.1	9.4
Stygeoclonium sp.,			+		1	0.3	1	9.1	9.4
Atripex atacamensis			20	50	70	23.5	2	18.2	41.7
A= Baccharis juncea-Sirpus americanus					298		11		

SITIO 3: Santa Fe	A							
ESPECIES / INVENTARIOS	1	2	3	C	CR	F	FR	VI
Distchlis spicata	50	20	20	90	40.7	3	37.5	78.2
Atriplex atacamensis	30		30	60	27.2	2	25	52.2
Scirpus americanus		30	40	70	31.7	2	25	56.7
Baccharis juncea			+	1	0.5	1	12.5	13.0
A= Atriplex atacamensis-Distichlis spicata				221		8		

SITIO 4: Quillagua-Cultivos	A						B					
ESPECIES / INVENTARIOS	1	2	3	4	5	6	7	C	CR	F	FR	VI
Medicago sativa	95	5	55		40	70		265	47.7	5	26.3	74.0
Distichlis spicata	+	10	45	+	+		5	63	11.3	6	31.6	42.9
Heliotropium curassavicum	+	45						46	8.3	2	10.5	18.8
Tessaria absinthioides				+				1	0.2	1	5.3	5.5
Hordeum chilense					+			1	0.2	1	5.3	5.5
Malesherbia sp				40	60	30		130	23.4	3	15.8	39.2
Atriplex atacamensis							50	50	9.0	1	5.3	14.3
A= Cultivo de alfalfa								556		19		

B= Atriplex atacamensis-Distichlis spicata

Los resultados vegetacionales de la Tabla 3-4 muestran la presencia de **13** especies de plantas que componen tres comunidades naturales de plantas: *Tessaria absinthioides-Distichlis spicata, Scirpus americanus-Distichlis spicata, Atriplex atacamensis-Distichlis spicata*, y una comunidad no natural correspondiente a un cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) (sitio 4).

Tessaria absinthioides-Distichlis spicata es una comunidad que se registró claramente sólo en el sitio 1 de Quillagua, de acuerdo a Gajardo (1995) la presencia de la brea (*P. absinthioides*) representa un carácter ruderal, es decir, ligado al efecto de actividades antrópicas. En algunos sectores se presenta entremezclada con otras comunidades como la de ***Atriplex atacamensis-Distichlis spicata***, sobre todo en zonas que han sido cultivadas y que actualmente están sin uso, como por ejemplo el sitio N° 4, en el que se aprecia cómo las especies nativas y algunas introducidas están recolonizando el área. La presencia de *Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis* indica altos niveles salinos del suelo (Luebert 2004), correspondiendo a la formación vegetacional de desierto interior (Gajardo 1995).

Scirpus americanus-Distichlis spicata, en cambio, es una asociación con condiciones de mayor humedad, teniendo además una variable de condiciones también salinas por la presencia del pasto salado. En esta comunidad, en sectores de mucha humedad, destacan especies hidrófilas como el alga filamentosa *Stygeoclonium* sp. y de *Ruppia maritima*, presentándose principalmente en el sitio 2.

Teillier (2004) realizó un estudio florístico y vegetacional de la cuenca media-alta del río Loa, determinando unidades vegetacionales como: matorral desértico, el tolar (marginal, intermedio, de altura) y el pajonal altoandino, reuniendo estas unidades, desde el punto sintaxonómico, en las alianzas *Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae* (matorral desértico, tolares) y *Urbanio pappigerae-Stipion frigidae* (pajonal altoandino). La comunidad de *Atriplex atacamensis- Distichlis spicata* pertenecería a la primera alianza, de matorral desértico. Por su parte, Navarro & Rivas-Martínez (2005) realizan un transecto vegetacional desde San Pedro de Atacama al volcán Licancabur, realizando una nueva propuesta de la sintaxonomía fitosociológica de las comunidades del área, coincidiendo en varias unidades con Teillier (2004). Desafortunadamente, ambos trabajos no mencionan las asociaciones aquí descritas, ya que

trabajaron en altitud mayor y no específicamente en el Valle de Quillagua, por lo que, aunque presentan valiosos antecedentes para la región de Antofagasta, no son comparables.

Al revisar en la Tabla 3-4 los Valores de Importancia, las especies naturales que destacan con altos valores, es decir, que presentan mayores coberturas y frecuencias relativas en el área de estudio, son en orden decreciente las siguientes: *Scirpus americanus*, *Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis,* cuyos valores de importancia promedios son 68,4; 48,9 y 38 respectivamente, lo que reafirma la importancia de estas especies en el área de estudio.

Distichlis spicata

Scirpus americanus

Atriplex atacamensis

Los trabajos disponibles de flora y vegetación del desierto caracterizan los patrones de la diversidad y la abundancia de las especies principalmente para el sector andino (Villagrán et al. 1982, Arroyo et al. 1988, Navarro & Rivas-Martínez 2005). Prácticamente no existen trabajos que describan la vegetación de la Depresión Intermedia, el sector más árido del desierto de Atacama, probablemente por la premisa de la inexistencia de vegetación. Sólo Gajardo (1994) caracteriza la vegetación de esta zona, definiendo al menos dos formaciones de vegetación y diferentes asociaciones. El estudio de esta zona también fue considerado en el levantamiento del Catastro y Evaluación de los recursos de vegetación nativos de Chile realizado por CONAF y CONAMA (1997), sin embargo, en ese trabajo, gran parte de esta zona fue catalogada como "sin vegetación", lo que no concuerda con lo propuesto por Gajardo (1994). Los factores que generan esta controversia son la escasa cobertura de la vegetación natural de la zona, y la baja

resolución cartográfica, producto de una escala de trabajo muy pequeña. En consecuencia, se considera como relevante el aporte de este estudio, para conocer las características de la vegetación mediante parámetros como la riqueza, la diversidad y la abundancia de las especies, ello con el fin de aportar al conocimiento de la vegetación de la zona más árida de Chile y una de las más áridas de la Tierra.

Existe un trabajo descriptivo de la vegetación de la Depresión Intermedia de la Región de Antofagasta, realizado por Becerra & Faúndez (2001) en una ladera del cerro Blanco (7617000 N – 7620000 N y los 481000 E-484000 E), en donde se describen sólo cuatro especies de plantas vasculares, dado su extrema condición de aridez, y al ser una de las zonas con menor vida vegetal del desierto de Atacama (Tabla 3-5). Proliferan además, especies xerófitas, como el algarrobo (*Prosopis alba*), tamarugo (*Prosopis chilensis*) y chañar (*Geoffroea decorticans*), los cuales son utilizados para la obtención de leña y carbón.

TABLA 3-5. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE LA FLORA DEL CERRO BLANCO. FUENTE: BECERRA & FAÚNDEZ (2001).

DIVISIÓN	FAMILIA	ESPECIE
Magnoliophyta	Malpighiaceae	*Dinemandra glaberrima* A.H.L Juss.
	Papilionaceae (Fabaceae)	*Adesmia atacamensis* Phil.
	Loasaceae	*Huidobria fruticosa* Phil.
	Portulacaceae	*Cistanthe salsoloides* (Barnéoud) Carolin ex Hershk.

4. CONCLUSIONES

El Catálogo de Quillagüa comprende 24 especies de plantas (13 Dicotiledóneas, 6 Monocotiledóneas, 1 Pteridófito y 4 algas), en las que las formas de vida dominantes son los criptófitos, fanerófitos, hemicriptófitos e hidrófitos, 22 especies son nativas (91,7%) y dos introducidas (8,38%), señalando un grado de intervención humana, correspondiente a la categoría de “Sin intervención”.

El inventario fitosociológico del Valle de Quillagua comprende 13 especies de plantas, que componen tres asociaciones naturales de plantas y un cultivo.

Vegetacionalmente se determinaron tres asociaciones vegetales naturales (*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata, Atriplex atacamensis-Distichlis spicata* y *Scirpus americanus-Distichlis spicata*) y un tipo de cultivo correspondiente a Alfalfa (asociación vegetal no natural). La vegetación demuestra claramente, a través de la estructura florística de sus comunidades, las condiciones climáticas de sequía o de mayor humedad edáfica y salinidad.

FAUNA

1. METODOLOGÍA

1.1 Estaciones de Muestreo

Se estudiaron seis sectores en el área del valle de Quillagua, en el mes de octubre (2007) estableciéndose en ellos las estaciones de muestreo en base a la superficie con presencia de vegetación y a la presencia de humedales ribereños (Fig. 3-6 y 3-7). Las estaciones de muestreo, se seleccionaron en base a las unidades vegetacionales homogéneas, siendo éstas hábitat probables para la fauna. Se estableció además una estación complementaria para el grupo de las aves. La lista y caracterización de las estaciones muestreadas se presentan en la Tabla 3-6.

Las estaciones de muestreo para la fauna en general (mamíferos, aves, reptiles y anfibios) fueron: Cultivo, Matorral, Borde río, Plantación, Pradera y Tranque Santa Fé, además de Tranque Sloman, estación complementaria para la avifauna.

FIGURA 3-6. ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA. DE IZQUIERDA A DERECHA Y DE ARRIBA HACIA ABAJO ESTACIÓN 1 A 7

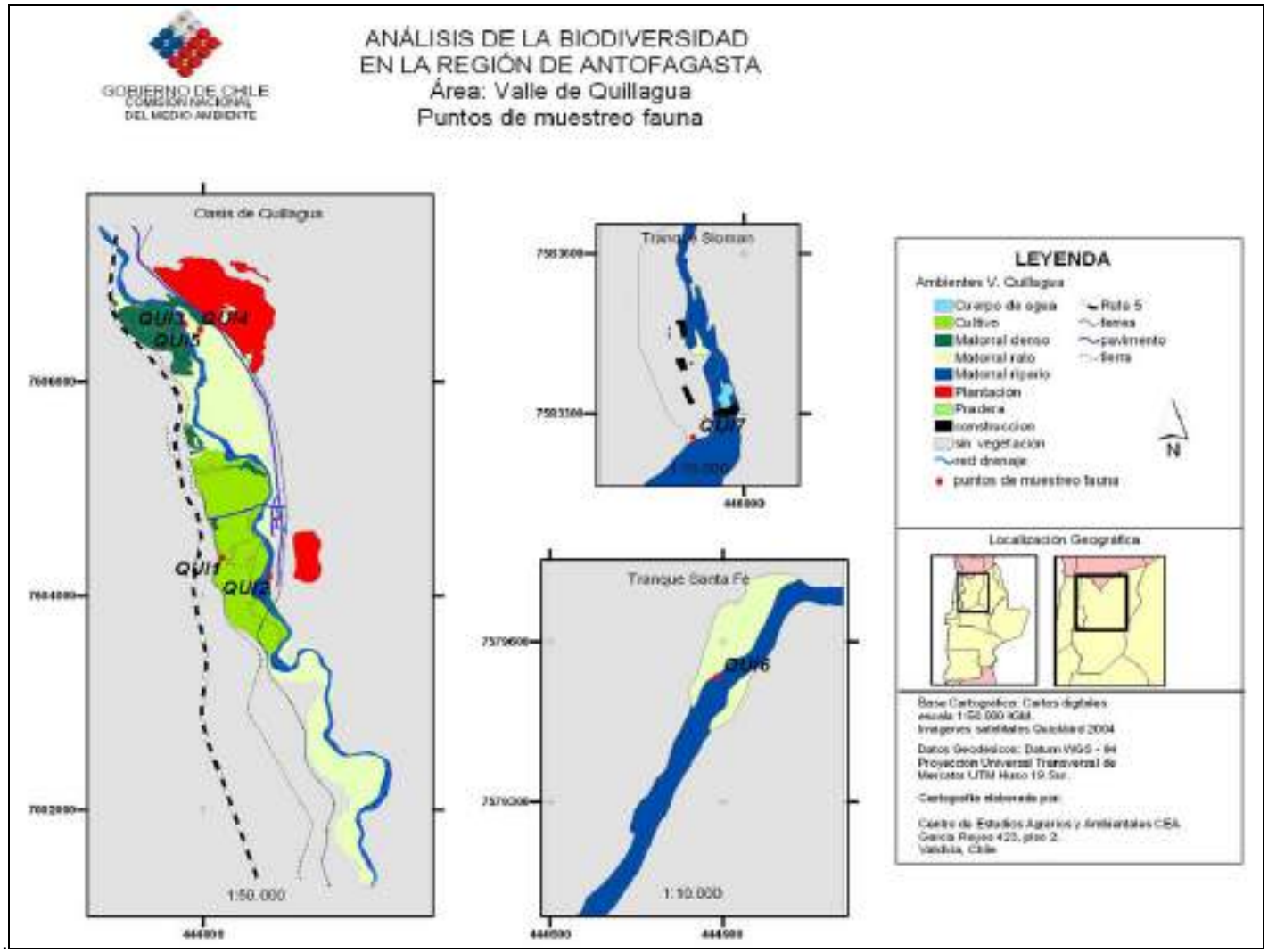


FIGURA 3-7. CARTA PUNTOS DE MUESTREO DE FAUNA SILVESTRE EN EL VALLE DE QUILLAGUA.

1.2 Micromamíferos

En cada estación de muestreo seleccionada (ver Tabla 3-6) se ubicó una grilla en donde se desplegaron 36 trampas Sherman medianas colapsables (23 x 7,5 x 9,0 cm) cebadas con avena machacada. Cada coordenada fue marcada y rotulada con una cinta de polietileno color naranja. En cada estación se efectuaron revisiones diarias durante cuatro noches, siguiendo la metodología propuesta por Muñoz-Pedreros (1992). Los animales capturados fueron identificados y posteriormente liberados, siguiendo los procedimientos de rutina de acuerdo a Muñoz-Pedreros & Yánez (2000).

TABLA 3-6. CARACTERIZACIÓN, LOCALIZACIÓN Y AMBIENTE DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE FAUNA SILVESTRE. VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA, 2007.

ESTACION	LOCALIDAD	ESTACIÓN	COORDENADAS (UTM)		HABITAT
QUI-1	Quillagua	Cultivo	444165 E	7604360 N	Cultivo
QUI-2	Quillagua	Matorral	444577 E	7604179 N	Matorral
QUI-3	Quillagua	Borde Río	443844 E	7606535 N	Matorral
QUI-4	Quillagua	Plantación	444395 E	7606698 N	Plantación
QUI-5	Quillagua	Pradera	443979 E	7606488 N	Pradera
QUI-6	Quillagua	Tranque Santa Fe	444891 E	7579534 N	Matorral
QUI-7	Quillagua	Tranque Sloman	446812 E	7583257 N	Matorral

Carnívoros

a) Información preliminar

Durante el período de muestreo se obtuvo información histórica de avistamientos y registros de la fauna presente en el área de estudio. La información recogida estuvo integrada por tres variables: a) especie registrada por informantes, b) bases de datos, c) observaciones adicionales.

b) Estaciones de atracción olfativa

Esta técnica se basa en provocar la visita, mediante atrayentes olfativos, a los transectos conformados por estaciones constituidas por un círculo de arena tamizada, de un metro de diámetro, en cuyo centro se dispone el atrayente, registrándose la presencia de los animales que visitan dichas estaciones mediante la identificación de sus huellas (Linhart & Knowlton (1975, Rau et al. 1987). Se usó como atrayente olfativo orina de lince americano obtenida comercialmente (bobcat urine). La orina es líquida y atrae a varias especies de carnívoros. El atrayente se presentó en una tableta de

yeso porosa, que permite una volatilización constante de las moléculas odoríferas (Muñoz-Pedreros et al. 1995). Se instalaron en total 12 estaciones de atracción olfativa/noche, considerando las seis estaciones de muestreo, es decir, en cada estación se instalaron dos estaciones de atracción olfativa con una permanencia promedio de cuatro noches en cada estación.

c) Técnicas especiales para mamíferos

Adicionalmente se emplearon diferentes métodos, tales como la revisión de los hábitats de presencia probable, registro de huellas, fecas y avistamientos.

Aves

a) Censos de avifauna diurna

En cada estación se aplicó el método de transecto de ancho fijo (Bibby et al. 1992), de quinientos metros de largo y cincuenta metros de ancho, a través de los cuales se establecieron estaciones de escucha/avistamiento cada 60 m. En estas estaciones se registraron el número de individuos observados y/o escuchados durante un período de entre 5 a 10 minutos (Rozzi et al. 1996). Para la identificación se utilizaron binoculares de 8x40 y 8x50, guías de campo (Johnson 1965, Araya & Millie 1996) y grabaciones de canto (Egli 1998). Adicional a los censos, en cada estación de muestreo se consideró el avistamiento diario de especies durante el transcurso del día.

b) Censos nocturnos de aves rapaces

Se realizaron censos nocturnos de aves rapaces en las estaciones de muestreo seleccionadas. Este tipo de censo consiste en emitir vocalizaciones de aves rapaces nocturnas (Egli 1998) en una grabadora portátil, la cual se conecta a un megáfono. Desde las últimas horas del atardecer hasta la noche se emiten vocalizaciones de las especies en periodos de tres emisiones para luego esperar respuestas durante cinco a siete minutos. Las vocalizaciones emitidas durante este estudio correspondieron a las especies que por distribución son las más probables de registrar en el área de estudio.

Herpetofauna

Para la obtención de los registros de reptiles y anfibios, los lugares de recolección fueron en las estaciones de muestreo anteriormente descritas para mamíferos y aves. Para reptiles la colecta se realizó ubicando ambientes tales como piedras, árboles y otros. Para anfibios se utilizó el método de observación directa y el uso de redes entomológicas en ambientes acuáticos. Al atardecer la actividad vocal de los anfibios aumenta y por lo tanto aumentan las probabilidades de determinar su presencia en los distintos ambientes estudiados, especialmente en los bordes de río.

2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LA FAUNA DE VERTEBRADOS

2.1 Inventarios

En base a los registros obtenidos se confeccionó un inventario faunístico, el que considera los registros obtenidos en terreno en los avistamientos diarios, registros auditivos, signos (fecas, plumas, egagrópilas, huellas, entre otros) y los censos, presentando en orden taxonómico las especies registradas para el área. La nomenclatura usada para la fauna de vertebrados siguió a Veloso & Navarro (1988), Núñez & Jaksic (1992), Araya et al. (1995), Araya & Millie (1996), Nowak (1999) y Muñoz-Pedreros & Yáñez (2000).

2.1 Datos censales y análisis estadísticos

Con los datos obtenidos a través de los censos en terreno se elaboró un registro faunístico por estación de muestreo, luego se estableció la riqueza de especies (S) entendida como el número total de especies registradas y abundancia relativa (AB%), valor porcentual en relación al total según técnicas descritas en Muñoz-Pedreros (1992). Además se calculó la diversidad de especies (H') a través del Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (Pielou 1984, Krebs 1985) el cual es un índice de equidad que considera el valor de importancia de cada especie y expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, y la homogeneidad por medio del Índice de Equiparabilidad de Pielou (E) el cual mide la proporción de la diversidad observada (H') con relación a la diversidad esperada (H'_{max}). Su valor se despliega de cero (0) a uno (1) de forma que uno corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Krebs 1985).

2.3 Similitud faunística entre hábitats

Se establecieron los registros de presencia de la fauna de vertebrados, para el caso de mamíferos, en las seis estaciones antes descritas al igual que para los grupos de aves y herpetofauna. En este análisis no se considera la estación Tranque Sloman, puesto que es una estación complementaria sólo para el grupo de las aves. Con los registros obtenidos en los censos se realizó el análisis de agrupamiento entre hábitats (Cluster Análisis) utilizando el índice de distancia promedio y el algoritmo de medias aritméticas no ponderadas de grupos pares (UPGMA) (Pielou 1984) del programa BioDiversity (McAleece 1998). El árbol de agrupamiento resultante permitió distinguir el grado de similitud de la fauna presente en cada estación, considerando todos los grupos faunísticos registrados en los principales hábitats muestreados. Este índice permite visualizar el grado de similitud en la composición faunística entre las estaciones muestreadas y comparar esta similitud respecto al total registrado para el territorio analizado, permitiendo establecer medidas de conservación en aquellas área que se presentan más pobres en riqueza específica o en áreas en donde se presenten especies con bajas abundancias poblacionales. (Véanse estos resultados en el Capítulo IV y V)..

3. RESULTADOS

3.1. Estructura comunitaria de la fauna silvestre

Considerando todos los registros producto de los avistamientos y censos, se inventariaron un total de 26 especies de vertebrados (mamíferos, aves y reptiles) distribuidas en 22 géneros, 17 familias y 10 órdenes. En la Tabla 3-7 se presentan los registros en donde se aprecia la composición de la estructura comunitaria considerando todas las estaciones muestreadas. Del total de especies registradas (26) en este estudio 15,4% corresponden a mamíferos, el 80,8% al grupo de las aves y el 3,8% a reptiles.

TABLA 3-7. ESPECIES, GÉNEROS, FAMILIAS, ÖRDENES Y ESPECIES ENDÉMICAS DE LA FAUNA REGISTRADA EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007.

CLASE	TOTAL DE ESPECIES	TOTAL DE GÉNEROS	TOTAL DE FAMILIAS	TOTAL DE ORDENES	TOTAL DE ESPECIES ENDÉMICAS
Mamíferos	4	4	2	2	0
Aves	21	17	14	7	0
Reptiles	1	1	1	1	1
Total	**26**	**22**	**17**	**10**	**1**

3.2. Micromamiferos

Variación total de especies en las estaciones de muestreo.

Se registraron un total de cuatro especies, de las cuales dos especies son nativas (*Myotis atacamensis* y *Abrothrix olivaceus*) y dos introducidas (*Rattus rattus* y *Mus musculus*), las tres últimas pertenecientes al Orden Rodentia, mientras que *M. atacamensis* (murciélago oreja de ratón del norte) pertenece al Orden Chiroptera. En la Tabla 3-8 se presenta el inventario de mamíferos registrados a través de los censos y avistamientos, en donde además se incluye el estatus. En la Tabla 3-9 se indican los mamíferos registrados en cada unos de las estaciones de muestreo.

TABLA 3-8. INVENTARIO DE MAMÍFEROS REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES MUESTREADAS. VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	ESTATUS
CHIROPTERA	VESPERTIOLINIDAE	*Myotis atacamensis*	Murciélago oreja de ratón	Nativo
RODENTIA	CRICETIDAE	*Abrothrix olivaceus*	Laucha olivácea	Nativo
RODENTIA	MURIDAE	*Rattus rattus*	Rata negra	Introducida
RODENTIA	MURIDAE	*Mus musculus*	Laucha	Introducida

TABLA 3-9. MAMÍFEROS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007. AVISTAMIENTOS (A).

ESPECIE	Cultivo QUI-1	Matorral QUI-2	Borde Río QUI-3	Plantación QUI-4	Pradera QUI-5	Tranque Sta. Fe QUI-6
Abrothrix olivaceus	C		C			C
Rattus rattus				C	C	
Mus musculus	C	C	C	C	C	C
Myotis atacamensis						A
	2	1	2	2	2	3

Los censos de micromamíferos indican que de un total de 864 trampas/noche se registraron tres especies con una abundancia total de 50 ejemplares para un esfuerzo de captura del 5,8%. El detalle de las frecuencias y abundancias de las capturas de micromamíferos y el registro de cada estación de muestreo se presentan en la Tabla 3-10.

Respecto de los registros provenientes de las estaciones olfativas/noche, el 100% de estas estaciones fueron activadas por perros (*Cannis familiaris*) que frecuentaban las áreas muestreadas, no registrándose huellas de especies nativas de ningún otro orden.

En la Tabla 3-10 y Fig. 3-8 se presentan la frecuencia y proporción de especies registradas en cada estación de muestreo producto de las cuatro noches de trampeos.

TABLA 3-10. FRECUENCIA Y ABUNDANCIA RELATIVA DE MAMIFEROS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA. 2007.1= CULTIVO; 2= MATORRAL; 3= BORDE RÍO; 4= PLANTACIÓN; 5= PRADERA; 6= TRANQUE SANTA FE.

ESPECIE	QUI-1	AB (%)	QUI-2	AB (%)	QUI-3	AB (%)	QUI-4	AB (%)	QUI-5	AB (%)	QUI-6	AB (%)	Total	AB (%)
A. olivaceus	2	66,7			10	83,3					7	36,8	19	38,0
R. rattus							1	50,0	1	50,0			2	4,0
M. musculus	1	33,3	12	100,0	2	16,7	1	50,0	1	50,0	12	63,2	29	58,0
	3		12		12		2		2		19		50	

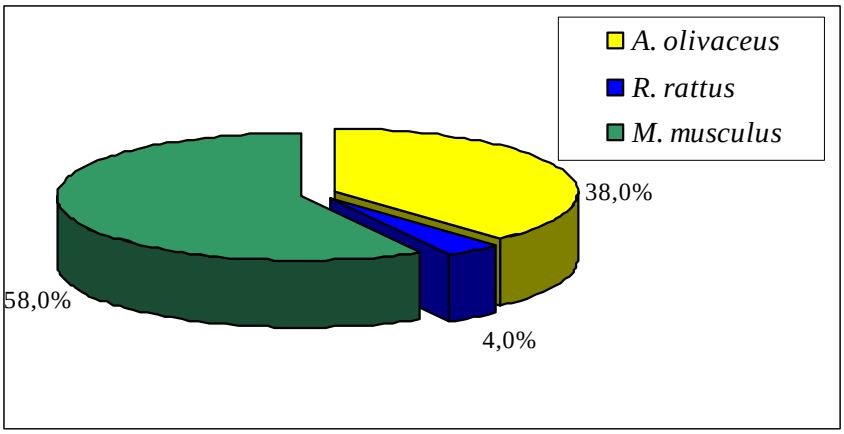


FIGURA 3-8. PROPORCIÓN DE MICROMAMÍFEROS REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA.

3.3 Aves

Considerando los censos y avistamientos, se inventariaron un total de 21 especies (ver Tabla 3-11) de los Ordenes Anseriformes (3), Falconiformes (2), Gruiformes (1), Charadriiformes (1), Columbiformes (1), Caprimulgiformes (1) y Passeriformes (12). La riqueza específica obtenida a través de los censos indica la presencia de 16 especies con una abundancia total de 194 individuos.

El total de especies censadas por estación de muestreo se presenta en la Tabla 3-12. Aquí la mayor riqueza específica fue registrada en la estación Tranque Santa Fe (10), seguida de Borde Río (9) y Matorral (8). En tanto las menores riquezas específicas en este taxón fueron registradas en la estación Plantación (5) y Pradera (0). En ésta última estación no se detectaron individuos.

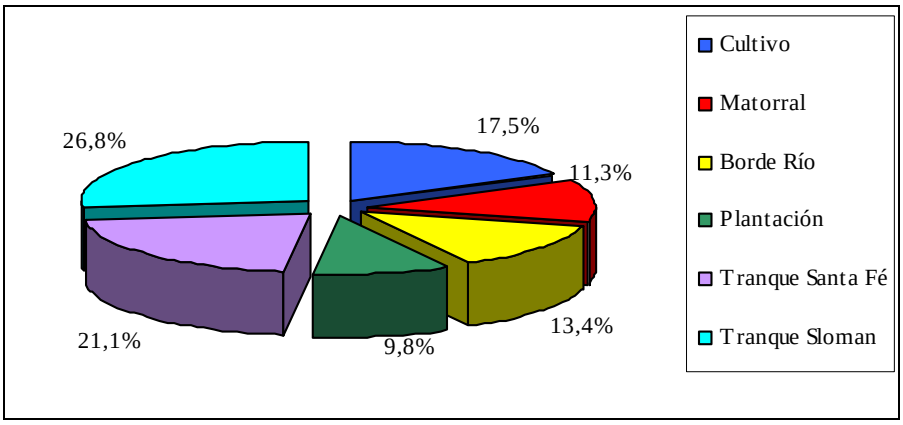


FIGURA 3-9. ABUNDANCIAS RELATIVAS DE LA AVIFAUNA CENSADA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA.

Las mayores abundancias de individuos fueron registradas en la estación complementaria Tranque Sloman (52), Tranque Santa Fe (41) y Cultivo (34) (Fig. 3-9). La variación de las abundancias relativas por especie y la variación de la riqueza específica en cada estación se presentan en la Tabla 3-13.

TABLA 3-11. INVENTARIO DE AVES REGISTRADAS (CENSO Y AVISTAMIENTOS) EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	ESTATUS
ANSERIFORMES	ANATIDAE	*Anas flavirostris*	Pato jergón chico	Residente
ANSERIFORMES	ANATIDAE	*Anas georgica*	Pato jergón grande	Residente
ANSERIFORMES	ANATIDAE	*Anas cyanoptera*	Pato colorado	Residente
FALCONIFORMES	ACCIPITRIDAE	*Buteo polyosoma*	Aguilucho	Residente
FALCONIFORMES	FALCONIDAE	*Falco femoralis*	Halcón perdiguero	Residente
GRUIFORMES	RALLIDAE	*Fulica ardesiaca*	Tagua andina	Residente
CHARADRIIFORMES	LARIDAE	*Larus modestus*	Gaviota garuma	Residente*
COLUMBIFORMES	COLUMBIDAE	*Zenaida auriculata*	Tórtola	Residente
CAPRIMULGIFORMES	CAPRIMULGIDAE	*Chordeiles acutipennis*	Gallina ciega peruana	Accidental
PASSERIFORMES	FURNARIIDAE	*Upucerthia dumetaria*	Bandurrilla	Residente
PASSERIFORMES	FURNARIIDAE	*Phleocryptes melanops*	Trabajador	Residente
PASSERIFORMES	TYRANNIDAE	*Muscisaxicola macloviana*	Dormilona tontita	Residente
PASSERIFORMES	TYRANNIDAE	*Muscisaxicola maculirostris*	Dormilona chica	Residente
PASSERIFORMES	TYRANNIDAE	*Tyrannus savana*	Cazamoscas tijereta	Errante
PASSERIFORMES	TYRANNIDAE	*Tachuris rubrigastra rubrigastra*	Siete colores del norte	Residente
PASSERIFORMES	HIRUNDINIDAE	*Pygochelidon cyanoleuca*	Golondrina dorso negro	Residente
PASSERIFORMES	TROGLODYTIDAE	*Troglodytes aedon*	Chercán	Residente
PASSERIFORMES	THRAUPIDAE	*Conirostrum tamarugense*	Comesebo del Tamarugal	Residente
PASSERIFORMES	THRAUPIDAE	*Conirostrum cinereum*	Comesebo chico	Residente
PASSERIFORMES	EMBERIZIDAE	*Zonotrichia capensis*	Chincol	Residente
PASSERIFORMES	PASSERIDAE	*Passer domesticus*	Gorrión	Introducido

* Esta especie transita sobre el Valle de Quillagua en su desplazamiento entre su sitio de reproducción y desscanso en el desierto y su sitio de alimentación en la costa.

TABLA 3-12. AVIFAUNA REGISTRADA (CENSOS Y AVISTAMIENTOS) EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA, 2007. C= CENSO, A= AVISTAMIENTO. QUI-1=CULTIVO; QUI-2=MATORRAL; QUI- 3= BORDE RÍO; QUI-4= PLANTACIÓN; QUI- 6= TRANQUE SANTA FE Y QUI-7= TRANQUE SLOMAN.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	QUI-1	QUI-2	QUI-3	QUI-4	QUI-5	QUI-6	QUI-7
Anas flavirostris	Pato jergón chico							C
Anas georgica	Pato jergón grande		A	A			C	
Anas cyanoptera	Pato colorado			C				
Buteo polyosoma	Aguilucho				A		A	A
Falco femoralis	Halcón perdiguero			A				
Fulica ardesiaca	Tagua andina			C				C
Larus modestus	Gaviota garuma			A				
Zenaida auriculata	Tórtola	C						
Chordeiles acutipennis	Gallina ciega peruana		A					
Upucerthia dumetaria	Bandurrilla	C						
Phleocryptes melanops	Trabajador		C	C			C	
Muscisaxicola macloviana	Dormilona tontita						C	
Muscisaxicola maculirostris	Dormilona chica	C					C	C
Tyrannus savana	Cazamoscas tijereta		A					
Tachuris rubrigastra rubrigastra	Siete colores del norte						C	
Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina dorso negro						C	C
Troglodytes aedon	Chercán	C	C	C			C	C
Conirostrum tamarugense	Comesebo del Tamarugal		C		C		C	C
Conirostrum cinereum	Comesebo chico	C	C		C		C	
Zonotrichia capensis	Chincol	C	C	C	C			
Passer domesticus	Gorrión	C		C	C			
TOTAL ESPECIES 21		7	8	9	5	0	10	7

TABLA 3-13. AVIFAUNA CENSADA Y ABUNDANCIA RELATIVA PARA CADA ESPECIE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA,2007. QUI-1=CULTIVO; QUI-2=MATORRAL; QUI- 3= BORDE RIO; QUI-4= PLANTACION; QUI- 6= TRANQUE SANTA FE Y QUI-7= TRANQUE SLOMAN.

ESPECIE	QUI-1	AB (%)	QUI-2	AB (%)	QUI-3	AB (%)	QUI-4	AB (%)	QUI-6	AB (%)	QUI-7	AB (%)	Total	AB (%)
Anas flavirostris											3	5,8	3	1,5
Anas georgica									4	9,8			4	2,1
Anas cyanoptera					2	7,7							2	1,0
Fulica ardesiaca					4	15,4					31	59,6	35	18,0
Zenaida auriculata	2	5,9											2	1,0
Upucerthia dumetaria	2	5,9											2	1,0
Phleocryptes melanops			4	18,2	4	15,4			6	14,6			14	7,2
Muscisaxicola macloviana									4	9,8			4	2,1
Muscisaxicola maculirostris	6	17,6							5	12,2	6	11,5	17	8,8
Tachuris rubrigastra rubrigastra									6	14,6			6	3,1
Pygochelidon cyanoleuca									4	9,8	6	11,5	10	5,2
Troglodytes aedon	6	17,6	6	27,3	6	23,1			6	14,6	4	7,7	28	14,4
Conirostrum tamarugense			4	18,2			2	10,5	3	7,3	2	3,8	11	5,7
Conirostrum cinereum	4	11,8	2	9,1			6	31,6	3	7,3			15	7,7
Zonotrichia capensis	8	23,5	6	27,3	6	23,1	7	36,8					27	13,9
Passer domesticus	6	17,6			4	15,4	4	21,1					14	7,2
	34	100,0	22	100,0	26	100,0	19	100,0	41	100,0	52	100,0	194	100,0

3.4. Herpetofauna

Para el caso de los reptiles se registró una especie *Microlophus theriesiodes* (corredor de Tereza) perteneciente a la Familias Tropiduridae del Orden Squamata. En la Tabla 3-15 se indica el inventario de la especie registrada producto de los registros y avistamientos durante el muestreo, se indica además el estatus. En la Tabla 3-16 se presenta el registro y abundancia por especies para cada estación estudiada.

En relación al grupo de los anfibios, a pesar del esfuerzo de muestreo (registro visual, uso de redes, vocalizaciones, entre otras) no se registraron especies para este taxón.

TABLA 3-15. INVENTARIO REPTILES PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	ESTATUS
SQUAMATA	TROPIDURIDAE	*Microlophus theriesiodes*	Corredor de Tereza	Nativa

TABLA 3-16. REPTILES PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

ESPECIE	Cultivo	Matorral	Borde Río	Plantación	Pradera	Tranque Santa Fe	TOTAL REPTILES
Microlophus theriesiodes	4	8	0	15	25	27	79
Número de especies	1	1	0	1	1	1	1

3.5. Síntesis de la fauna registrada por estación de muestreo

CULTIVO. Para el grupo de los mamíferos se registraron dos especies, el roedor nativo *Abrothrix olivaceus* (laucha olivácea) y el roedor introducido *Mus musculus* (laucha). Las capturas en esta estación de muestreo fueron tres individuos, con un esfuerzo de captura del 2,1% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se inventariaron (censos y avistamientos) un total de siete especies. Mediante censos se detectó la presencia de siete especies con un total de 34 individuos, las mayores abundancias fueron para *Zonotrichia capensis* (chincol) con un 23,5%, en menor proporción se registraron a *Muscisaxicola maculirostris* (dormilona chica), *Troglodytes aedon* (chercán), *Passer domesticus* (gorrión) con un 17,6% respectivamente. Respecto del grupo de los reptiles se registraron cuatro individuos pertenecientes a la especie *Microlophus theriesiodes* (corredor de Tereza). Para el taxón anfibios no se registraron especies.

MATORRAL. Para el grupo de los mamíferos se registró sólo una especie *M. musculus* (laucha) micromamífero introducido perteneciente a la familia Muridae del Orden Rodentia. Los registros en esta estación de muestreo fueron de 12 individuos, con un esfuerzo de captura del 8,3% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se inventariaron (censos y avistamientos) un total de ocho especies. Los censos realizados indican la presencia de cinco especies con un total de 22 individuos, las mayores abundancias fueron para *Troglodytes aedon* (chercán) y *Z. capensis* (chincol) ambos con un 27,3%, en menor proporción se registraron a *Phleocryptes melanops* (trabajador) y *Conirostrum tamarugense* (comesebo del Tamarugal) ambas con un 18,2%. Respecto del grupo de los reptiles se registraron ocho individuos pertenecientes a la especie *Microlophus theriesiodes* (corredor de Tereza). Para el taxón anfibios no se registraron especies.

BORDE RÍO. Para el grupo de los mamíferos se registraron dos especies: *A. olivaceus* (lauchita olivácea) y *M. musculus* (laucha). Los registros en esta estación de muestreo fueron de 10 y dos individuos respectivamente para un total de 12, con un esfuerzo de captura del 8,3% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se inventariaron (censos y avistamientos) un total de nueve especies. Los censos realizados indican la presencia de seis especies con un total de 26 individuos, las mayores abundancias fueron para *T. aedon* (chercán) y *Z. capensis* (chincol) ambos con un 23,1%, en menor proporción se registraron a *Fulica ardesiaca* (tagua andina), *Phleocryptes mela*nops (trabajador) y *P. domesticus* (gorrión) con un 15,4% respectivamente. Respecto del grupo de los reptiles y el taxón anfibios no se registraron especies.

PLANTACIÓN. Para el grupo de los mamíferos se registraron dos especies: *Rattus rattus* (rata negra) y *M. musculus* (laucha), micromamíferos introducidos perteneciente a la familia Muridae del Orden Rodentia. Los registros en esta estación de muestreo fueron de un individuo para cada especie, para un total de dos, con un esfuerzo de captura del 1,4% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se inventariaron (censos y avistamientos) un total de cinco especies. Los censos realizados indican la presencia de cuatro especies con un total de 19 individuos, las mayores abundancias fueron para *Z. capensis* (chincol) con un 36,8%, en menor proporción se registraron a *Conirostrum cinereum* (comesebo chico) con un 31,6% y *P. domesticus* (gorrión) con un 21,1%. Respecto del grupo de los reptiles se registró sólo una especie *M. theriesiodes* (corredor de Tereza) con 15 individuos. Para el taxón anfibios no se registraron especies.

PRADERA. Al igual que la estación anterior el grupo de los mamíferos registró dos especies: *R. rattus* (rata negra) y *M. musculus* (laucha), micromamíferos introducidos perteneciente a la familia Muridae del Orden Rodentia. Los registros en esta estación de muestreo fueron de un individuo respectivamente para un total de dos, con un esfuerzo de captura del 1,4% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves no se inventariaron especies. Respecto del grupo de los reptiles se registró sólo una especie *M. theriesiodes* (corredor de Tereza) con 25 individuos. Para el taxón anfibios no se registraron especies.

TRANQUE SANTA FE. Para el grupo de los mamíferos se registraron dos especies: *A. olivaceus* (lauchita olivácea) y *M. musculus* (laucha), perteneciente a la familia Muridae del

Orden Rodentia. Los registros en esta estación de muestreo fueron de siete y 12 individuos respectivamente para un total de 19, con un esfuerzo de captura del 13,2% para 144 trampas/noche. Además, se registró una especie del Orden Chiroptera *Myotis atacamensis* (murciélago oreja de ratón). Para el taxón aves se inventariaron (censos y avistamientos) un total de 10 especies. Los censos realizados indican la presencia de nueve especies con un total de 41 individuos, las mayores abundancias fueron para *P. melanops* (trabajador), *Tachuris rubrigastra rubrigastra* (siete colores del norte) y *T. aedon* (chercán) con un 14,6% respectivamente. En menor proporción se registraron a *M. maculirostris* (dormilona chica) con un 12,2%, *Anas georgica* (pato jergón grande), *Muscisaxicola macloviana* (dormilona tontita) y *Pygochelidon cyanoleuca* (golondrina de dorso negro) con un 9,8% respectivamente. Respecto del grupo de los reptiles se registró sólo una especie *M. theriesiodes* (corredor de Tereza) con 27 individuos. Para el taxón anfibios no se registraron especies.

TRANQUE SLOMAN. En esta estación complementaria para el taxón aves, se inventariaron (censos y avistamientos) un total de siete especies. Los censos realizados indican la presencia de seis especies con un total de 52 individuos, las mayores abundancias fueron para *Fulica ardesiaca* (tagua andina) con un 59,6%. En menor proporción se registraron a *M. maculirostris* (dormilona chica) y *Pygochelidon cyanoleuca* (golondrina de dorso negro) con un 11,5% respectivamente.

4. CONCLUSIONES

Se inventariaron un total de 26 especies de vertebrados (mamíferos, aves y reptiles) distribuidas en 22 géneros, 17 familias y 10 órdenes. De las 26 especies registradas el 15,4% corresponden a mamíferos, el 80,8% al grupo de las aves y el 3,8% a reptiles.

En mamíferos se registraron un total de cuatro especies, el murciélago *Myotis atacamensis* del Orden Chiroptera, el roedor nativo *Abrothrix olivaceus* y los roedores introducidas *Rattus rattus* y *Mus musculus*, del Orden Rodentia. La riqueza específica (S) en mamíferos, considerando censos y avistamientos, fue similar para las estaciones Cultivo, Borde Río, Plantación y Pradera (dos especies), en tanto que la estación Tranque Santa Fe presentó la mayor riqueza específica (tres especies) y la estación Matorral la menor con sólo una especie. La mayor proporción de las abundancias registradas fueron para el roedor introducido *M. musculus* (58,0%). Le sigue en importancia el roedor nativo *A. olivaceus* (38,0%).

En el grupo de las aves se registraron un total de 21 especies, considerando censos y avistamientos, de los Ordenes Anseriformes (3), Falconiformes (2), Gruiformes (1), Charadriiformes (1), Columbiformes (1), Caprimulgiformes (1) y Passeriformes (12). La riqueza específica obtenida a través de los censos indica la presencia de 16 especies con una abundancia total de 194 individuos. Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas (S), considerando censos y avistamientos, fueron Tranque Santa Fe (10 especies), Borde Río (9 especies) y Matorral (8 especies). La menor riqueza específica fue registrada en la estación Plantación (5 especies) y la estación Pradera en donde no se detectaron especies de avifauna. Las mayores abundancias proporcionales por especie

fueron para *Fulica ardesiaca* (18,0%), *Troglodytes aedon* (14,4%) y *Zonotrichia capensis* (13,9%) del total de individuos.

El análisis de los índices de diversidad para la avifauna, que consideran sólo los datos obtenidos a través de los censos, indican que de un total de 16 especies censadas las estaciones con mayor riqueza específica fueron Tranque Santa Fe (9 especies), Cultivo (7 especies), Borde Río y la estación complementaria Tranque Sloman (6 especies). Las mayores abundancias absolutas fueron para la estación complementaria Tranque Sloman (52), Tranque Santa Fé (41) y Cultivo (34). La diversidad (H') indica que los valores más altos se registran en la estación Tranque Santa Fe con un valor de 3,1 para una diversidad máxima (H'máx) esperada de 3,2 le siguen Cultivo con un valor de 2,6 para una diversidad máxima (H'máx) esperada de 2,8 y Borde Río con un valor de 2,5 para una diversidad máxima (H'máx) esperada de 2,6. La equiparabilidad (J) presentó valores que indican un tendencia a la homogeneidad, es decir, las poblaciones tienden a presentan abundancias similares, sin embargo, esto no es concluyente por el bajo número tanto de especies como de sus respectivas abundancias, además porque este estudio sólo consideró una época, desconociéndose la composición de la avifauna del resto de las estaciones del año.

Para el grupo de los reptiles se registró sólo una especie, *Microlophus theriesiodes* perteneciente al la Familia Tropiduridae del Orden Squamata. Para la Clase Amphibia no se registraron especies en toda el área de estudio.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD

En este capítulo se presenta un análisis comparativo de los resultados de la biodiversidad obtenidos en los cinco sitios prioritarios para la conservación contemplados en este estudio: Valle de Quillagua, Oasis de Calama, Laguna Lejía, Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio (en ese orden) de manera de entregar una visión global del valor de la biodiversidad a nivel regional a la vez que se determina el valor relativo de la biodiversidad en cada sitio en particular. A partir de los datos censales en el caso de fauna y del inventario en el caso de la flora, se calcularon los índices de biodiversidad propuestos en la metodología, así como dendrogramas de similitudes para flora y fauna por separado, para cada estación de muestreo. Este procedimiento se realizó en cada una de las áreas de estudio para luego realizar una comparación de los resultados de las cinco áreas de estudio, utilizando esta vez todos los datos disponibles (registros previos bibliográficos, producto de la exhaustiva revisión bibliográfica y registros de las campañas de terreno) tanto para flora como para fauna.

1. BIODIVERSIDAD, CONCEPTOS Y MEDICIONES

1.1. Concepto de biodiversidad

La diversidad biológica o biodiversidad es la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, así como los complejos ecológicos de los que forman parte, lo que incluye diversidad dentro de las especies (intraespecífica), entre las especies (interespecífica) y de ecosistemas (UNEP 1992). De este modo la biodiversidad es el conjunto de genes, especies, ecosistemas y paisajes en un espacio determinado y en un momento dado, considerados en sus interacciones jerárquicas sucesivas (Di Castri 2003).

1.2. Medición de la biodiversidad

¿Cómo podemos comparar un área respecto a la otra?, ¿cuándo podemos aseverar que su biodiversidad es alta o baja? La única forma es midiéndola y para esto debemos seleccionar la escala que deseamos: genética, de especies o de comunidades.

Medición a nivel genético

A nivel genético encontramos la base sobre la que descansa toda la biodiversidad en las escalas superiores. Esta variación genética determina la forma en que una especie interactúa con su ambiente y con otras especies. Así esta variación se detecta, en la actualidad, a nivel molecular estudiando los cambios en la estructura del ADN o en forma indirecta en las proteínas que codifican genes específicos. También considerando la variación morfológica de caracteres cuantitativos y en la separación de esta variación en sus componentes genético y ambiental (véase Meffe & Carroll 1994, Moreno 2001).

Medición a nivel de especies

Esta escala es la más frecuentemente empleada y se separa en componentes alfa, beta y gamma. La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad homogénea determinada, la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades presentes en un paisaje y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultado de la diversidad alfa y beta (Whittaker 1972, Moreno 2001). De este modo, si se desea conservar la biodiversidad a través de programas realistas, se deben conocer la biodiversidad en comunidades naturales y perturbadas por el hombre (diversidad alfa), su tasa de cambio entre diferentes comunidades (diversidad beta), y el aporte al nivel regional (diversidad gamma).

Medición de la diversidad alfa

Para medir la diversidad alfa existen dos opciones: (a) métodos sustentados en la riqueza de especies (cuantifican el número de especies presentes) y (b) métodos sustentados en la estructura (calculan la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie, como la abundancia relativa). Estos últimos pueden basarse en la dominancia (e.g., índice de Simpson) o en la equidad de la comunidad (e.g., índice de Shannon-Wiener). Calcular la diversidad alfa mediante el simple conteo de especies es una medida robusta y confiable, ya que es el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies en un hábitat determinado. Sin embargo vale la pena, cuando es posible, incorporar información sobe el valor de importancia de cada especie ya que medir la abundancia relativa permite identificar las especies de baja representatividad (poco abundantes), que son más sensibles a las perturbaciones humanas, y, por otro lado identifican un cambio en la diversidad (e.g., número de especies, distribución de la abundancia de especies o dominancia), indicando procesos negativos de pérdida de diversidad (Magurran 1998, Moreno 2001). Entonces, es importante tratar de cuantificar el número de especies y su representatividad.

Medición de la diversidad beta

Esta diversidad entre hábitats es el grado de reemplazo de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales, y está basada en proporciones o diferencias, las que se evalúan mediante índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (e.g., presencia/ausencia de especies) o cuantitativos (e.g., abundancia proporcional, densidad, cobertura). Existen varios índices de similitud/disimilitud, según si se calculan con datos cualitativos (e.g., coeficiente de similitud de Jaccard) o con datos cuantitativos (índice de Morisita-Horn).

Medición de la diversidad gamma

La diversidad gamma es la riqueza de especies de un grupo de hábitats (e.g., el altiplano) que resulta como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas (diversidad beta). Cuando se dispone de pobre información en biodiversidad, como en Chile, apenas se cuenta con listas de especies de cada hábitat (diversidad alfa), pero rara vez de información completa de la diversidad beta, lo que imposibilita el cálculo de la diversidad gamma. Pero, si se dispone de ambas diversidades (alfa y beta)

existen índices que permiten calcularla sin dificultades (e.g., cálculos basados en la riqueza de especies, en el índice de Shannon y en el de Simpson), véase estos y otros métodos en Moreno (2001).

Medición a nivel de comunidades

La ecología del paisaje aborda escalas espaciales amplias y los efectos ecológicos del patrón espacial de las comunidades. Una comunidad es el conjunto de especies, de un área determinada en un tiempo dado, que interactúan entre sí. Por otro lado el paisaje puede definirse como un área terrestre heterogénea compuesta por un conjunto de comunidades que interactúan y se repiten de forma similar. Esta escala es muy interesante porque pretende conservar las especies junto a los procesos y hábitats, y porque considera la estructura de los paisajes (e.g., las relaciones espaciales entre los diferentes ecosistemas presentes), la función de los paisajes (e.g., flujos de energía, materiales y especies entre las comunidades) y el cambio del paisaje (e.g., alteración en la estructura y función a lo largo del tiempo). La biodiversidad a nivel de comunidades puede medirse de modo similar a la diversidad alfa de especies, es decir como la riqueza o la proporción de comunidades diferentes en un paisaje. Aquí también se puede aplicar el índice de Shannon-Wiener, donde p_i es la proporción relativa (área) de cada comunidad dentro del paisaje (Forman 1995, Farina 1998, Moreno 2001).

1.3. Selección de métodos

Ahora bien ¿cómo seleccionar un método adecuado? Esto dependerá de varios factores: por un lado del nivel de la biodiversidad que se va a estudiar, ya sea dentro de una comunidad (diversidad alfa), entre comunidades (diversidad beta) o en el conjunto de comunidades (diversidad gamma). Por otro lado, también depende del grupo de plantas o animales bajo estudio, en especial de la cantidad de información disponible (gran limitante en la mayoría de los ecosistemas chilenos). Por último, depende de las restricciones matemáticas que algunos métodos tienen (e.g., tipo de distribución de los datos).

Métodos seleccionados para la diversidad alfa

Para el área de estudio empleamos el nivel de especies, midiendo la diversidad alfa. En particular y, cuando dispusimos de datos cuantitativos y ajustados al método, empleamos un índice de abundancia proporcional, el índice de equidad de Shannon-Wiener (e.g., plantas vasculares, roedores, aves). Cuando no fue posible, por restricciones metodológicas, logísticas y/o de tiempo, empleamos métodos para estimar la diversidad alfa mediante el índice de riqueza de especie (S) (e.g., carnívoros, artiodáctilos, herpetofauna). Finalmente para proporcionar expresión cartográfica, se estandarizó la información al índice de riqueza de especies.

Métodos seleccionados para la diversidad beta

En este caso empleamos el índice de similitud de Jaccard que expresa el grado en que dos muestras (hábitats, ecosistemas, asociaciones o comunidades) son semejantes por las especies presentes en ellas.

Índice de similitud de Jaccard

$$I_j = \frac{a}{a+b-c}$$

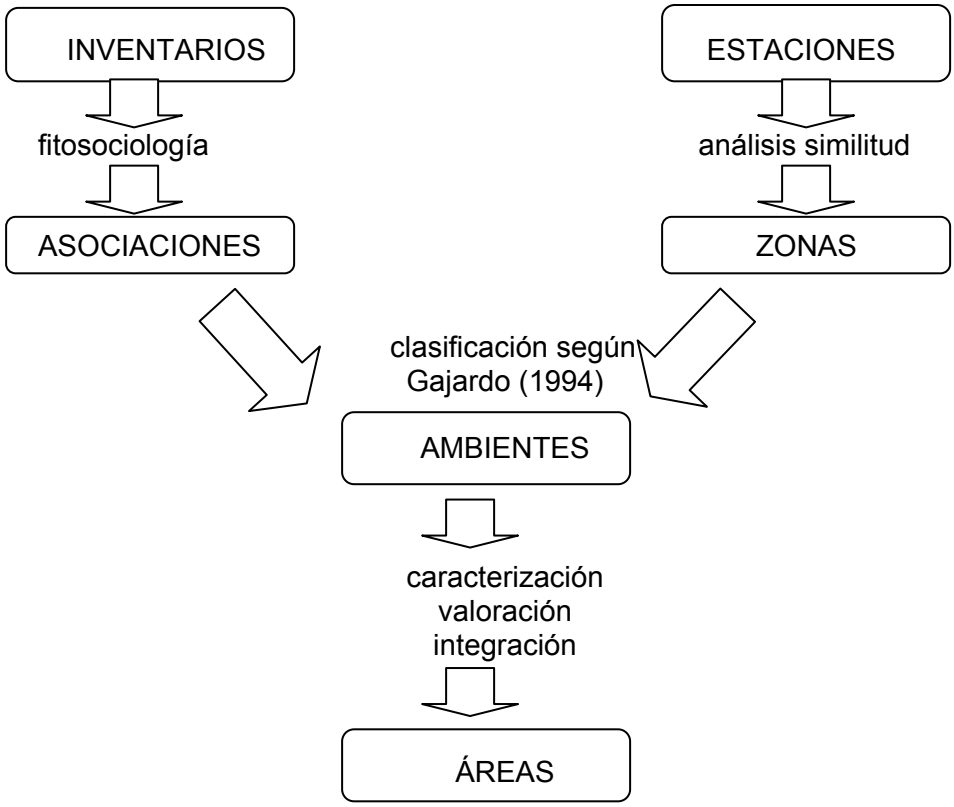
Donde

a= es el número de especies presentes en el sitio A
b= es el número de especies presentes en el sitio B
c= es el número de especies presentes en ambos sitios A y B

El valor fluctúa entre 0, cuando no existen especies compartidas entre ambos hábitats, hasta 1, cuando los hábitats comparados tienen la misma composición de especies.

1.4. Procedimiento de análisis de la biodiversidad

El siguiente diagrama señala el procedimiento seguido para realizar el análisis de la biodiversidad:



Primer paso. Se recogió la información de terreno directamente en inventarios, para la flora, y en estaciones de muestreo, para la fauna. Se estableció la riqueza de especie (S), índices de

equidad cuando fue viable (plantas, micromamíferos y aves), endemismos y estados de conservación. Los productos fueron: (a) para el caso de las plantas, mediante la fitosociología se determinaron las asociaciones vegetacionales y para los vertebrados mediante índices de similitud/disimilitud la zonas de análisis. El *segundo paso* analizó las asociaciones (vegetación) y zonas (vertebrados) y las reunió en ambientes, siguiendo a Gajardo (1994). Los productos fueron: (a) ambientes presentes, (b) caracterización y valoración de cada ambiente (vegetación y fauna). El *tercer paso* integró toda esta información para caracterizar las áreas, en las que se realiza los posteriores análisis del uso, amenazas, protección. Finalmente en estas áreas se territorializan la zonificación y propuestas de planes de manejo.

2. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD VEGETACIONAL

2.1. Diversidad y endemismo vegetacional de la región de Antofagasta

Squeo et al. (1998) determinaron las áreas de máxima biodiversidad dentro de la región de Antofagasta. Emplearon 8.784 colectas contenidas en una base de datos (versión 1998) con colectas desde 1836. Usaron la clasificación vegetacional de Gajardo (1994) para el análisis territorial y determinaron que las áreas de mayor biodiversidad son la zona costera, seguida de las formaciones de prepuna y puna al norte de la región. Empleando la riqueza taxonómica y los endemismos de la flora, determinaron las variaciones en las áreas de biodiversidad. En el ámbito de especies representadas, en las unidades prepuneñas y puneñas se observa la tendencia a que la diversidad de especies y el endemismo decrecen en sentido norte-sur. Por otra parte, el catálogo de la flora vascular de la Región de Antofagasta, elaborado por Marticorena et al. (1998), documentan la existencia de 1.056 especies para la región de Antofagasta.

Cavieres et al. (2002), usando la misma base de datos que Simonetti & Veloso (2003), concluyen que dentro de la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismos, asociadas a la costa y a la cordillera de los Andes. Dentro de esta última, y al norte de la comuna de San Pedro de Atacama se propone una zona en la cual se deben desarrollar esfuerzos prioritarios de conservación dado su elevado nivel de endemismo. Este sector, presentaría un endemismo del 13,9% para Chile (especies no presentes en otro país) y 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile). La presencia de especies endémicas también disminuye con la altura (Simonetti & Veloso 2003).

2.2. Diversidad vegetacional del Valle de Quillagua

En el área de estudio se registraron 24 especies, cuatro Algas filamentosas (16,7%), un Pteridófito (4,2%), 13 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (54,2%) y seis Monocotiledóneas (Liliopsida) (25%), agrupadas en las siguientes comunidades vegetacionales: (a) ***Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*** con tres especies y dominadas por *Pluchea absinthioides* y *Distichlis spicata.* (b) ***Atriplex atacamensis-Distichlis spicata*****,** con cuatro especies, dominadas por *Atriplex atacamensis* y *Distichlis spicata*. (c) ***Baccharis juncea-Sirpus americanus,*** asociación con mayor humedad, con siete especies y dominancia de *Baccharis juncea* y *Sirpus americanus*, acompañada de *Distichlis spicata* y *Atripex atacamensis*. En esta comunidad, en sectores de mucha humedad, destacan especies hidrófilas como el alga

filamentosa *Stygeoclonium* sp y *Ruppia maritima*. (d) ***Baccharis juncea-Distichlis spicata***, con seis especies dominada por *Scirpus americanus, Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis.* Se agrega a estas comunidades un cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) con seis especies (Fig. 4-1).

FIGURA 4-1. COMUNIDADES VEGETACIONALES PRESENTES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

Los índices de diversidad calculados a partir de las 13 especies inventariadas (Tabla 4-1 y Figura 4-2) indican que la diversidad florística es baja, en general, y las comunidades comparten varias especies entre sí, sólo *Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* tiene una disimilitud mayor del 50%. El cultivo de alfalfa, tiene un número similar de especies y es claramente diferente en su composición al resto de las comunidades nativas. Así, el Valle de Quillagua no es un área de interés desde el punto de vista de la diversidad vegetal.

TABLA 4-1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. OCTUBRE 2007.

Índices	*Baccharias/ Distichlis*	*Tessaria/ Distichlis*	*Baccharias/ Sirpus*	*Atriplex/ Distichlis*	Cultivo alfalfa	TOTAL QUILLAGUA
Riqueza de Especies (S)	6	3	7	4	6	13
Shannon H'	0,47	0,41	0,59	0,48	0,51	0,78
Shannon Hmax	0,78	0,48	0,85	0,60	0,78	1,11
Shannon J'	0,60	0,86	0,70	0,80	0,66	0,70

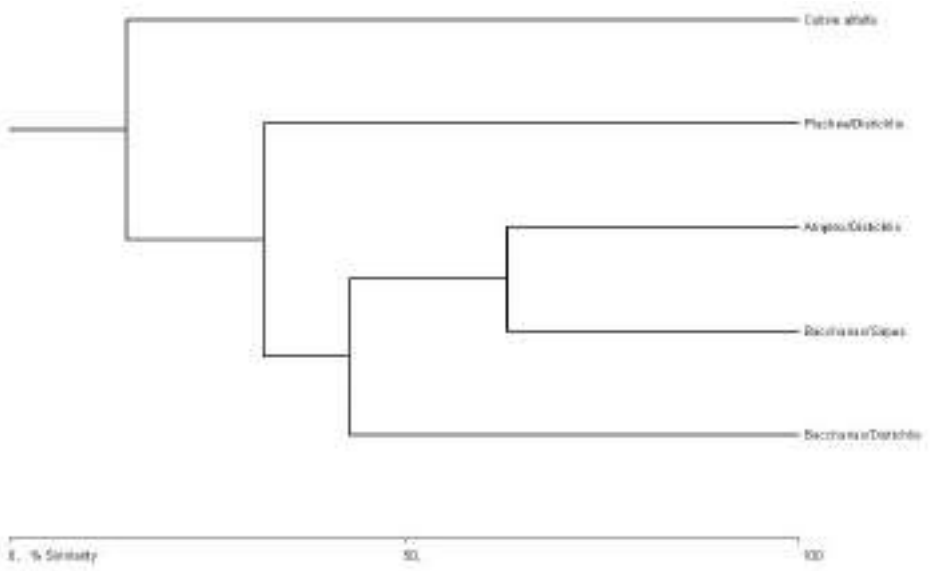


FIGURA 4-2. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

2.3. Diversidad vegetacional del Oasis de Calama

En esta área de estudio se registraron 37 especies distribuidas en cinco Algas filamentosas (13,5%), un Pteridófito (2,7%), 18 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (48,6%) y 13 Monocotiledóneas (Liliopsida) (35,1%). Estas especies se agrupan en cinco comunidades de plantas: (a) ***Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*** con 10 especies, dominado por *Pluchea absinthioides, Distichlis spicata* y *Juncus articus.* (b) ***Baccharis juncea-Distichlis spicata*** con dos especies, dominadas por *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata*. (c) ***Distichletum spicatae***, con una especie *Distichlis spicata,* (d) ***Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata***, con ocho especies y dominada por *Atriplex atacamensis, Baccharis petiolata,* acompañada de *Cortaderia atacamensis, Tessaria absinthioides, Juncus articus, Scirpus americanus* según los ambientes. (e) ***Baccharis juncea-Scirpus americanus***, con nueve especies, dominadas por *Baccharis juncea* y *Scirpus americanus.* A estas asociaciones se agregan cultivos de maíz y alfalfa.

El Mirador

Loa Medio

Yalquincha Ojo de Opache

FIGURA 4-3. AMBIENTES PRESENTES EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

Los índices de diversidad calculados a partir de las 18 especies inventariadas (Tabla 4-2 y Figura 4-4) indican que, como en Quillagua, la diversidad florística no es alta, sin embargo presenta, en general, índices de equidad con comunidades que contienen especies bien representadas (sólida diversidad alfa). Es decir hay pocas especies que dominan la comunidad. Por otro lado si se examina el dendrograma de similitud, se verá que la mayoría de las comunidades son diferentes, es decir comparten pocas especies, lo que incrementa la diversidad beta (a diferencia de lo visto en el Valle de Quillagua). La diversidad es la esperada para este tipo de ambiente.

TABLA 4-2. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CINCO COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL OASIS DE CALAMA. OCTUBRE 2007.

Índices	*Atriplex/ Baccharis*	*Baccharis/ Scirpus*	*Baccharis/ Distichlis*	*Tessaria/ Distichlis*	*Distlichetum*	TOTAL CALAMA
Riqueza de Especies (S)	8	9	2	10	1	18
Shannon H'	0,62	0,74	0,30	0,58	0,01	0,85
Shannon Hmax	0,85	1,08	0,30	0,85	0,30	1,15
Shannon J'	0,73	0,68	1,00	0,69	0,02	0,74

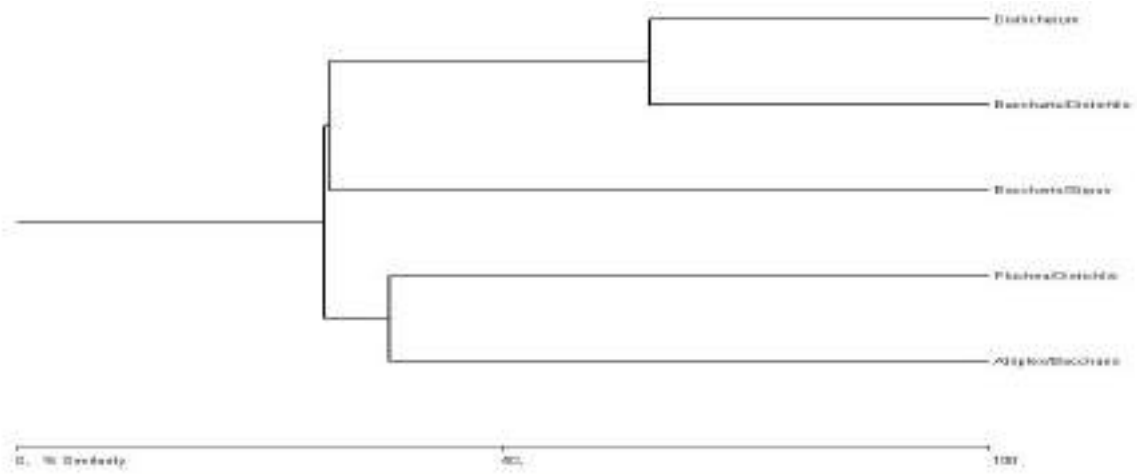


FIGURA 4-4. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

2.4. Diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama

Simonetti & Veloso (2003) analizaron la diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama, a partir de una base de datos de la flora de la región de Antofagasta (Marticorena et al. 1998), así subdividieron la comuna en 10 cuadrantes según latitud y longitud, incorporando, a cada cuadrante, una lista de especies potencialmente presentes, para las cuales se conocian su forma de vida y su origen (endémica, nativa o introducida). De las 426 especies de plantas vasculares esperadas para la comuna de San Pedro de Atacama, tres especies (0,7%) serían Pteridófitas (helechos): *Cheilantes pruinata*, *Notholaena nivea* y *Thelypteris argentina*, tres especies (0,7%) serían Gimnospermas del género *Ephedra*: *Ephedra breana*, *E. chilensis* y *E. multiflora* y 420 especies (98,6%) serían Angiospermas. En relación a las formas de vida 214 especies serían hierbas perennes, 95 especies anuales, 66 especies arbustos, 43 especies subarbustos, siete especies serían bianuales y tres árboles.

2.5. Diversidad vegetacional en Laguna Lejía

En el área de estudio de Lejía se registraron 29 especies, agrupadas en dos asociaciones vegetacionales: (a) el pajonal de la estepa altoandina, ***Stipa-Deyeuxia*** comunidad de herbáceas y arbustos bajos, con 23 especies, entre las que destacan *Stipa frigida, S. nardoides, Deyeuxia cabrerae, D. antoniana, Pycnophyllum bryoides, P. macropetalum, Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera* y (b) una formación azonal ribereña, ***Puccinellia-Calandrinia*** comunidad de herbáceas representada por sólo seis especies, entre las que destacan *Puccinellia frigida, Calandrinia oculta, Werneria incisa* y *Arenaria rivularis* (Fig. 4-5)

Comunidad azonal ribereña

Pajonal altoandino

Stipa frigida

Pycnophyllum bryoides

Urbania pappigera

Calandrinia oculta

Werneria incisa

Arenaria rivularis

FIGURA 4-5. COMUNIDADES VEGETACIONALES Y SEIS ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE LAGUNA LEJÍA.

En la Tabla 4-3 se muestra el análisis de diversidad alfa mediante el índice de Shannon-Wiener. Si bien la diversidad según la riqueza de especies es mayor en el pajonal altoandino (S= 23) que en la formación azonal ribereña (S=6), esta última presenta un índice de equidad de Shannon-Wiener mayor (0,95 versus 0,58 respectivamente), es decir sus especies, aunque pocas, están mejor representadas que en el pajonal, con dominancia de unas pocas especies. Puede verificarse esto al examinar la Tabla de frecuencias registradas en los inventarios de la Tabla 3-5.

TABLA 4-3. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE DOS COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE LAGUNA LEJÍA. ENERO 2008.

	Pajonal de la estepa altoandina	Formación azonal ribereña	
Índices	*Stipa-Deyeuxia*	*Puccinellia-Calandrinia*	TOTAL LEJÍA
Riqueza de Especies (S)	23	6	29
Shannon H'	0,58	0,95	1,11
Shannon Hmax	0,78	1,36	1,46
Shannon J'	0,75	0,70	0,76

Folio006325

Ahora si hacemos una comparación entre comunidades puede verse que ambas son completamente disímiles (Fig. 4-6), incrementando la diversidad beta, ya que las comunidades no comparten ninguna especie. Ambas comunidades son importantes. El pajonal altoandino por su alta riqueza proporcional de especies (S= 23) y la azonal ribereña por su alto índice de equidad (todas las especies bien representadas) y su importante rol ecológico en la mantención del ensamble de aves acuáticas e invertebrados presentes en Laguna Lejía.

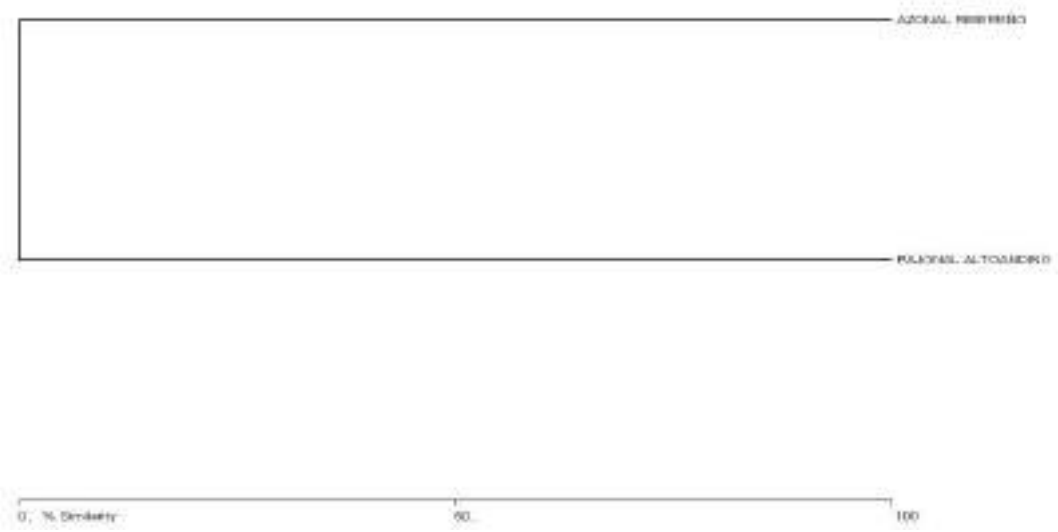


FIGURA 4-6. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE DOS COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO LAGUNA LEJÍA. ENERO 2008.

2.6. Diversidad vegetacional en Alrededores del Volcán Licancabur

Las 93 especies registradas se distribuyen taxonómicamente en 72 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (77,4%), 18 Monocotiledóneas (Liliopsida) (19,4%), dos Gnetopsida (2,2%) y una Pteridophyta (1,1%). La vegetación de esta área es de composición florística y características muy heterogéneas lo que dificulta su análisis fitosociológico, sin embargo, a partir de las 86 especies inventariadas se pueden reconocer al menos cuatro comunidades vegetales: (a) Matorral abierto extremadamente xeromórfico ***Fabianetum ramuloso-denudatae*** con 26 especies y dominancia de *Stipa frigida, Atriplex imbricata, Fabiana densa y Maihueniopsis atacamensis* y distribuida entre los 3.200 a 3.700 msm. (b) Ojalar ***Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*** matorral abierto con 42 especies en que dominan *Atriplex imbricata*, *Acantholippia deserticola* y *Maihueniopsis atacamensis*, entre los 2.800 y 3.600 msm. (c) Arbustos bajos ***Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides***, con 18 especies en que predominan *Festuca chrysophylla* y *Fabiana bryoides*. (d) Comunidad entre pajonal y tolar ***Festuca orthophylla-Parastrephia lucida*** con 30 especies y dominancia de *Festuca orthophylla, Mulinum crassifolium, Pycnophyllum bryoides, Deyeuxia* sp*, Baccharis incarum,* entre 4.100 y 5.200 msm (Fig. 4-7).

En la Tabla 4-4 se muestra el análisis de diversidad alfa de estas comunidades vegetacionales mediante el índice de Shannon-Wiener y se comparan con el total de las especies de plantas inventariadas en este estudio (86). Se aprecia que el Ojalar presenta la más alta riqueza de especies (S= 42) e índice de equidad (H'= 1,21). Por el contrario la asociación de arbustos bajos presenta valores menores.

TABLA 4-4. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CUATRO COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

	Matorral abierto muy xeromórfico	Ojalar	Arbustos bajos	Pajonal y tolar	
Índice	*Fabianetum ramuloso-denudatae*	*Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Festuca orthophylla-Parastrephia*	TOTAL LICANCABUR
Riqueza de Especies (S)	26	42	18	30	86
Shannon H'	1,01	1,21	0,96	0,98	1,52
Shannon Hmax	1,42	1,62	1,26	1,48	1,93
Shannon J'	0,71	0,75	0,77	0,66	0,79

FIGURA 4-7. CINCO ESPECIES DOMINANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

Al observar la siguiente figura se aprecia que las cuatro asociaciones son disímiles, es decir comparten pocas especies, lo que incrementa notoriamente la diversidad beta. La alta riqueza de especies e índices de equidad por asociación (diversidad alfa) y las disimilitudes (diversidad beta) convierten al área de estudio en un territorio de alta diversidad florística.

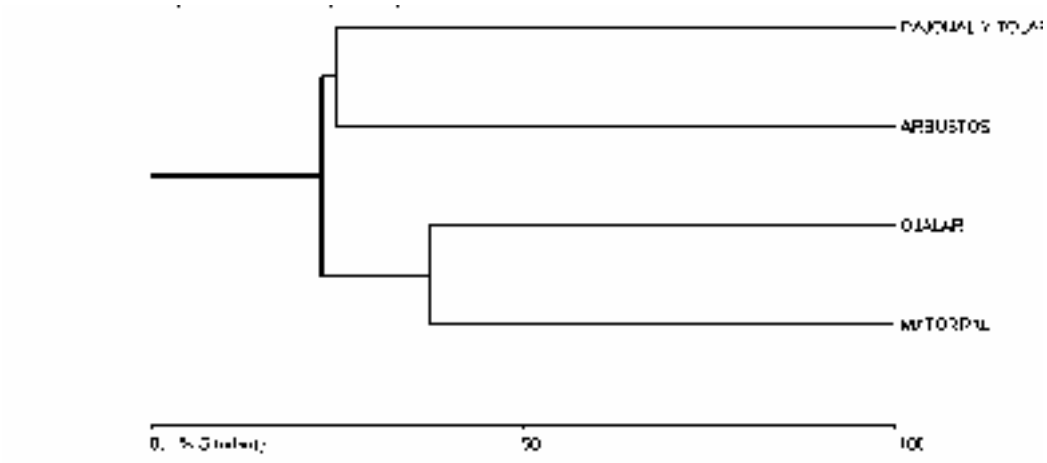


FIGURA 4-8. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

2.7. Diversidad vegetacional en los Geisers del Tatio

En el área de estudio se registraron 92 especies de plantas vasculares. A partir de las 64 especies inventariadas se pueden reconocer al menos cuatro comunidades vegetales agrupadas en cuatro asociaciones vegetacionales. (a) Tolar del altiplano (de la estepa alto-andina altiplánica), ***Parastrephia quadrangularis-Festuca orthphylla*** comunidad de arbustos bajos y hojas reducidas, con 25 especies, en que dominan *Parastrephia quadrangularis* y *Festuca orthophylla,* a las que se agregan *Mulinum crassifolium, Deyeuxia breviaristata, D. cabrerae, D. antoniana, Parastrephia phylicaeformis* y *Azorella compacta*, entre otras. (b) Estepa arbustiva pre-puneña ***Fabiana densa-Baccharis boliviensis***, con 17 especies en que dominan *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis,* a las que se agregan *Junellia seriphioides*, *Baccharis incarum, Fabiana denudata, Adesmia polyphylla, Opuntia ignescens* y *Maihueniopsis glomerata*. (c) Estepa alto-andina sub-desértica ***Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides***, comunidad de arbustos bajos con escasa cobertura, con 23 especies en que dominan *Festuca chrysophylla* y *Fabiana bryoides*, le acompañan *Festuca hypsophyla, Stipa venusta, Deyeuxia antoniana, Azorella compacta, Baccharis incarum, Pycnophyllum molle* y *Oxalis pycnophylla.* (d) Bofedal, ***Oxyochloe andina***, comunidad de herbáceas higrófilas, con 22 especies en que dominan *Oxyochloe andina*, le acompañan varias especies del género *Deyeuxia (breviaristata, chrysanta, chrysostachya, curvula, eminens, velutina), Junellia minima, Zameioscirpus atacamensis, Lilaeopsis macloviana, Mimulus glabratus, Azolla filiculoides* y *Myriophyllum quitense* (Fig. 4-9).

FIGURA 4-9. ESPECIES DOMINANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE GEISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

En la Tabla 4-5 se muestra el análisis de diversidad alfa de estas comunidades vegetacionales mediante el índice de Shannon-Wiener y se comparan con el total de las especies de plantas inventariadas en este estudio (64). Se aprecia que la Estepa alto-andina sub-desértica y el bofedal presentan el índice de equidad más alto (H'= > 1) y también las mayores riquezas de especies. El índice de equidad del Tolar del altiplano, , su no es alto (H'= 0,72), pese a que tiene la mayor riqueza de especies, es decir sus especies no están igualmente representadas.

TABLA 4-5. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CUATRO ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO GEISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

	Tolar del altiplano	Estepa arbustiva pre-puneña	Estepa alto-andina sub-desértica	Bofedal	
Índices	*Parastrephia quadrangularis-Festuca*	*Fabiana densa-Baccharis*	*Festuca chrysophylla-Fabiana*	*Oxyochloe andina*	TOTAL TATIO
Riqueza de Especies (S)	25	17	23	22	66
Shannon H'	0,72	0,85	1,02	1,01	1,29
Shannon Hmax	1,38	1,23	1,36	1,34	1,82
Shannon J'	0,52	0,69	0,75	0,76	0,71

En el dendrograma siguiente se aprecia que las asociaciones vegetacionales son disímiles entre sí, lo que aumenta la diversidad beta. En términos generales la diversidad, aunque menor que en Alrededores del Volcán Licancabur (su homólogo), es relevante porque contiene comunidades muy diferenciadas y ecológicamente diferentes.

FIGURA 4-10. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE CUATRO ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO GEISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

2.8. Diversidad vegetacional en las cinco áreas de estudio

Estudios previos

Gutiérrez et al. (1998) realizaron un estudio vegetacional en un transecto de cinco estaciones: (a) la desembocadura del río Loa (con una riqueza de ocho especies a los 39 msm), (b) Quillagua (con 11 especies a los 733 msm), (c) Chacance (15 km al este del pueblo de María Elena, con siete especies a los 1.268 msm), (d) Chiu-Chiu (10 km al oeste del pueblo homónimo, con 20 especies y a 2.534 msm), (e) río Salado (con 31 especies, la de mayor riqueza de plantas, a 3.108 msm) y (f) arroyo Coya (en la puna, con 18 especies a 3.782 msm). Para este análisis revisamos los registros de estos autores e incorporamos a nuestros inventarios dos especies de plantas para Quillagua y 33 especies para el área del Tatio (véase inventario florístico en Anexos). En rigor la estación río Salado no está incluida en nuestra área de estudio, pero por su proximidad fue incorporada, en cambio el arroyo Coya sí está en el área de estudio. Gutiérrez et al. (1998) registraron, a lo largo de la gradiente estudiada 69 especies de plantas vasculares. Más adelante compararemos sus registros, por estaciones, con las de este estudio.

Por su parte, Navarro & Rivas-Martínez (2005) realizaron un transecto vegetacional, con 20 estaciones, desde Calama y San Pedro de Atacama (sic) a la frontera boliviana en la zona sureste del volcán Licancabur. Estudiaron un área sobre las faldas al Pacífico de la cordillera Occidental de los Andes, extendiéndose entre el área de Calama (2.260 msm) y las laderas surorientales del volcán Licancabur (5.600 msm). Los autores no indican la posición geográfica de cada una de las estaciones y las referencias geográficas son vagas (e.g., “por encima de San Pedro de Atacama”) pese a eso suponemos que a partir de su inventario 3 estarían dentro de nuestra área de estudio, aún cuando el inventario 20 podría estar fuera, pero no resta sentido ecológico a la inclusión ya que sólo aportaría al inventario un total de dos especies, *Deyeuxia deserticota* y *Deyeuxia crispa*. Aún así incorporamos al inventario del área de estudio Alrededores del Volcán Licancabur, siete especies.

Teillier (2004) realizó un estudio florístico y vegetacional de la cuenca media-alta del río Loa. Su área de estudio está completamente fuera de las nuestras, sin embargo lo consideramos como antecedentes interesantes para comparación, con las precauciones espaciales correspondientes. Su trayecto va desde la localidad de Estación San Pedro (21°56’LS – 68°32’LW), hasta las de pampa Puno (21°19’ LS - 68°48’ LW) y quebrada Sapunta (21°18’ LS – 68°46’ LW), siguiendo el margen occidental del cajón del río Loa. El estudio abarcó una gradiente altitudinal entre los 3.100 y los 4.150 msm. Sus registros se basaron en bibliografía (e.g., Villagrán et al. 1981) y en observaciones propias. Describe cinco unidades, principalmente fisonómicas: (a) Matorral desértico, con una riqueza de 11 especies entre 3.000 y 3.100 msm. (b) Tolar marginal con una riqueza de 26 especies entre 3.100 y 3.300 m de altitud. (c) Tolar intermedio con 38 especies, la mayor de este estudio, entre 3.300 y 3.700 msm. (d) Tolar de altura con 15 especies entre 3.700 y 4.000 msm. (e) Pajonal altoandino con 20 especies entre 4.000 y 4.200 msm. Respecto de la riqueza de especies, Teillier (2004) señala que generalmente se observa una gradiente relacionada con la altitud, ya que el matorral desértico ubicado en la parte baja de la gradiente, presenta el valor más bajo, el tolar medio el más alto, y finalmente un valor también alto el pajonal de altura; ascendiendo aún más recién comienza a declinar la riqueza de especies. Este patrón es consistente con estudios anteriores realizados en el cordón oriental de los Andes del altiplano, donde la riqueza es máxima debido a las

condiciones óptimas de temperatura y humedad (Villagrán et al. 1981, 1982, 1983, Arroyo et al. 1982, 1988).

Existen varios estudios en el Parque Nacional Llullaillaco ubicado entre las latitudes 24º30`S-25º10`S y las longitudes 68º30`W-69º15`W. La altitud varía entre los 3.500 msm y la cumbre del volcán Llullaillaco a 6.750 msm. Este parque está fuera del área de estudio, pero se incluye como área de referencia y porque presenta una alta riqueza de especies. Sin embargo se debe considerar que ha sido frecuentemente explorado botánicamente a partir de 1860 por R. A. Philippi. Así de las 110 especies propuestas por Luebert & Gajardo (1999), en base a recolecciones previas y propias, Marticorena et al. (2004) incrementaron en 16 nuevas especies, quedando, a la fecha en 126. De este mismo modo, lo más probable es que, en la medida que se aumente el esfuerzo de muestreo en las áreas que abarcan este estudio, se efectúen nuevos registros de plantas vasculares.

Comparación con otras localidades

El número de especies para Quillagua y Calama es bastante inferior al registrado por Teillier (2004) en la cuenca-media-alta del río Loa, donde describe 110 especies, sin embargo en su trabajo la superficie y gradiente altitudinal fueron notablemente mayores por lo que no son comparables. En cambio, sí son comparables las 11 especies registradas por Gutiérrez (1998) para su estación en Quillagua y las 20 especies para Chiu Chiu, como a las 24 especies reportadas por Trevizan et al. (2001), por lo que el presente estudio ha incorporado siete especies al catálogo existente de la flora del Oasis de Calama.

Por otro lado la diversidad registrada en la Laguna Lejía (29) es comparable a las 21 especies registradas para el salar de Ascotán (Teillier 2000, Teillier & Becerra 2003) o a lo documentado por Gutiérrez et al. (1998) para el río Salado (3.108 msm con 31 especies) o al arroyo Coya (3.782 msm con 18 especies) (Tabla 4-7). La flora de Laguna Lejía, puede ser comparada con la del Salar de Ascotán, en que también existe una flora azonal (vegetación del salar vs. vegetación de la laguna) y una flora zonal (laderas aledañas al salar vs. laderas aledañas a la laguna). Teillier & Becerra (2003) exploraron varias veces el salar entre 1993 y 1998 a partir de 46 parcelas en ocho parches de vegetación, cada uno asociado a una laguna distinta. Lo registrado en Lejía es mayor que las 21 especies del salar. La flora azonal de la Laguna Lejía es completamente diferente que la zonal, igual que en el caso de ambos ambientes (zonal/azonal) en el salar de Ascotán. Teillier & Becerra (2003) explican que la ausencia de especies zonales en el salar es probablemente debido a los problemas osmóticos y/o nutricionales presentados por las altas concentraciones de sales. A la inversa, la baja disponibilidad de agua en las laderas circundantes podría determinar la ausencia de las especies de los humedales (salar y Laguna Lejía) en estos hábitats (Schat & Scholten 1986, Shumway & Bertness 1992).

La diversidad, como riqueza de especies en Licancabur (93) y el Tatio (92), es similar a la reportada en el Parque Nacional Llullaillaco (110). A su vez es mayor que la registrada por Gutiérrez et al. (1998) en el mencionado transecto altitudinal realizado en seis sitios a lo largo del río Loa (69 especies) y muy superior a lo documentado por Navarro & Rivas-Martínez (2005) en su trayecto Calama- San Pedro de Atacama al volcán Licancabur (28 especies).

TABLA 4-6. DIVERSIDAD COMPARADA DE PLANTAS VASCULARES EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.*=EN PARÉNTESIS SE INDICA EL NÚMERO DE AÑOS DE OBSERVACIÓN. S= RIQUEZA DE ESPECIES.

	Superficie	Altitud	Precipitación*	Estación	S	Asociaciones/unidades	Fuentes
Región de Antofagasta	126.121,3 km^2				1.056		Squeo et al. 1998 Marticorena et al. 1998
Comuna de San Pedro de Atacama	23.490 km^2				426		Simonetti & Veloso 2003
Transecto Cuenca-media-alta del río Loa		3.100-4.150			90	5	Teillier 2004
Parque Nacional Llullaillaco	2.680 ha		35,7 (4)	verano	126	12	Marticorena et al. 2004
Transecto Calama-volcán Licancabur		2.260-5.600			28		Navarro & Rivas-Martínez 2005
Valle de Quillagua	18,216 km^2	790-946		primavera	26 11	4	Este estudio Gutiérrez et al. 1998
Chacance		1.268			7		Gutiérrez et al. 1998
Oasis de Calama	45,758 km^2	2.210-2.400	6,0 (7)		31	4	Este estudio
Chiu-Chiu		2.534			20		Gutiérrez et al. 1998
Río Salado		3.108			31		Gutiérrez et al. 1998
Arroyo Coya		3.782			18		Gutiérrez et al. 1998
Alrededores del volcán Licancabur	939,342 km^2	2.778-5.063			97	4	Este estudio con adiciones
Géiseres del Tatio	839,516 km^2	3.617-4600	100,0 (5)		99	4	Este estudio con adiciones
Salar de Ascotan		3.800			21	2	Teillier & Becerra 2003
Laguna Lejía	189,059 km^2	4.341-4589			29	2	Este estudio

TABLA 4-7. RIQUEZA DE ESPECIES E ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LAS ASOCIACIONES VEGETACIONALES PRESENTES EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO DE GEISERS DEL TATIO, ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR, LAGUNA LEJÍA, VALLE DE QUILLAGUA Y OASIS DE CALAMA. REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

	Altiplano									
	Tolar del altiplano	Estepa arbustiva	Estepa alto-andina	Bofedal	Matorral	Ojalar	Arbustos	Pajonal y tolar	Pajonal altoandino	Azonal ribereño
Índices/Asociación	*Parastrephia quadrangularis-Festuca orthphylla*	*Fabiana densa-Baccharis boliviensis*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Oxyochloe andina*	*Fabianetum ramuloso-denudatae*	*Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Festuca orthophylla-Parastrephia*	*Stipa-Deyeuxia*	*Puccinellia-Calandrinia*
Área de estudio	El Tatio	El Tatio	El Tatio	El Tatio	Licancabur	Licancabur	Licancabur	Licancabur	L. Lejía	L. Lejía
Riqueza de especies (S)	25	17	23	22	26	42	18	30	6	23
Shannon H'	0,72	0,85	1,02	1,01	1,01	1,21	0,96	0,98	0,58	0,95
Shannon Hmax	1,38	1,23	1,36	1,34	1,42	1,62	1,26	1,48	0,78	1,36
Shannon J'	0,52	0,69	0,75	0,76	0,71	0,75	0,77	0,66	0,75	0,70

	Oasis del río Loa						
Índices/Asociación	*Atriplex/ Baccharis*	*Atriplex/ Distichlis*	*Baccharias/ Distichlis*	*Distlichetum*	*Tessaria/ Distichlis*	*Baccharis/ Sirpus*	Cultivo alfalfa
Área de estudio	Calama Quillagua	Quillagua	Calama Quillagua	Calama	Calama Quillagua	Calama Quillagua	Quillagua
Riqueza de especies (S)	7	4	8	1	9	15	6
Shannon H'	0,62	0,48	0,68	0,01	0,64	0,76	0,51
Shannon Hmax	0,85	0,60	0,90	0,30	0,95	1,18	0,78
Shannon J'	0,73	0,80	0,76	0,02	0,67	0,65	0,66

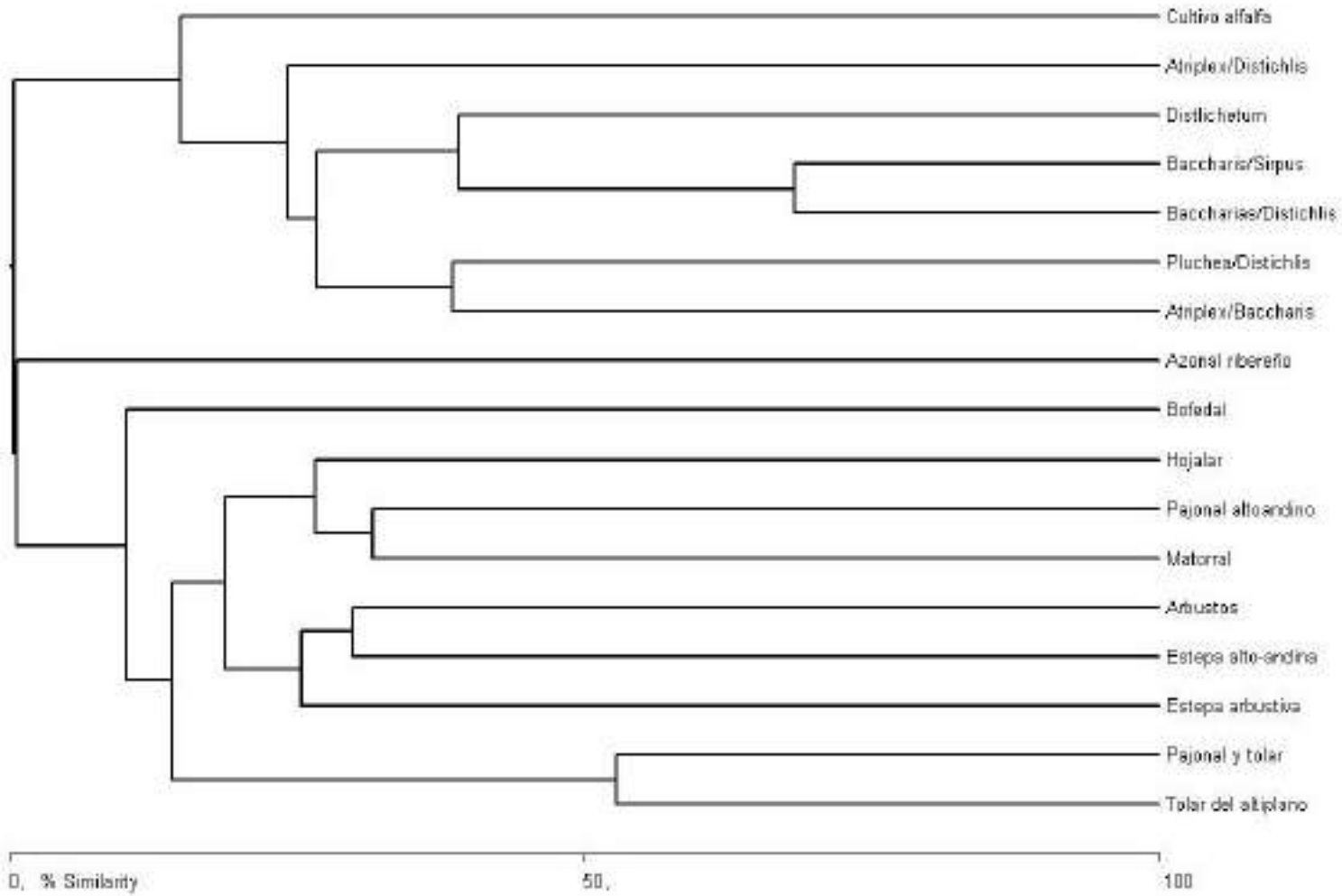


FIGURA 4-11. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE LAS ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN LAS CINCO ÁREAS DE ESTUDIO REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

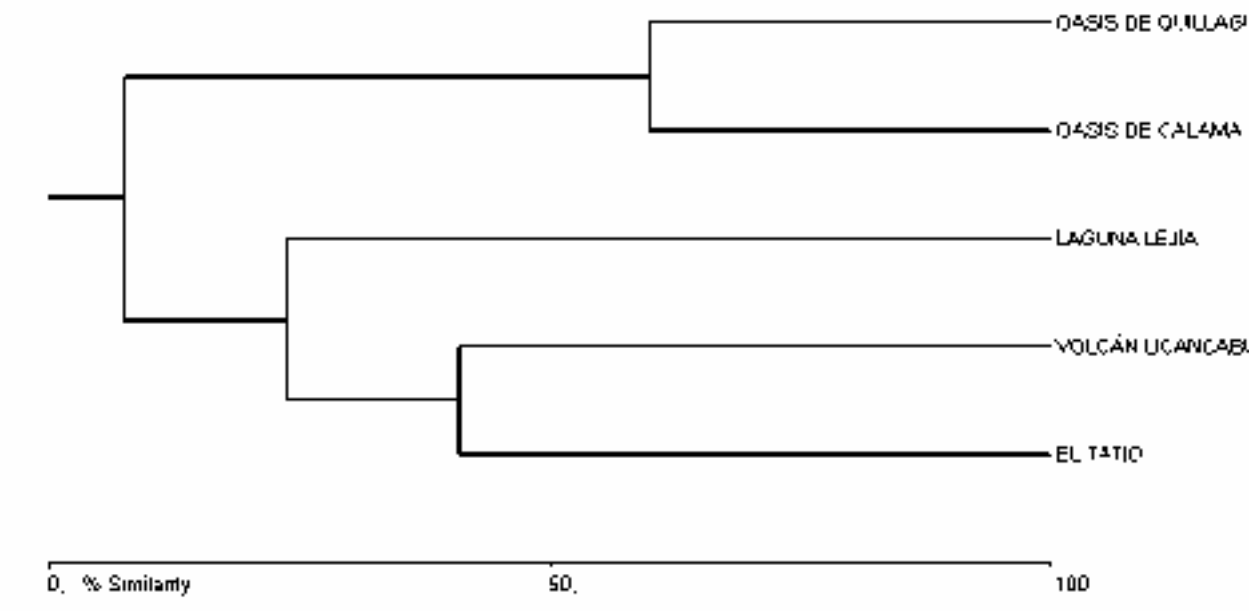


FIGURA 4-12. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES VEGETACIONALES DE LAS CINCO ÁREAS DE ESTUDIO, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

3. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD FAUNÍSTICA

3.1. Diversidad de anfibios

Anfibios de Chile

Los anfibios chilenos pertenecen al orden Anura y están representados por 56 especies, de 14 géneros y cuatro familias, tres de ellas nativas: Bufonidae, Leptodactylidae y Rhinodermatidae y una introducida, Pipidae, con una especie *Xenopus laevis* (sapo de garras) asilvestrado en Chile (Veloso 2006). De estas especies 36 son endémicas (66,7%), lo que le confiere un carácter especial a este tipo de fauna y desde ya son un claro objeto de conservación.

Diversidad y distribución

El factor que más limita la presencia de anfibios en la región de Antofagasta es la baja existencia de cuerpos de agua dulce y la escasa disponibilidad de aguas lluvia. En el altiplano existen precipitaciones (300-400 mm) por lo que se conjugan factores de hábitat favorables, pero debido a la fuerte estacionalidad de estas lluvias se limita drásticamente la capacidad de dispersión, ya que existen muy altos índices de evapotranspiración (Romero 1985, Veloso 2006), circunscribiendo las poblaciones a cuerpos de agua permanentes (e.g., bofedales,

lagunas, ríos). De este modo, los anfibios no se distribuyen homogéneamente, dependiendo de la oferta de hábitat para cumplir con su ciclo vital, así, hay zonas donde no existen anfibios, en otras sólo se distribuyen algunas especies y otras poseen una alta diversidad relativa.

Veloso (2006) propone agrupar las especies en cuencas hidrográficas para facilitar las medidas de conservación, ya que permite integrar esa información con aspectos ecológicos comunitarios y ecosistémicos, adquiriendo, la información distribucional de anfibios carácter relacional (Veloso 2006). La diversidad de anfibios varía según el tipo de clima y la altitud. Es mayor en las regiones mediterráneas húmeda, perhúmeda y mediterránea con influencia oceánica. Respecto a la altitud la mayor diversidad está por debajo de los 1.000 msm, disminuyendo notablemente entre los 2.000 y 3.000 msm y declinando hasta sólo tres especies a los 4.600 msm en el altiplano, pero de la región de Parinacota. En la Fig. 4-13 se muestra la disponibilidad de agua y los niveles altitudinales para al área de laguna de Lejía.

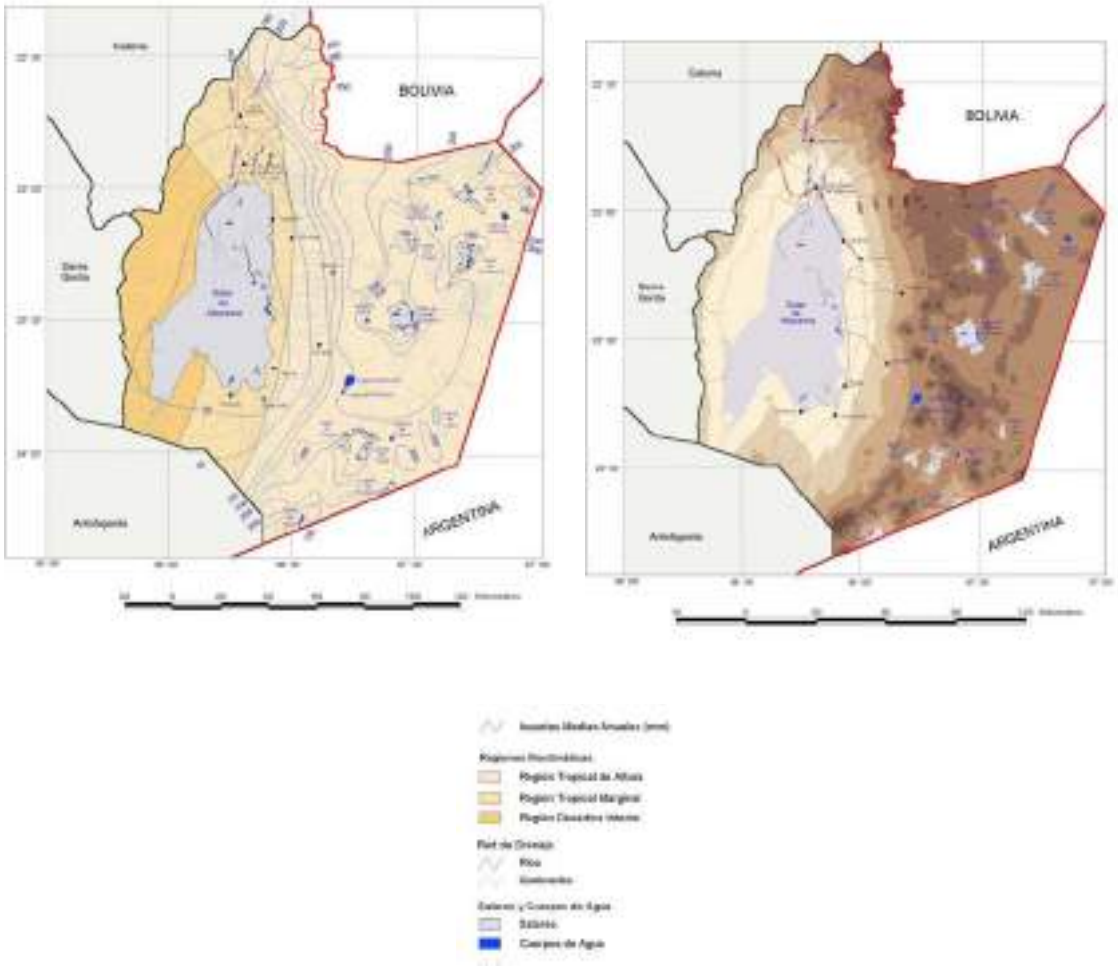


FIGURA 4-13. ISOYETAS MEDIAS ANUALES (MM) Y RANGOS ALTITUDINALES EN LAGUNA LEJÍA DE LA COMUNA DE SAN PEDRO DE ATACAMA. TOMADO DE BALANCE HÍDRICO DE CHILE DGA (1987), DI CASTRI & HAJEK 1976, SIMONETTI & VELOSO 2003.

Las cuencas de Chile se pueden agrupar (sensu Brown & Saldivia 2000) en tres sistemas: Pacífico Seco (desde Arica al río Limarí), Pacífico Central y Pacífico Sur. La región de Antofagasta se ubica en la primera y contiene 15 especies de anfibios Fig. 4-14.

FIGURA 4-14. PRINCIPALES CUENCAS HIDROGRÁFICAS SEGÚN ORÍGEN DE DRENAJE DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (TOMADO Y MODIFICADO DE DGA Y VELOSO 2006).

Anfibios en la provincia de El Loa

Para la provincia de El Loa se registran seis especies, cinco de ellas con distribución muy restringida a los sectores de La Cascada en el río Loa (*Telmatobius dankoi*), río Vilama (*Telmatobius vilamensis*), Ollagüe (*Telmatobius philippi* y *Telmatobius halli*) y Puquios (*Telmatobius fronteriensis*) (sensu Ramírez & Pincheira-Donoso 2005, Veloso 2006). Los altos Andes al sur de la línea del Ecuador se caracterizan por una extensa radiación de ranas acuáticas del género *Telmatobius* Wiegman 1835 (unas 50 especies). Altitudinalmente se encuentran sobre los 2.500 msm (excepto *T. ceiorum*, 1.500 m). En Chile se distribuyen nueve especies: *T. peruvianus, T. marmoratus*, *T. pefauri*, *T. zapahuirensis*. *T. halli, T. philippi, T. fronteriensis, T. vilamensis* y *T. dankoi*. Esta última en las cercanías de la ciudad de Calama siendo la especie más sureña de los *Telmatobius* descrita para Chile (Duellman 1993, Cuevas & Formas 2002). En la Tabla 4-8 se muestran los registros para las áreas de estudio y pese a que el río Vilama está fuera, por su proximidad se incluye el registro de la especie endémica para ese cuerpo de agua (*Telmatobius vilamensis*).

TABLA 4-8. ANFIBIOS PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA. EST= ESTATUS, N= NATIVA, E= ENDÉMICA.

Especie	Nombre vulgar	Est	Localidad de registro	Fuentes
Bufo spinulosus Wiegmann,1834	sapo espinoso	N	Caspana Termas del Tatio El Tatio El Tatio El Tatio El Tatio Río San Pedro de Atacama Río Vilama Soncor, PN Los Flamencos Río Puritama	Moreno & Ibarra-Vidal 2004 Núñez et al. 1982 Moreno & Ibarra-Vidal 2004 Veloso 1995 SGA/GDN 2007 Este estudio Veloso & Núñez 1998 Núñez et al. 1982 Este estudio Este estudio
Telmatobius dankoi Formas, Northland, Capetillo, Núñez, Cuevas & Brieva, 1999	rana acuática de Danko	E	Oasis de Calama	Formas et al. 1999
Telmatobius fronteriensis Benavides, Ortiz & Formas, 2002	rana acuática de la frontera	E	Puquios	Benavides, Ortiz & Formas 2002
Telmatobius halli Noble, 1838	rana acuática de Hall	E	Ollagüe	Veloso & Núñez 1998
Telmatobius philippii Cuevas & Formas, 2002	rana acuática de Philippi	E	Ollagüe	Cuevas & Formas, 2002
Telmatobius vilamensis Formas, 2002	rana acuática de Vilama	E	Río Vilama	Formas et al. 2003

TABLA 4-9. REGISTROS COMPARATIVOS DE ANFIBIOS EN SIETE LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE EL LOA,

Especie	Calama	L. Lejía	Licancabur	G. del Tatio	Ollagüe	Puquio
Bufo spinulosus			x	x		
Telmatobius dankoi	x					
Telmatobius vilamensis			x			
Telmatobius fronteriensis						x
Telmatobius philippii					x	
Telmatobius halli					x	

Los anfibios registrados en las áreas de estudio son los esperados para esos ambientes. La diversidad, alfa, beta y gamma, no es alta en las áreas de estudio, en la provincia de El Loa ni en la región de Antofagasta, sin embargo su alto endemismo (cinco de seis especies) las hace de muy alto interés como objeto de conservación.

Preocupa, en el Oasis de Calama, que *Telmatobius dankoi*, pese a los esfuerzos de captura en septiembre de 2007 y enero de 2008, no fuera registrado, más aún si los informantes clave declararon que hace mucho tiempo (sic) no visualizan anfibios en el área. Se recomienda un monitoreo específico para esta especie, endémica del Oasis de Calama y que podría convertirse en una especie focal.

3.2. Diversidad de reptiles

Reptiles de Chile

De las 94 especies descritas para Chile (Veloso et al. 1995), según Núñez & Veloso (2001) existirían para la región de Antofagasta 33 especies de lagartos, pero habría que agregar a las lagartijas de Bárbara, lagartija de los hijos y lagartija de Puritama (*Liolaemus barbarae*, *Liolaemus filiorum* y *Liolaemus puritamensis*) y a la culebra de cola corta del norte (*Tachymenis peruviana*) por lo que serían 37 especies conocidas, pertenecientes a tres subórdenes: Serpentes (familia Colubridae, una especie), Scleroglossa (familia Gekkonidae, tres especies) e Iguania (familias Tropiduridae, 31 especies y Teiidae, dos especies). En la provincia de El Loa Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) proponen 22 especies y Simonetti et al. (2003) proponen 14 especies potencialmente presentes en la Comuna de San Pedro de Atacama. En la Tabla 4-11 se señalan estas especies, con referencia especial a las localidades de registro en o cercanas a las cinco áreas objetivo de este estudio.

Origen y distribución

La distribución de Squamata era más amplia que en la actualidad en el Cretáceo y gran parte del Terciario, según Albino (1996) en base al registro fósil. Esto porque existían condiciones ambientales más favorables. Según Núñez & Veloso (2001) el evento orogénico más relevante fue la aperura del paso de Drake en el Oligoceno y Mioceno temprano, lo que originó la corriente de Humboldt que era cálida, la que luego se fue enfriando durante el Plioceno, transitando por esto la fauna de una comunidad tropical a una austral, lo que implicó un proceso de desecación, avance de la flora austral hacia el norte y retroceso de la flora tropical. Eso se sumó a una gran actividad volcánica que provocó el alzamiento de la cordillera andina, como la conocemos hoy (Zinzmeister 1978, Martínez-Pardo & Martínez-Guzmán 1997). Durante el Terciario superior las frías condiciones terminan en las glaciaciones cuaternarias, que alternaron condiciones áridas y húmedas. De esta manera, Núñez & Veloso (2001) proponen como explicación para el origen y diversidad de los lagartos de la región de Antofagasta los cambios orogénicos y climáticos del pasado. En primer lugar el levantamiento de la cordillera andina, en segundo lugar el enfriamiento del territorio por efecto de la corriente de Humboldt, desecando los territorios del norte de Chile y sur de Perú, proceso que llegó a su máximo en el Cuaternario con la formación del actual desierto de Atacama. Esto propició la dispersión de los

lagartos hacia ambientes más mésicos de la precordillera y cordillera andina, a lo largo de la cuenca del río Loa y de los oasis y valles con aguas permanentes. Los ambientes de altura fueron y son fuertes barreras que limitaron el flujo genético y promovieron una distribución fragmentada, en forma de parches (Núñez & Veloso 2001). En la costa hubo fragmentación determinada por condiciones xéricas, propiciando el aislamiento y la posterior especiación de *Microlophus, Garthia* y *Callopistes*. Así el levantamiento de las tierras y el desecamiento establecieron relaciones ecológicas entre las poblaciones ancestrales permitiendo la dispersión (ampliación de la distribución) hacia nuevos ambientes y propiciando la especiación (formación de nuevas especies) a mayores alturas (sobre los 2.500 msm). La agregación (adiciones) y eliminación (sustracción) de especies en una región puede ser afectado por procesos tales como especiación, dispersión biótica, dispersión a distancia y extinción. Las dos primeras se traducen en especies estructuradas jerárquicamente en un sentido linneano, mientras que la dispersión a distancia desemboca en conjuntos de especies desestructurados. En base a todo lo expuesto, entonces, en la región de Antofagasta el principal proceso que actuó y actúa sobre la fauna de lagartos es: (a) la especiación en los nuevos ambientes creados cuando se levantaron las tierras y se desecó la zona y (b) la dispersión biótica (Núñez & Veloso 2001).

La mayoría de las especies de lagartos registradas para las áreas de estudio pertenecen al género *Liolaemus* descrito en 1834 en base a ejemplares procedentes de Chile y que cuenta con más de 160 especie en Argentina, Chile, Bolivia, Brasil, Paraguay, Perú y Uruguay, los dos primeros con el mayor número de especies. En Chile el género *Liolaemus* (de estado sistemático conflictivo) está representado por 76 especies, cuatro de ellas politípicas, 13 subespecies, con un total de 85 taxas (Pincheira-Donoso & Núñez 2005). La gran diversidad de especies de este género puede explicarse por su extensa distribución biogeográfica en el centro-sur y sur de Suramérica, amplio territorio con muchos ecosistemas diferentes y sometidos a severos cambios geomorfológicos que determinó múltiples centros de especiación vicariante (Núñez at al. 2000). De este modo las poblaciones ancestrales de *Liolaemus* debieron adaptarse a drásticos cambios en la biocenosis y transformaciones, que dieron origen a los ecosistemas altoandinos, desérticos y patagónicos, los que condicionaron a estas especies antiguas a adquirir nuevos caracteres con conservación transgeneracional y dando origen a las especies tal como las conocemos hoy (Pincheira-Donoso & Núñez 2005).

Reptiles de la región de Antofagasta

La región de Antofagasta integra un ecosistema mayor, la *Diagonal xérica*, que se despliega desde el sur de Perú hasta Atacama, y al lado occidental de los Andes hasta la Patagonia. Las 35 especies de lagartos pertenecen a las familias Tropiduridae, Gekkonidae y Teiidae, estas dos últimas restringidas a las zonas costeras. Como se muestra en la Tabla 4-10 Núñez & Veloso (2001) estudiaron la distribución de los lagartos en la región de Antofagasta, dividiéndola en tres zonas: (a) una zona occidental, al oeste de la cordillera de Domeyko, desde el nivel del mar los 2.500 msm; (b) una zona media, de desierto interior, al este de la mencionada cordillera y hasta las pendientes precordilleranas andinas, desde los 2.500 a los 3.500 msm, y (c) una zona oriental, por sobre los 3.500 msm. A las especies analizadas por los autores le hemos agregado nuevas especies y la familia Colubridae (culebras).

TABLA 4-10. DISTRIBUCIÓN DE REPTILES EN TRES ZONAS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (TOMADO Y MODIFICADO DE NÚÑEZ & VELOSO 2001).*= ENDÉMICAS DE LA REGIÓN.

ZONA OCCIDENTAL	ZONA MEDIA	ZONA ORIENTAL
Familia Teiidae	Familia Tropiduridae	Familia Colubridae
*Callopistes palluma**	*Liolaemus alticolor**	*Tachimenis peruviana*
Familia Tropiduridae	*Liolaemus constanzae**	Familia Tropiduridae
*Liolaemus atacamensis**	*Liolaemus donosi**	*Liolaemus alticolor**
Liolaemus bisignatus	*Liolaemus fabiani**	*Liolaemus constanzae**
*Liolaemus hellmichi**	*Liolaemus foxi**	*Liolaemus dorbignyi**
Liolaemus nigromaculatus	*Phrynosaura audituvelata**	*Liolaemus fabiani**
*Liolaemus paulinae**		*Liolaemus islugensis**
Liolaemus platei		*Liolaemus multicolor**
*Liolaemus constanzae**		*Liolaemus nigriceps**
Microlophus theresioides		*Liolaemus schmidti**
*Microlophus atacamensis**		*Liolaemus signifer**
*Microlophus tarapacensis**		*Liolaemus stolzmanni**
*Phrynosaura torresi**		*Liolaemus puritamensis**
Familia Gekkonidae		*Phrynosaura erronea**
*Garthia gaudichaudii**		*Phrynosaura* sp*
*Phyllodactylus cf inaequalis**		
Phyllodactylus gerrhopygus		

El único género endémico para la región es *Phrynosaura* (aunque controvertido), con seis especies, dos distribuidas en la zona occidental, una en la medial y dos en la oriental. Los géneros que más endemismos contienen son *Liolaemus* y *Phyllodactylus*, el primero, además agrupa a más del 66% de la diversidad de saurios de la región.

En la zona occidental, también están documentadas otras especies como *Ctenoblepharis adspersa* de Perú y especies del grupo "nigromaculatus". Algunas especies de esta zona (*Microlopohus atacamensis, Liolaemus paulinae* y *Phyllodactylus gerrhopygus*) pueden llegar a elevaciones más altas como la quebrada de Yalquincha y Ojo de Opache en el Oasis de Calama (Donoso-Barros 1966, Núñez 1992, Núñez & Veloso 2001). Los géneros presentes en esta zona son diversos y la ruta de invasión son las áreas costeras (e.g., *Microlophus* y *Phyllodactcylus*), en que los animales usaron una estrategia "talasófita", consumiendo algas, crustáceos y otros invertebrados pequeños. Su desplazamiento hacia la zona media se explica por la presencia del río Loa, usado como ruta de dispersión de *Microlophus* y *Phyllodactylus.*

También usaron el río Loa como pasaje de dispersión, aparentemente desde zonas costeras hacia el interior, especies del género *Phrynosaura*, aunque se desconoce si su origen está en la cordillera andina o en la costa.

En la zona media se registran seis especies de tropidúridos, pertenecientes a dos linajes, remanentes de un conjunto antiguo adaptado a condiciones altiplánicas. En la cordillera de Domeyko existe muy poca vegetación y se han registrado sólo tres especies: *Liolaemus foxi, Liolaemus constanzae* y *Phrynosaura audituvelata* (Núñez et al. 2000). Al este de la cuesta Barros-Arana se encuentran *Liolaemus alticolor, L. constanzae, L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata,* todas endémicas con distribución local, salvo *L. alticolor* que se distribuye hasta los 4.100 msm (Núñez & Veloso 2001).

Finalmente, en la zona oriental, en la cordillera andina por sobre los 2.500 msm, se registran 13 especies de reptiles, 12 de ellos lagartos, agrupados en una sola familia: Tropiduridae y que provienen de dos linajes, uno especiado en las montañas andinas (e.g., *L. andinus, L. fabiani*) y otro grupo, posiblemente dispersado desde el sur (e.g., *L. constanzae* y *L. alticolor*).

Este género, también se subdivide en complejos y éstos a su vez en grupos de especies. El grupo ruibali, reúne varias especies (e.g., *Liolaemus foxi, L. rosenmanni, L. nigriceps*), casi todas en la cordillera andina, pero algunas especies viven en montañas no andinas, como *L. foxi* en la cordillera de Domeyko, distribución que Núñez et al. (2000) explican porque el conjunto original de *Liolaemus* de la cordillera andina fue "expulsado" hacia los valles por los glaciares, y regresaron a Los Andes cuando éstos se retiraron. Sin embargo, algunas especies regresaron a la cordillera "equivocada". Esta distribución también puede ser explicada de otra manera, ya que los glaciares no afectaron significativamente el área, pero sí hubo mayor precipitación, el doble, en el altiplano durante el Holoceno. De este modo el ambiente era, entonces, más benigno para la flora y fauna y cuando la aridez se acentuó, por la instauración de la corriente de Humboldt, algunas especies quedaron aisladas (Núñez et al. 2000). Así, el que las especies abandonaran su lugar de origen, y luego regresaran ya diferenciadas, explica que las especies estén asociadas a cuencas de salares en simpatría, que perteneciendo a grupos ancestrales diferentes, experimentaron las mismas condiciones y desembocaron en iguales situaciones (Núñez et al. 2004).

La fauna de lagartijas del altiplano tiene patrones de distribución geográfica con cierta simetría, correlacionada con los linajes filéticos que componen sus formas. Así de San Pedro de Atacama al norte se distribuyen especies afines a los grupos jamesi (e.g., *L. jamesi, L. hajeki, L. puritamensis* y *L. stolzmanni*) y signifer (e.g., *L. signifer, L. andinus, L. erguetae, L. multicolor, L. panterhinus*). Ahora bien, de San Pedro de Atacama al sur las especies del género *Liolaemus* presentan cambios en su composición, posiblemente condicionados por los cambios climáticos del Pleistoceno, en que los valles que quedaron entre la cordillera de los Andes y el cordón de Domeyko actuaron como ecosistemas glaciales de refugio, donde especiaron las formas de Chile y Argentina del grupo ruibali y fabián (e.g., *L. nigriceps*), con una especie extralimital *L. foxi* (Núñez & Veloso 2001, Pincheira-Donoso & Núñez 2005). En la zona de transición entre los grupos jamesi-signifer (norte de San Pedro) y ruibali (sur de San Pedro), está *L. fabiani,* que constituye un grupo propio.

Reptiles de la provincia de El Loa y Valle de Quillagua.

En las Tablas 4-11 y 4-12 se muestran los registros propios y previos, por especies y localidades.

TABLA 4-11. REPTILES PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA Y VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA. REC(S)= RECOLECTOR(ES).

Especie	Nombre vulgar	Localidad de registro	Fuente
Tachymenis peruviana Wiegmann, 1835	Culebra de cola corta del norte	Zonas altoandinas Zonas altoandinas Quebrada de San Bartolo, Río Grande	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Donoso-Barros 1966 H. Núñez y J. Yáñez Com. per.
Phyllodactylus gerrhopygus (Wiegmann, 1835)	Salamanqueja	Oasis de Calama	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Microlophus theresioides (Donoso-Barros, 1966)	Corredor de Tereza	Chusmiza Quebrada de Yalquinca, Calama La Hayca-Canchones Mirador, quebrada de Quetena, Calama San Salvador y Oasis de Calama Valle de Quillagua Tranque Santa Fe, Quillagua	F. Bozinovic et al. 1990 recs. M. Quispe 1985 rec. F. Bozinovic et al. 1990 recs. Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio
Liolaemus ornatus Koslowsky, 1898	Lagartija ornamentada	Ollagüe	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Liolaemus fabiani Yáñez y Núñez, 1983	Lagartija de Fabián	Camino viejo San Pedro de Atacama Llano de Vilama hacia V. Licancabur Hacia Volcán Licancabur Soncor, Salar de Atacama	J.C. Torres-Mura 1997 rec. Yáñez & Núñez 1983 Este estudio Este estudio
Liolaemus hajeki Núñez, Pincheira-Donoso & Garín, 2004	Lagartija de Hajek	Norte Calama Estación Ojos de San Pedro San Pedro de Atacama El Abra, Baños de Turi Quebrada de Inacaliri, San Pedro Cerro Puruña Salar de Ascotán y Carcote El Tatio	Núñez et al. 2004 J.C. Torres 1996 rec. Núñez et al. 2004 J.C. Torres 2001 rec. J.C. Torres 2001 rec. Núñez et al. 2004 J.C. Torres y J. Yánez 1996 recs. Este estudio
Liolaemus puritamensis Núñez y Fox, 1989	Lagartija de Puritama	San Pedro de Atacama Camino al Tatio, Sasiel Laguna Lejía y Laguna Seca	Núñez & Fox 1989 Núñez et al. 2004 H. Núñez et al. 1998 recs.
Liolaemus stolzmani (Steindachner, 1891)	Lagartija de Stolzmann	Quebrada del Inca Quebrada del Inca, Ollagüe Salar de Ascotán	R. Donoso B. 1960 rec. Núñez et al. 2004 Núñez et al. 2004
Liolaemus foxi Núñez, Navarro & Veloso, 2000	Lagartija de Fox	Cuesta Barros-Arana 60 km SE Calama	Núñez et al. (2000)
Liolaemus nigriceps (Philippi, 1860)	Lagartija de cabeza negra	Río Frío Quebrada Zorritas, cerro Llullaillaco San Pedro de Atacama, sur este	Pincheira-Donoso & Núñez 2005 H. Núñez et al. 1998 rec. J. Contreras 1989 rec.
Liolaemus andinus Koslowsky, 1895	Lagartija andina	El Refugio camino al Tatio Este del Salar de Atacama Talabre Viejo Laguna Lejía Laguna Lejía Laguna Seca (cerca L. Lejía) Laguna Tara Farellones de Tara, Reserva Nacional Los Flamencos Salar de Aguas Calientes	H. Núñez et al. recs. 1998 Pincheira-Donoso & Núñez 2005 J. Yáñez y L. Salgado 1980 recs. J. Yáñez y L. Salgado 1980 recs. Este estudio Este estudio S. Silva 1990 rec. Valladares et al. 2002 Valladares et al. 2002 C. Cornelius 1997 rec.

Liolaemus erguetae Laurent, 1995	Lagartija de Ergueta	Linzor, norte del Tatio Sur Salar de Ascotan	J. Contreras 2003 rec. Pincheira-Donoso & Núñez 2005
Liolaemus multicolor Koslowsky, 1898	Lagartija multicolor	Salar de Aguas Calientes II Salar de Aguas Calientes II Salar de Ascotán	Núñez & Veloso 2001 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Liolaemus pantherinus Pellegrin, 1909	Lagartija pantera	Ollagüe Ollagüe Ollagüe	Donoso-Barros 1966 G. Arriagada 1982 rec. In: MNHN-1532 Pincheira-Donoso & Núñez 2005
Liolaemus signifer (Duméril y Bibron, 1837)	Lagarto rubricada	Altiplano de Antofagasta	Donoso-Barros 1966
Liolaemus barbarae Pincheira-Donoso y Núñez 2005	Lagartija de Bárbara	Este de San Pedro de Atacama El Tatio Camino azufrera, volcán Licancabur Azufrera Alitar este San Pedro de Atac.	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 SGA/GDN 2007 Núñez & Yáñez recs. 1982 Núñez at al. rec. 1982
Liolaemus paulinae Donoso-Barros, 1961	Lagartija de Paulina	Oasis de Calama, orillas del río Loa Las vegas de Calama Río Loa, Calama Yalquincha, Calama	Donoso-Barros 1961 G. Arriagada 1982 rec. Núñez et al. 1982 recs. Este estudio
Liolaemus constanzae Donoso-Barros, 1961	Lagartija de Constanza	Cuesta Barros Arana San Pedro de Atacama 10 km este Camino azufrera, volcán Licancabur Salar de Atacama Puritana Toconao Peine Chiu Chiu El Guatín, Volcán Licancabur	H. Núñez 1998 rec. H.Núñez y J. Yáñez 1981 recs. Núñez & Jaksic 1992 Donoso-Barros 1970 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Donoso-Barros 1970 Donoso-Barros 1961, H. Núñez 1982 Núñez & Jaksic 1992 Este estudio
Liolaemus filiorum Pincheira-Donoso y Ramírez, 2005	Lagartija de los hijos	Cerro Las Papas, Calama Conchi, sur de Lequena	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Phrynosaura audituvelata (Núñez y Yáñez, 1983)	Dragón de oído cubierto	Cordón de Domeyko Cuesta Barros Arana San Pedro de Atacama Llano de Vilama	G. Ramírez rec. Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Valladares et al. 2002
Phrynosaura erronea (Núñez y Yáñez, 1983)	Dragón grande	Tumbre (camino a Laguna Lejía)	Núñez & Yáñez 1983
Phrynosaura torresi Núñez et al. 2003	Dragón de Torres	Ribera sur del río Loa, Calama Tranque Talabre cerca de Calama Salar del Indio, SO de Chuquicamata Oasis de Calama	Núñez et al. 2003 J. Torres y M. Lemus 2001 recs. Núñez et al. 2003 E. Elgueta julio 2006 rec

Folio006346

TABLA 4-12. REPTILES PRESENTES EN 10 LOCALIDADES DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO, P= ESPECIE PROBABLE.

Especie/localidades	Valle de Quillagua	Oasis de Calama	Laguna Lejía	San Pedro de Atacama	Salar de Atacama	Volcan Licancabur	Geisers del Tatio	Salar Aguas Calientes	Salar de Ascotán	Ollagüe
Tachymenis peruviana Culebra de cola corta del norte				X						
Phyllodactylus gerrhopygus Salamanqueja		Op								
Microlophus theresioides Corredor de Pica, lagarto de Tereza	X	X								
Liolaemus ornatus Lagartija ornamentada										X
Liolaemus fabiani Lagartija de Fabián				X	X	X				
Liolaemus hajeki Lagartija de Hajek				X			X			
Liolaemus puritamensis Lagartija de Puritama			X	X		X				
Liolaemus stolzmani Lagartija de Stolzmann										X
Liolaemus nigriceps Lagartija de cabeza negra				X						
Liolaemus andinus Lagartija andina			X		X	X	X	X		
Liolaemus erguetae Lagartija de Ergueta							X	X	X	
Liolaemus multicolor Lagartija multicolor								X	X	
Liolaemus pantherinus Lagartija pantera										X
Liolaemus barbarae Lagartija de Bárbara				X	X	X	X			
Liolaemus paulinae Lagartija de Paulina		X								
Liolaemus constanzae Lagartija de Constanza				X	X	X				
Phrynosaura audituvelata Dragón de oído cubierto				X		P				
Phrynosaura torresi Dragón de Torres		Op								
TOTAL	1	4	2	8	4	6	4	3	2	3

Desde el punto de vista biogeográfico la importancia de los reptiles de las áreas de estudio, especialmente los lagartos, está en el alto nivel de endemismos, que se distribuyen, no sólo en la región, sino que están circunscritos a localidades muy específicas.

3.3. Diversidad de aves

Aves de Chile

Jaramillo (2004) considera que en Chile existen 460 especies de aves. Araya & Bernal (1995) reconocen 456 especies. Marín (2004) sólo acepta 438, discutiendo y relegando 38 especies como hipotéticas para Chile y 10 las excluye como citadas erróneamente. Localmente Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) proponen 113 especies para la provincia de El Loa y Jaramillo (2005) propone 104 especies de aves en los ecosistemas de la puna de la región de Antofagasta.

Según los resultados de las prospecciones realizadas para la Línea de Base del EIA del Proyecto Perforación Geotérmica Profunda El Tatio (SGA/GDN 2007), la comunidad de aves presente en esta área estaría conformada por 20 especies, siendo todas ellas propias de los ambientes de altura. Dentro de ellas destaca la presencia de: *Pterocnemia pennata* (suri o ñandú), especie catalogada como en Peligro de extinción; *Larus serranus* (gaviota Andina), especie catalogada como Rara; y *Tinamotis pentlandii* (perdiz de la Puna), especie considerada como Vulnerable. Esta lista de 20 especies corresponde a las aves presentes en la estación de invierno. Es esperable que la diversidad de aves se incremente hacia primavera – verano.

Origen y diversidad de aves acuáticas

Las aves pueden agruparse, ecológicamente, según los hábitats que ocupan. Para este caso, de las áreas de estudio, pueden reunirse en aves asociadas a humedales, a matorrales, estepas, etc.

Los salares altiplánicos son humedales que se distribuyen en una franja angosta, los que derivaron del desecamiento postglacial de grandes lagos (Clayton & Clapperton 1995), conteniendo una diversidad relativamente baja de especies muy adaptadas a esos ambientes hipersalinos. Así, este ensamble de aves se estructura en base a filtradores de zooplancton (e.g., flamencos) y depredadores de invertebrados (e.g., chorlos, playeros, caiti) (Sielfeld et al. 1996). La diversidad de aves de la laguna Lejía debe compararse con ambientes homólogos. Schlatter & Sielfeld (2006) consideraron 143 especies acuáticas (aves que cumplen todo su ciclo vital en humedales) para Chile, descontando las especie accidentales. Ellos compararon la diversidad de estas aves en 11 tipos diferentes de humedales, documentando que los más diversos son las lagunas bajas y bañados (de agua dulce) con 74 especies, y los de menor diversidad son los humedales de turberas y fangales riparianos con 14 y 23 especies respectivamente. Los cuerpos de agua cordilleranos (> 1.500 msm), que aquí particularmente nos interesan, contienen unas 31 especies.

Para las áreas de estudio se deben considerar varios humedales relevantes contenidos en las aguas cordilleranas, como los salares, lagunas altoandinas, bofedales, ríos y oasis, los que contienen una avifauna de estructura más simple que otros humedales, pero con una composición específica característica y claramente diferenciados de otros humedales, como se muestra en la siguiente figura, en que al análisis de similitud (Índice de Jaccard) realizado por Schlatter & Sielfeld (2006) resultaron similares, por ejemplo, entre las lagunas bajas y los pantanos, y entre los lagos abiertos y los ríos potamales. Sin embargo el humedal más disímil resultó ser el de aguas cordilleranas.

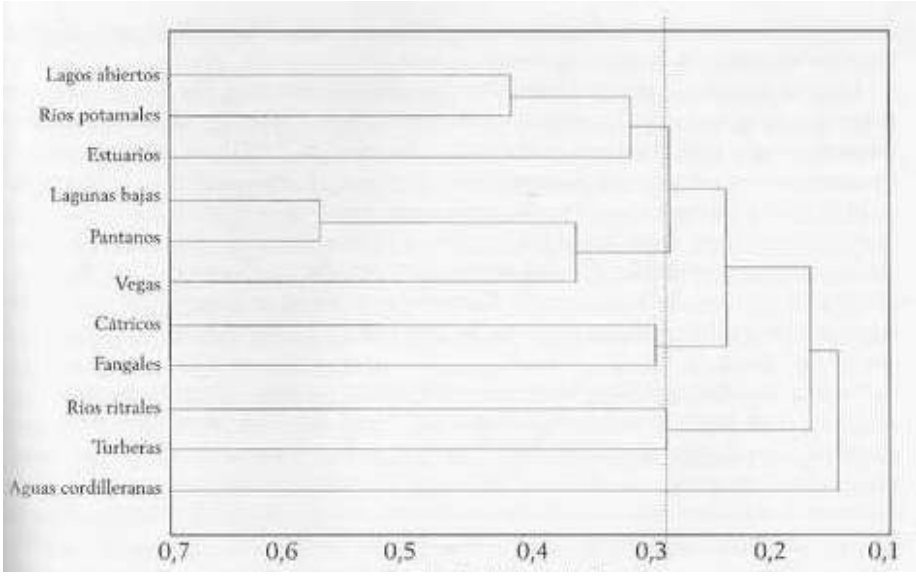


FIGURA 4-15. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE LOS ENSAMBLES DE AVES ACUÁTICAS EN DIFERENTES HUMEDALES (Tomado de Schlatter & Sielfeld 2006).

El origen de las aves de humedales andinos ha sido abordado por Fjeldsa (1985), quien establece áreas núcleo de endemismos, que contienen el mayor número de especies de un grupo de distribución, y determinan centros de dispersión o áreas de refugio antiguas. Una de estas áreas son las pampas argentinas o centro de La Plata (Schlatter et al. 1991, Schlatter & Sielfeld 2006), lo que explica el alto número de especies acuáticas continentales, de alta dispersión y nomadismo, compartidas entre ésa área y zonas en Chile. Aún hoy, frente a variaciones climáticas macrorregionales, se constatan visitas accidentales como el pato silbón y la tagüita purpúrea (Amado el at. 1991, Amado & Sielfeld 1994). De este modo las aves acuáticas de los cuerpos de agua de la cordillera de Antofagasta derivan, principalmente, del área núcleo de las pampas argentinas más que de procesos de especiación local (Fjeldsa 1985).

Aves de la región de Antofagasta y provincia de El Loa

Behn et al. (1957) registró, en sus excursiones ornitológicas a las cordilleras de la región, un total de 52 especies de aves terrestres. Luego, Peña (1968) en invierno, prospectó 19 localidades de la provincia de Antofagasta registrando nueve especies. Vuilleumier (1997) documentó 20 especies para la zona puneña desértica (> 3.500 msm) en los Altos Andes de Sudamérica, cinco de ellas en el desierto de Atacama.

Rau et al. (1998) realizaron cuatro excursiones ornitológicas desde el inicio del invierno de 1996 y finales del verano de 1998 en nueve localidades de la región de Antofagasta desde la desembocadura del río Loa (10 msm) a Socaire (3.900 msm), registrando 80 especies de aves, pertenecientes a 11 órdenes. La cuarta excursión, a fines del invierno de 1997, fue la de mayor abundancia de registros, coincidiendo con el desierto florido e inmediatamente después del

fenómeno de El Niño/Oscilación Sur. Las localidades con mayor riqueza de especies fueron Tumbre, Quebrada de Jere y Socaire (Tabla 4-13). De todas las especies que registraron el 46% (37) fueron únicas, es decir, solamente registradas en una localidad, y de estas especies únicas el 41% (15) fueron registradas sólo en el humedal bofedal de Tumbre (camino a Laguna Lejía) y en el humedal de la Cascada en el Oasis de Calama. En el desierto de Atacama registraron cuatro especies (una menos que Vuilleumier 1997). Estos autores calcularon la diversidad gamma (γ) en 4,42 bits/individuos, siendo equivalente a más de 21 especies equidominantes, lo que constituye una alta diversidad regional, ya que en la naturaleza el Índice de Shannon-Wiener se torna asintótico a los 5 bits/individuos, los cuales son equivalentes a 32 especies equidominantes, de este modo la diversidad gamma relativa es también comparativamente alta (0,884).

En las cinco áreas de estudio, en una excursión de cinco días por área se registraron 73 especies. Para la provincia de El Loa Ramírez & Pincheira-Donoso (2005), como ya indicamos, proponen 113 especies. Sin embargo, esta cifra puede variar. Marín (2004) considera a varias de ellas como hipotéticas (H) para Chile, por lo que no debieran incorporarse como especies comprobadamente del país.

Especies hipotéticas, raras y adiciones a la lista de la provincia de El Loa

Jaramillo (2004) cita para la región de Antofagasta la piranga (*Piranga rubra*), hermosa ave, rojo el macho y verdosa la hembra, pero el único ejemplar conocido fue encontrado momificado en Estación La Negra en la provincia de El Loa, en enero de 1967. Como único registro en más de cuarenta años no debe incluirse en la lista de aves de la provincia de El Loa.

Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) mencionan para la provincia de El Loa a la golondrina grande, también llamada golondrina de rabadilla canela, (*Petrochelidon pyrrhonota*). Esta especie migra estacionalmente del hemisferio norte a Sudamérica y se ha registrado pocas veces en Arica. En Antofagasta la observó P. Post en Calama (Demetrio 1993) entre diciembre y marzo; y en San Pedro de Atacama Howell & Webb (1995). Debido a tan escasos registros se considera hipotética.

El bolsero de Baltimore o turpian norteño (*Icterus galbula*) se distribuye en Estados Unidos y Canadá y migra a centro y Suramérica sólo en Colombia, Venezuela y Ecuador. Ha sido registrado en Chile sólo en Calama, un ejemplar entre el 22 y el 25 de junio de 2002 (Torres-Mura et al. 2003). De no mediar nuevos registros debiera considerarse accidental.

El cuervo de pantano de la Puna (*Plagadis ridgwai*) se distribuye en el altiplano de Perú, Bolivia y Argentina. En Chile en el altiplano de Arica (también en la costa) e Iquique y solo accidentalmente en al altiplano de la provincia de El Loa. Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) lo indican en vegas cerca a Ollague. De no mediar nuevos registros debe considerarse accidental.

La golondrina de los barrancos (*Riparia riparia)* según P. Post es considerada visitante regular en la zona de Antofagasta (Hughes 1970). Ha sido reportada hasta Llifén, Valdivia. En la provincia de El Loa Demetrio (1993) asevera que son visitantes regulares en el Oasis de Calama de noviembre a abril. Howell & Webb (1995) mencionan 6-7 registros en San Pedro de Atacama el 22 de noviembre de 1993. Es, según Marín (2004), un visitante escaso pero regular.

El pato silbón de cara blanca o pato pampa (*Dendrocygna viduata*) es un ave errante en Chile que ha sido registrado en varios lugares (e.g., ciudad de Antofagasta, Huayquique en Iquique,

río Quilimarí, Choapa). Salaberry et al. (1992) observó tres ejemplares el 11 de marzo de 1989 cerca del cerro de la Cruz en Calama. La consideramos una especie rara y errante y la incluimos en la lista para la provincia de El Loa.

Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) no registran especies del género *Tyrannus* para la provincia de El Loa. Philippi (1967) menciona un ejemplar del benteveo blanco y negro o suirirí boreal (*Tyrannus tyrannus*), capturado en Chinchorro, Arica en 1960. P. Post lo avistó en Chuquicamata en abril de 1968 (Johnson et al. (1972). Luego Demetrio (1993) los observa en Calama en mayo y junio de 1993 y D. Evans en el valle del río Loa el 10 de febrero de 1998 (Mazar Barnett & Kirwan 1999). Esta especie es errante, la consideramos rara y la incluimos a la lista para la provincia de El Loa.

El benteveo (*Pitangus sulphuratus*) también es considerada una especie rara por Marín (2004). E. Lamothe capturó el primer ejemplar en julio de 1966 en Cholguán, Biobío (Philippi 1967). En el norte grande fue capturado en la quebrada de Suca, Iquique (Marín et al. (1989) y en Caspana por F. Behn el 10 de febrero de 1968 (Marín 2003). Esta especie no la incluyen en su lista Ramírez & Pincheira-Donoso (2005), pero la incluimos como especie visitante casual, errante y rara.

La garza azul (*Egretta caerulea*) es considerada por Marín (2004) como una especie rara en Chile. Es residente en las costas de Arica. Ha sido registrada desde 1971; y en 1991 lo fue en la costa de la ciudad de Antofagasta. En San Pedro de Atacama fue avistada en 1993 por Howell & Webb (1995). En este estudio fue avistada en el Oasis de Calama en los sectores Mirador y Yalquincha, lo que incrementa los registros para considerarla residente en el Oasis de Calama. Es considerada una especie rara.

El mero de la puna o mero de cola blanca (*Agriornis andicola*) fue documentado por Hellmayr (1932) en Putre, y luego por Philippi et al. (1944) en la misma localidad y Parinacota. Howell & Webb (1995) nuevamente la registran en Parinacota. En la provincia de El Loa fue capturado un ejemplar en junio de 1957 en Aguada de Linzor a 4.100 msm (Peña 1961). Es una especie rara.

Valle de Quillagua

La gallina ciega peruana o plasta peruana (*Chordeiles acutipennis*) fue inicialmente registrada por Philippi (1964) a partir de un espécimen capturado por F. Behn el 9 de septiembre de 1949 en Chacalluta, Arica. Araya & Millie (2000) agregan un registro en Quillagua. Sin embargo Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) citan a la subespecie *Caprimulgus longirostris atripunctatus* para la provincia de El Loa, en terrenos agrícolas al este de Calama y al oeste de Toconao. Pero esta subespecie se distribuye sólo en las zonas de altura de la región de Arica Parinacota según Jaramillo (2005). En este estudio la registramos en el Valle de Quillagua, por lo que creemos que la especie *Chordeiles acutipennis* está presente, al menos en Quillagua y posiblemente esté también en el Oasis de Calama. *Caprimulgus longirostris atripunctatus* estaría en la zona altiplánica de la provincia de El Loa.

Registramos al cazamosca tijereta (*Tyrannus savana*) en matorrales del Valle de Quillagua. Esta especie es considerada muy rara al oeste de la cordillera de los Andes por Ridgely & Tudor (1994). Ha sido registrada dos veces, por McFarlane en el Valle de Camarones, Arica en marzo de 1973 y Salaberry et al. (1992) en el valle del Lluta, Arica entre noviembre y febrero y Toconao en febrero de 1988. Esta especie es errante y la consideramos rara.

El playero enano (*Calidris minutilla*) es una especie accidental en Chile que migra del hemisferio norte a sudamérica. Capturado por R. Donoso en 1948 en caleta Vitor, Arica, ha sido reportado en el río Lluta, Arica; playa Changa y río Elqui (Coquimbo). D. Evans observó dos ejemplares en el tranque Sloman, Quillagua (Mazar Barnett & Kirwan 1999). La consideramos una especie accidental.

En la siguiente tabla se muestran los registros para diferentes localidades, para contextualizar y comparar lo documentado para las cinco áreas de estudio.

TABLA 4-13. DIVERSIDAD COMPARADA DE AVES EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

	Superficie	Altitud	Riqueza de Especies	Fuentes
Provincia de El Loa	42.473 km^2		113	Ramírez & Pincheira- D. 2005
Desierto de Atacama			5 4	Vuilleumier 1997 Rau et al. 1998
Cordillera provincia de El Loa			52	Behn et al. 1957
Valle de Quillagua	18,216 km^2	790-946	21	Este estudio
Ojo de Opache, Calama			19	Rau et al. 1998
Cascada, Calama		2.300	34	Rau et al. 1998
Oasis de Calama	45,758 km^2	2.210-2.400	32	Este estudio
Quebrada de Jerez, Toconao			29	Rau et al. 1998
Salar de Atacama			4	Rau et al. 1998
Soncor, Salar de Atacama			20	Rau et al. 1998
Camar			6	Rau et al. 1998
Socaire		3.900	22	Rau et al. 1998
Bofedal de Tumbre		3.843	42	Rau et al. 1998
Laguna Lejía	189,059 km^2	4.250-5.710	30	Este estudio
Geisers del Tatio	839,516 km^2	3.300-5.600	20 32	SGA/GDN 2007 Este estudio
Alrededores del Volcán Licancabur	939,342 km^2	2.780-5.850	26	Este estudio

En la Tabla 4-14 se muestran los registros propios y previos de la avifauna de las cinco áreas de estudio, contrastándolas con lo propuesto por Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) para la provincia de El Loa. A esta lista se han adicionado algunas especies registradas bibliográficamente (observaciones previas) o en este estudio.

TABLA 4-14. AVES DE LA PROVINCIA DE EL LOA (SENSU RAMÍREZ & PINCHEIRA-DONOSO (2005) Y DE CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (2007-2008). N= NUEVA ADICIÓN A LA LISTA PARA LA PROVINCIA DE EL LOA DE RAMÍREZ & PINCHEIRA-DONOSO (2005), A= ACCIDENTAL, E= ERRANTE, H= HIPOTÉTICA, R= RARA, P= PRESENCIA PROBABLE, OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO.

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
ORDEN RHEIFORMES						
Pterocnemia pennata suri, ñandú	X			X		X
ORDEN TINAMIFORMES						
Tinamotis pentlandii perdiz de la Puna, kiula	X				X	X
ORDEN PODICIPEDIFORMES						
Podiceps occipitalis blanquillo	X					
Rollandia rolland pimpollo	X					
ORDEN PELECANIFORMES						
Phalacrocorax brasilianus pato yeco	X					
ORDEN CICONIFORMES						
Bubulcus ibis garza boyera	X					
Ardea alba garza grande	X					
Egretta thula garza chica	X					
Egretta caerulea garza azul	X		X			
Nycticorax nycticorax huairavo	X		X			
Plegadis ridgwayi cuervo de pantano de la puna	X (A)					
Phoenicopterus chilensis flamenco chileno	X			X		X
Phoenicoparrus andinus parina grande	X			X		X
Phoenicoparrus jamesi parina chica	X			X		
ORDEN ANSERIFORMES						
Dendrocygna viduata pato silbón de cara blanca	N-E-R		Op			
Chloephaga melanoptera piuquén	X			X		X
Lophonetta specularioides pato juarjual	X			X		X
Anas cyanoptera pato colorado	X	X	X			
Anas puna pato puna	X				X	X
Anas flavirostris pato jergón chico	X	X	X		X	X
Anas georgica pato jergón grande	X	X	X		X	X
ORDEN FALCONIFORMES						
Circus cinereus vari ceniciento	X		Op			
Parabuteo unicinctus peuco	X					
Geranoaetus melanoleucus águila de pecho negro	X		Op			
Buteo polyosoma aguilucho variado	X	X	X		X	X
Vultur gryphus cóndor	X					X
Phalcoboenus megalopterus carancho cordillerano	X		X	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Falco sparverius cernícalo	X		X			
Falco femoralis halcón perdiguero	X	X	X		X	X
Falco peregrinus halcón peregrino	X		X			
ORDEN GALLIFORMES						
Callipepla californica codorniz	X					
ORDEN GRUIFORMES						
Pardillarus sanguinolentus pidén	X	Op	X			
Gallinula chloropus tagüita del norte	X					
Fulica ardesiaca tagua andina	X	X	X			
Fulica leucoptera tagua chica	X					
Fulica gigantea tagua gigante	X					X
Fulica cornuta tagua cornuda	X					
ORDEN CHARADRIFORMES						
Recurvirrostra andina caití	X					
Vanellus resplendens queltehue de la puna	X					
Pluvialis dominica chorlo dorado	X					
Charadrius alticola chorlo de la puna	X			X		
Oreopholus ruficollis chorlo de campo	X					
Phegornis mitchelli chorlito cordillerano	X					
Tringa melanoleuca pitotoy grande	X					
Tringa flavipes pitotoy chico	X					X
Calidris minutilla playero enano		Op				
Calidris bairdii playero de Baird	X			X		X
Calidris melanotos playero pectoral	X					
Gallinago andina becacina de puna	X					Op
Steganopus tricolor pollito de mar tricolor	X		X	X		
Attagis gayi perdicita cordillerana	X			X		
Thinocorus orbignyianus perdicita cojón	X					X
Thinocorus rumicivorus perdicita chica	X					
Larus serranus gaviota andina	X			X		X
Larus modestus gaviota garuma		X				
ORDEN COLUMBIFORMES						
Columba livia paloma doméstica	X		X			
Zenaida auriculata tórtola	X	X	X			
Zenaida meloda paloma de alas blancas	X		X			
Metriopelia aymara tortolita de la puna	X					Op
Metriopelia melanoptera tórtola cordillerana	X		Op	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
ORDEN PSITTACIFORMES						
Bolborhynchus aurifrons perico cordillerano	X			X		Op
ORDEN STRIGIFORMES						
Tyto alba lechuza blanca	X		X			
Bubo magellanicus tucúquere magallánico	X		X			
Athene cunicularia pequén	X		X			
ORDEN CAPRIMULGIFORMES						
Chordeiles acutipennis gallina ciega peruana	N-A	X	P			
Caprimulgus longirostris gallina ciega	X					
ORDEN APODIFORMES						
Chaetura pelagica vencejo de chimenea	X					
Oreotrochilus estella picaflor de la puna	X			X	X	
Patagona gigas picaflor gigante	X					
Rhodopis vesper picaflor del norte	X					
ORDEN PASSERIFORMES						
Geositta cunicularia minero	X			X		
Geositta isabellina minero grande	X					
Geositta maritima minero chico	X					
Geositta punensis minero de la puna	X			X		
Upucerthia dumetaria bandurrilla	X	X	X	X		
Upucerthia andaecola bandurrilla de las piedras	X					
Upucerthia ruficaudus bandurrilla de pico recto	X			X	X	Op
Cinclodes fuscus churrete acanelado	X		Op			
Cinclodes atacamensis churrete de alas blancas	X				X	X
Leptasthenura aegithaloides tijeral	X		X		X	X
Asthenes modesta canastero chico	X			X	X	X
Phleocryptes melanops trabajador	X	X	X			
Tachuris rubrigastra siete colores del norte	X	X	X			
Agriornis montana mero gaucho	X		X			
Agriornis andicola mero de la puna	X					X
Agriornis micropterus mero de Tarapacá	X					
Muscisaxicola maculirostris dormilona chica	X	X	X		X	
Muscisaxicola maclovianus dormilona tontita		X				
Muscisaxicola albilora dormilona de ceja blanca	X					
Muscisaxicola capistratus dormilona rufa	X					
Muscisaxicola frontalis dormilona frente negra	X			X		
Muscisaxicola rufivertex dormilona de nuca rojiza	X		X	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Muscisaxicola flavinucha dormilona fraile	X			X		X
Muscisaxicola cinerea dormilona cenicienta	X					
Lessonia oreas colegial del norte	X				X	X
Tyrannus tyrannus benteveo blanco y negro	N-E-R		Op			
Tyrannus savana cazamosca tijereta		X				
Pitangus sulphuratus benteveo	N-E-R					
Pygochelidon cyanoleuca golondrina de dorso negro	X	X	X		X	X
Riparia riparia golondrina barranquera	X		Op			
Hirundo rustica golondrina bermeja	X					
Petrochelidon pyrrhonota golondrina grande	X (H)		Op			
Troglodytes aedon chercán	X	X	X		X	
Turdus chiguanco zorzal negro	X				X	
Mimus triurus tenca de alas blancas	X					
Anthus correndera bailarín chico	X					
Conirostrum cinereum comesebo chico		X				
Conirostrum tamarugense comesebo del tamarugal		X				
Thraupis bonariensis naranjero	X					
Phrygilus atriceps cometocino del norte	X			X	X	X
Phrygilus fruticeti yal	X		X		X	
Phrygilus unicolor pájaro plomo	X			X	X	X
Phrygilus plebejus plebeyo	X			X	X	
Phrygilus dorsalis cometocino de dorso castaño	X					X
Phrygilus gay cometocino	N-OP		Op			
Xenospingus concolor pizarrita	X					
Sicalis uropygialis chirihue cordillerano	X			X		
Sicalis auriventris chirihue dorado	X			X	X	
Sicalis olivascens chirihue verdoso	X			X		
Zonotrichia capensis chincol	X	X	X		X	
Icterus galbula bolsero de Baltimore	N-A		Op			
Carduelis uropygialis jilguero cordillerano	X					
Carduelis atrata jilguero negro	X			X	X	X
Passer domesticus gorrión	X	X	X			
TOTAL ESPECIES	118	23	42	30	26	35

Diversidad de avifauna en el Valle de Quillagua

Se registraron 23 especies, que incluyen las 21 especies registradas en este estudio y dos registros previos. En la Tabla 4-15 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 16 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron: tranque Santa Fe y Cultivo con nueve y siete especies respectivamente. El valor más alto de diversidad (H') está en tranque Santa Fe. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una clara tendencia a la homogeneidad, esto es, las poblaciones censadas presentan abundancias similares, sin embargo, esto no es concluyente porque muchas especies censadas presentan muy baja abundancia de individuos. La excepción la constituye tranque Sloman ya que la población de *Fulica ardesiaca* (tagua andina) presenta un número de individuos (31) por sobre lo registrado en las otras poblaciones censadas. Las diferentes estaciones no presentan grandes disimilitudes entre sí, salvo cultivo (Fig 4-16).

TABLA 4-15. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA, 2007.

Estaciones Parámetros	Cultivo	Matorral	Borde del río	Plantación	Tranque Santa Fe	Tranque Sloman	TOTAL
S	7	5	6	4	9	6	16
N	34	22	26	19	41	52	194
AB (%)	17,5	11,3	13,4	9,8	21,1	26,8	100,0
H'	2,6	2,2	2,5	1,9	3,1	1,9	3,5
H' max	2,8	2,3	2,6	2,0	3,2	2,6	4,0
J	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,9

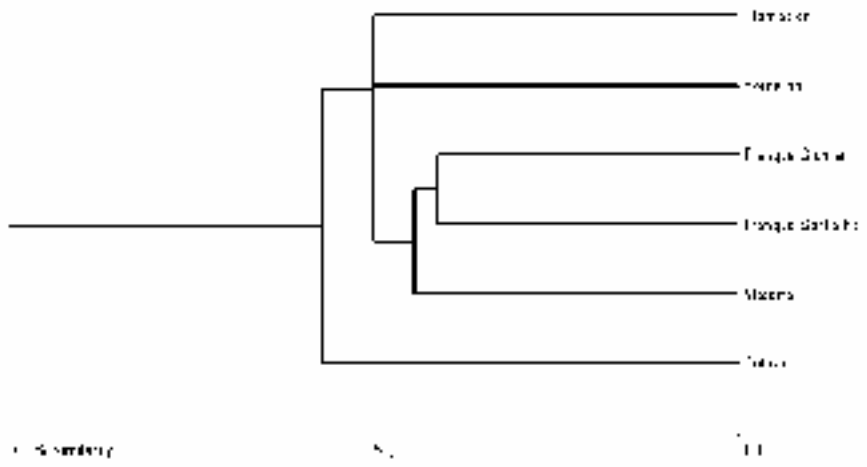


FIGURA 4-16. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL SITIO VALLE DE QUILLAGUA, 2007.

Diversidad de avifauna en el Oasis de Calama

Se registraron 42 especies, que consideran las 31 especies registradas en este estudio, 10 observaciones previas y una especie probable. En la Tabla 4-16 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 20 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones con mayor riqueza fueron Yalquincha, Mirador y pradera agrícola junto con Loa medio. El valor más alto de diversidad (H') está en Yalquincha. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad. En la Fig. 4-17 se aprecia que el ensamble de aves en pradera agrícola es diferentes de los demás, por el número de especies y por no contener aves acuáticas. Son similares Yalquincha, Mirador y Loa medio, que sí contienen aves acuáticas, pudiendo considerárseles integrantes de un mismo ensamble de aves.

TABLA 4-16. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

Estaciones Parámetros	Pradera Agrícola	Loa Medio	Mirador	Quebrada Quetena	San Salvador	Yalquincha	Ojo de Opache	TOTAL AVES
S	7	7	8	6	6	10	6	20
N	20	19	25	22	19	33	26	164
AB (%)	12,2	11,6	15,2	13,4	11,6	20,1	15,9	100,0
H'	2,4	2,5	2,9	2,3	2,4	3,1	2,3	3,6
H' max	2,8	2,8	3,0	2,6	2,6	3,3	2,6	4,3
J	0,9	0,9	01,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8

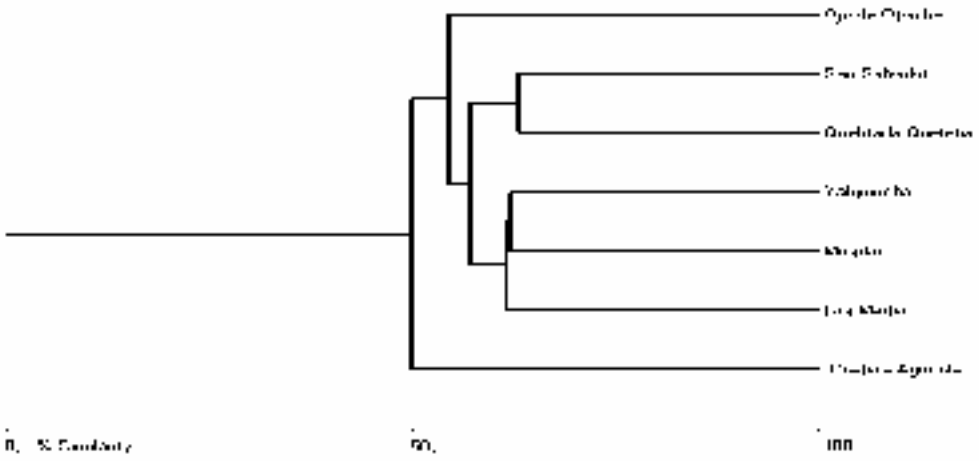


FIGURA 4-17. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SIETE AMBIENTES EN EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Diversidad de avifauna en Laguna Lejía

Se registraron 30 especies para el sitio de Laguna Lejía. En la Tabla 4-17 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 23 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). La mayor riqueza específica se presentó en LEJ-6 (humedal de Laguna Lejía), con 17 especies censadas, mientras que la menor se presentó en LEJ-4 (pajonal rocoso en laderas), con tres especies. La mayor abundancia relativa se presentó en LEJ-6. El valor más alto de diversidad (H') se registra en esta misma estación, este valor indica que a pesar de constituir la estación con mayor diversidad de especies es poco probable que esta diversidad aumente. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una clara tendencia a la homogeneidad. En la Fig. 4-18 se aprecia que el ensamble de aves de LEJ-6 se separa de los demás al contener un mayor número de especies.

TABLA 4-17. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO LAGUNA LEJÍA. 2008.

ESTACIONES PARÁMETROS	Pajonal tolar en roqueríos (LEJ-1)	Pajonal tolar en planicie (LEJ-2)	Escoria volcánica (LEJ-3)	Pajonal rocoso (LEJ-4)	Escorial en laguna Seca (LEJ-5)	Humedal Laguna Lejía (LEJ-6)	TOTAL
S	9	6	4	6	6	17	23
N	17	9	8	15	17	155	221
AB (%)	7,7	4,1	3,6	6,8	7,7	70,1	100
H'	0,728	0,569	0,602	0,317	0,610	1,022	1,165
H' max	0,778	0,602	0,602	0,477	0,699	1,230	1,362
J	0,936	0,946	1,000	0,664	0,873	0,830	0,856

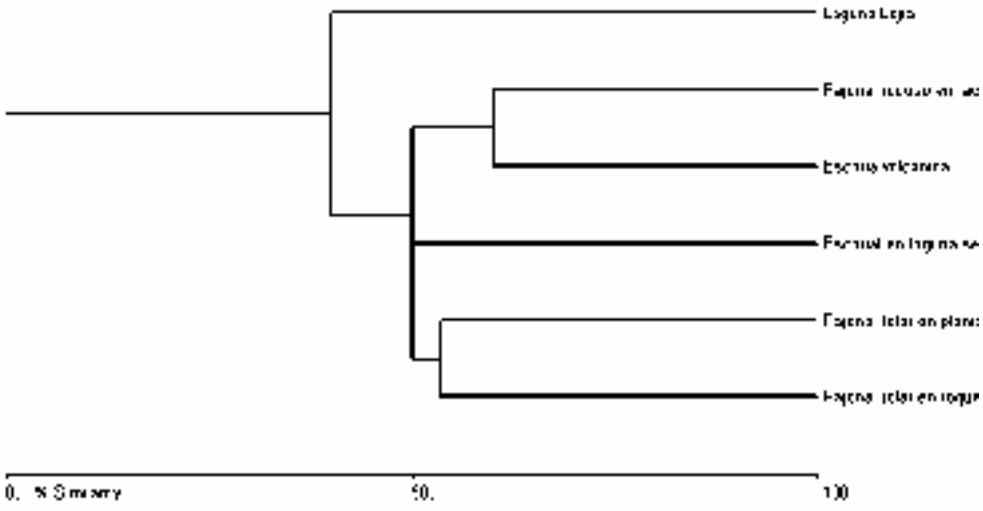


FIGURA 4-18. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL SITIO LAGUNA DE LEJÍA. ENERO 2008.

Diversidad de avifauna en Alrededores del Volcán Licancabur

Se registraron un total de 26 especies. En la Tabla 4-18 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 14 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas fueron LIC-5 (Borde estero) (8) y LIC-2 (pajonal) (5). El valor más alto de diversidad (H') se registra en la estación LIC-5 (borde estero). La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad, puesto que las poblaciones censadas en cada una de las estaciones de muestreo presentan abundancias similares, salvo la estación LIC-1 (cardonal -tolar) en la que existe una gran discrepancia entre las abundancias de las dos especies registradas, presentando por lo tanto un valor de equiparabilidad inferior.

TABLA 4-18. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

Estaciones Parámetros	Cardonal tolar (LIC-1)	Pajonal (LIC-2)	Pajonal Tolar (LIC-3)	Tolar (LIC-4)	Borde Estero (LIC-5)	Ojalar (LIC-6)	TOTAL AVES
S	2	5	4	2	8	2	14
N	55	15	14	33	48	10	175
AB (%)	14,3	35,7	28,6	14,3	57,1	14,3	100
H'	0,068	0,679	0,485	0,299	0,848	0,265	0,832
H' max	0,301	0,699	0,602	0,301	0,903	0,301	1,146
J	0,225	0,972	0,805	0,994	0,939	0,881	0,726

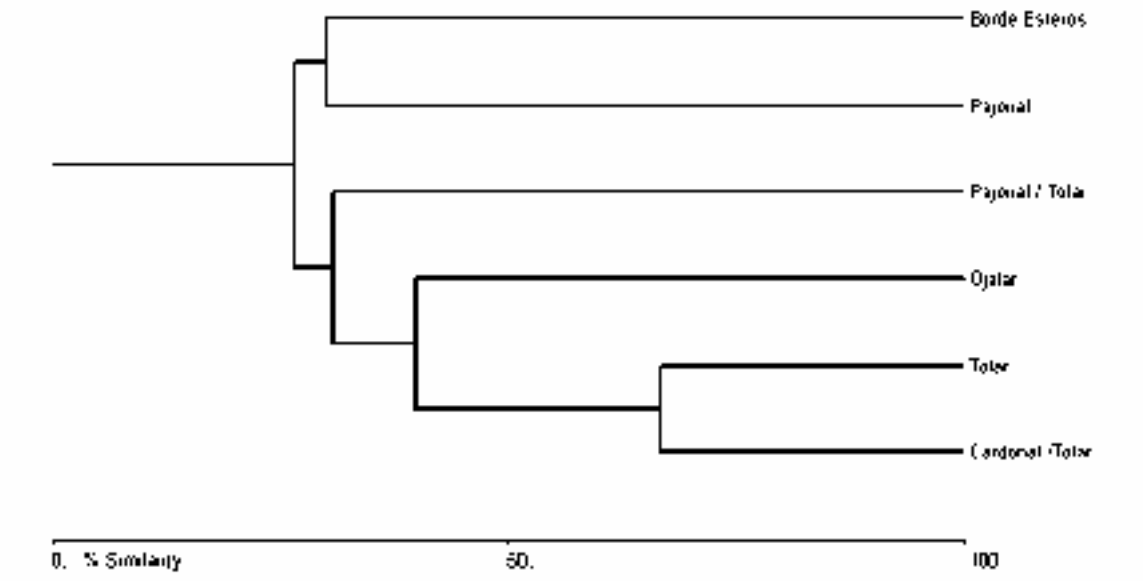


FIGURA 4-19. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

Diversidad de avifauna en Geisers del Tatio

Se registraron 35 especies, incluyendo las 31 registradas en este estudio más cuatro observaciones previas. En la Tabla 4-19 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 29 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas fueron TA-0 (vado Putana) con 15 especies, TA-1 (quebrada Putana) con nueve especies y TA-5 (bofedal) con ocho especies. El valor más alto de diversidad (H') se registra en esta misma estación. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad.

TABLA 4-19. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO EL TATIO, 2008.

Estaciones Parámetros	Vado río Putana (TA-0)	Quebrada Putana (TA-1)	Tolar (TA-2)	Pajonal (TA -3)	Quebrada Geisers (TA-4)	Bofedal (TA-5)	Bofedal Carabineros (TA-6)	Geisers Tatio (TA-7)	TOTAL
S	15	9	4	3	3	8	7	6	29
N	123	32	14	6	7	68	42	42	334
ABR (%)	36,8	9,6	4,2	1,8	2,1	20,4	12,6	12,6	100
H'	1,061	0,916	0,501	0,439	0,415	0,821	0,778	0,592	1,304
H' max	1,176	0,954	0,602	0,477	0,477	0,903	0,845	0,778	1,477
J	0,902	0,960	0,832	0,921	0,870	0,909	0,921	0,760	0,883

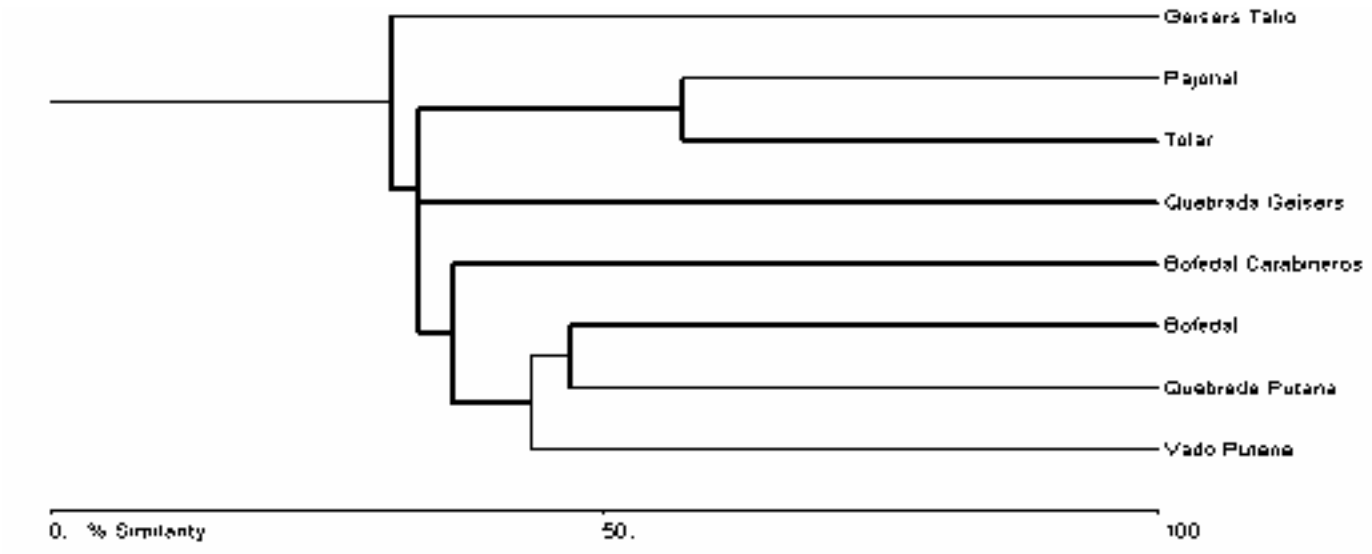


FIGURA 4-20. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE OCHO AMBIENTES EN EL SITIO EL TATIO, PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

Comparación entre las áreas de estudio

Comparamos la similitud/disimilitud entre la composición de especies de aves de los cinco lugares bajo estudio (Tabla 4-20, Fig. 4-21). Se pueden reconocer dos clusters, uno que agrupa al Valle de Quillagua y Oasis de Calama y otro a Laguna Lejía, Alrededores del Volcán Licancabur y los Geisers del Tatio. Sin embargo, todos los ambientes comparten una buena proporción de sus especies, salvo el ensamble de aves del Valle de Quillagua y Laguna Lejía, aunque ambos son humedales y debieran contener especies de aves acuáticas comunes. Los ensambles más similares (comparten más especies de aves) son el Valle de Quillagua y Oasis de Calama ya mencionados y Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio, sistemas contiguos y también similares en sus asociaciones vegetacionales.

TABLA 4-20. COMPARACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE AVIFAUNA EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Valle de Quillagua	*	54,2373	3,8462	29,1667	13,7931
Oasis Calama	*	*	11,9403	38,0952	21,9178
Laguna Lejía	*	*	*	39,2857	54,5455
Volcán Licancabur	*	*	*	*	58,0645
Geisers del Tatio	*	*	*	*	*

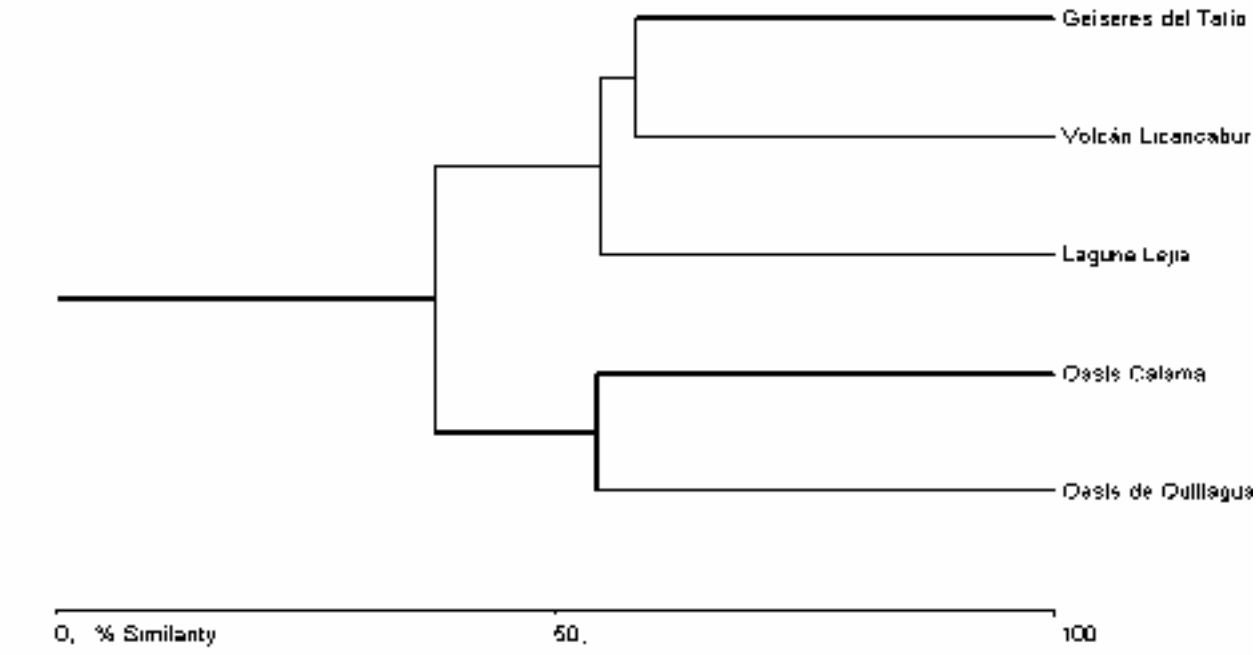


FIGURA 4-21. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

Diversidad de avifauna en las áreas de estudio

Las comunidades vegetales y los ensambles faunísticos de las cinco áreas de estudio son disímiles, es decir no comparten muchas especies entre ellos. En otras palabras los ecosistemas son muy diferentes entre ellos, lo que aumenta la diversidad beta. Por ejemplo para el caso de las aves la diversidad beta es intermedia, lo que concuerda con lo documentado por Rau et al. (1998) en un transecto entre la desembocadura del río Loa y Socaire. Esto contrasta con lo registrado para la zona central, que tiene baja diversidad beta (Cody 1985). Este es, quizá, el mayor valor de la diversidad de las áreas de estudio, si bien la diversidad alfa no es tan relevante, en general, la diversidad ecológica la hace muy atractiva en su conjunto, aún sin considerar su alto nivel de endemismo (e.g., anfibios y reptiles), como se verá más adelante.

3.4. Diversidad de mamíferos

Mamíferos de Chile

De las 106 especies de mamíferos terrestres (incluyendo los voladores) descritas para Chile (Muñoz-Pedreros & Yáñez 2008) Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) documenta 35 especies para la provincia de El Loa (voladores y no voladores, nativos e introducidos) y 24 son consideradas potencialmente presentes en la comuna de San Pedro de Atacama sensu Simonetti & Veloso (2003).

Origen y distribución

Origen de los mamíferos chilenos

Los mamíferos chilenos son una fauna única y variada en sus características, por las diferencias biológicas entre organismos que fueron llegando en momentos distintos del pasado, como por la evolución que tuvieron desde su arribo (Spotorno et al. 2008). Frente a los drásticos cambios geológicos y climáticos (e.g., aparición de cordillera de los Andes) muchas especies se extinguieron, pero otras se adaptaron a los nuevos ambientes áridos. Así los mamíferos chilenos son una mezcla de distintos orígenes y épocas. Pese a la escasez de registro fósil (véase Canto et al. 2008), puede extrapolarse con los abundantes registros en Argentina, más aún si antaño pertenecían a un solo sistema territorial (Patterson & Pascual 1972, Reig 1981).

Para analizar el origen de la fauna de mamíferos se usa el concepto de horofauna (conjunto de especies que coexisten y se diversifican en un área determinada durante un lapso prolongado del tiempo geológico, y que, por esta razón, representan una unidad biogeográfica perdurable). En Sudamérica se distinguen cuatro horofaunas sucesivas de mamíferos: la protohorofauna gondwánica, la paleohorofauna sudamericana, la cenohorofauna y la neohorofauna (Fig. 4-22), más la horofauna reciente, que es la que existe actualmente (Reig 1981, Spotorno et al. 2008).

Folio006363

Por razones de espacio abordaremos el origen de los mamíferos chilenos desde la cenohorofauna, caracterizada por el levantamiento del territorio y formación de la cordillera de Los Andes.

El cambio climático y geomorfológico fue dramático, con la formación del empinado altiplano se consolidó su separación y aislamiento del sistema patagónico. Incluso en la actualidad la vegetación de ambos territorios contienen elementos desérticos comunes (Spotorno & Veloso 1990). La fauna local de marsupiales, xenartros (quirquinchos) y notungulados sobrevivientes se vio incrementada con linajes africanos y norteamericanos como roedores caviomorfos, primates platirrinos, algunos quirópteros (murciélagos) y sirenios de África, y posteriormente roedores cricétidos y más quirópteros originarios de Norteamérica.

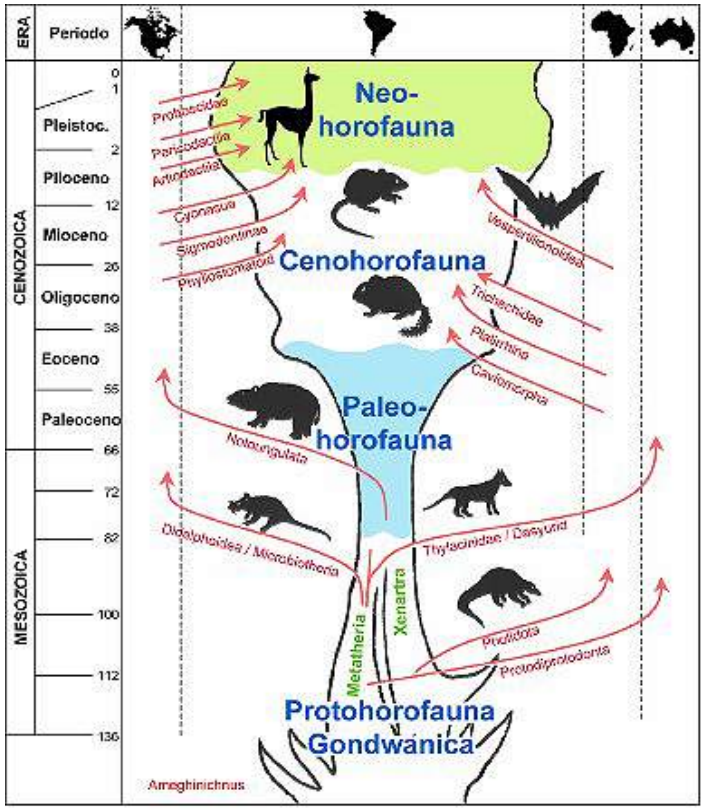


FIGURA 4-22 HOROFAUNAS SUCESIVAS DE MAMÍFEROS SUDAMERICANOS. (TOMADO DE SPOTORNO ET AL. 2008, MODIFICADO DE REIG 1981).

De esta forma los roedores caviomorfos fueron uno de los grupos más característicos y diversos de Suramérica. Los caviomorfos son inicialmente herbívoros pequeños a grandes, de ambientes preferentemente húmedos, (como los ancestros del coipo). Los cambios climáticos los extinguieron en los nuevos y secos territorios asociados a los Andes y evolucionaron, en el sur de Sudamérica, los chinchíllidos (chinchillas y vizcachas).

La llegada de los roedores cricétidos sigmodontinos, aparentemente de Norteamérica, aumenta notoriamente el número de especies hasta la actualidad. Son especies pequeñas y omnívoras, aunque algunos han evolucionado a formas herbívoras. Los sigmodontinos sudamericanos se agrupan en: (a) pequeños omnívoros-insectívoros de ambientes más bien húmedos como los oryzominos y los akodontinos y (b) herbívoros de ambientes más secos como los filotinos (Spotorno 1986). Por el gran número de géneros y especies que viven hoy en el Altiplano, es muy probable que éste sea el centro de origen de los filotinos (Reig 1987, Spotorno et al 2008). Otros grupos de roedores tomaron caminos curiosos, como los ancestros de *Loxodontomys* y *Auliscomys* que migraron desde el altiplano hasta la Patagonia y desde allí ingresaron nuevamente a Chile, atravesando la cordillera de los Andes a la altura de Concepción o un poco más al sur (Reig 1986, Simonnetti & Spotorno 1980, Spotorno et al 2008).

Caviedes & Iriarte (1989) proponen que la expansión hacia el sur de los sigmodontinos (antes del Cuaternario), fue posible a través de la vertiente este de los Andes, porque la aridez del desierto de Atacama habría impedido la dispersión por el sector oeste y que la altura de la cordillera y su clima frío más al sur limitó el paso desde el este. De este modo el paso de un lado a otro sólo habría ocurrido en ciertos períodos del Pleistoceno y la progresiva desertización de esta área habría clausurado el paso, aislando esta fauna. Esto es rebatido, por ejemplo por Marquet (1989), que asegura que el desierto no representó una barrera insalvable a la dispersión y que la baja diversidad actual del desierto de Atacama se explicaría por episodios sucesivos de colonización y extinción. Por otro lado Meserve & Kelt (1990) indican que la colonización tuvo muchas vías de entrada y que los ensambles de la zona central no están empobrecidos. La ausencia de especies independientes del agua y la distribución costera de algunas especies peruanas sugiere a estos autores que la baja riqueza del norte se debe a procesos de extinción local e inmigración, más que a aridez y aislamiento por sí solos.

Respecto a la neohorofauna**,** aquí se produjo otro evento crucial: la conexión terrestre de Norteamérica con Sudamérica en el istmo de Panamá, con la consiguiente migración masiva en ambos sentidos, llegando la diversidad suramericana a su máximo conocido. De esta forma, en los últimos dos millones de años llegan, primero los carnívoros (e.g., cánidos, mustélidos, félidos), luego los artiodáctilos (e.g., camélidos y cérvidos) y finalmente los perisodáctilos y proboscídeos, que evolucionan formando nuevas especies que se integran a la cenohorofauna. En el altiplano es relevante conocer el origen de algunos grupos de mamíferos. Por ejemplo los camélidos (e.g., las actuales vicuñas y llamas) se originaron en los llanos del oeste norteamericano, durante el Eoceno (40 a 45 millones de años) evolucionando en el Plioceno en los grupos *Camelini* y *Lamini*. Un representante de este último grupo migró a Sudamérica a través de la cordillera de los Andes adaptándose a estos ambientes áridos y semiáridos. Siete millones de años más tarde se diferenciaron los géneros: *Lama* y *Vicugna* (Wing 1986, Spotorno et al. 2008), evolución apremiada, no solamente por la elevación del territorio, sino que también por las glaciaciones, que en el eje norte sur de la cordillera de los Andes, al bajar los hielos en ciertos tramos, aisló las poblaciones de mamíferos. Spotorno et al. (1998a) así explican que el pariente más próximo del roedor *Phyllotis darwini* de la costa de Chile central sea *Phyllotis magíster* que hoy vive en la precordillera de Arica Parinacota y en la costa y precordillera de la Región de Antofagasta, teniendo ambos un ancestro común cercano (Walker et al. 1999).

La evidencia geológica indica que el área de Atacama presentó períodos bastante más húmedos que en el presente durante el Pleistoceno, con presencia de grandes mamíferos tales como mastodontes y ciervos. De este modo la reducida fauna actual del desierto de Atacama probablemente represente remanentes de faunas previamente más extensas y no colonizaciones recientes. Por esta misma razón parece poco probable que la fauna de mamíferos de Chile sea relativamente pobre debido a que permaneció aislada del resto del continente por la existencia de desierto de Atacama (Contreras & Torres-Mura 2008).

Respecto a la fauna reciente la penúltima y última llegada importante de grupos de mamíferos a Sudamérica y a Chile, fue a través del estrecho de Behring (unos 40.000 AP) nucleados alrededor de humanos cazadores que avanzaron de norte a sur y que en el actual Chile depredaban sobre mastodontes, caballos, camélidos y ciervos. El único centro importante de domesticación de mamíferos en América fue el de los Andes del centro y sur, domesticándose la llama (*Lama glama*), la alpaca (*Lama pacos*) y el cuy (*Cavia porcellus*). Se concuerda que la llama fue domesticada a partir del guanaco (*Lama guanicoe*); y la alpaca probablemente se hizo

a partir de la vicuña (*Vicugna vicugna*). Para el cuy la domesticación fue a partir de *Cavia tschudii* (Spotorno & Veloso 1990, Redford & Eisenberg 1992, Bruford et al. 2003, Spotorno et al. 2004, Spotorno et al. 2008). La segunda oleada de humanos y su fauna acompañante fueron a partir de la conquista española hace medio milenio y que aún continúa. En ésta se introdujeron, conciente e inconscientemente especies domésticas (e.g., bovinos, equinos, caprinos) y comensales (e.g., roedores como *Mus musculus, Rattus rattus, Rattus norvegicus*).

Así, la actual fauna de mamíferos de Chile está compuesta en un 7% por descendientes de los grupos más antiguos (Marsupialia y Xenarthra), en un 30% por roedores (Hystricognata) y en un 63% por mamíferos de origen norteamericano más reciente (Contreras & Torres-Mura 2008).

Distribución de los mamíferos chilenos

La biogeografía estudia la distribución de las especies y se alimenta, complementariamente de explicaciones históricas (orígenes, dispersión y extinción de biotas) y ecológicas (interacciones entre los organismos y sus ambientes físicos y bióticos), originando la filogeografía (que reúne a la genética de poblaciones y la sistemática) y que se aplica a especies relacionadas a taxones infraespecíficos, y consiste en el análisis espacial de los linajes génicos (Avise 2000).

El número total de especies de mamíferos terrestres existentes en Chile (102) es bajo si se compara con lo esperado para el área del Neotrópico (281 especies), pero toda el área del cono sur de Sudamérica tiene un bajo número de especies por km^2 (Contreras & Torres-Mura 2008). Existen zonas con bajo número de especies como el desierto de Atacama, la cordillera de la región de Valparaíso, los bosques lluviosos templados de la costa del extremo sur y el archipiélago fueguino (Fig. 4-23).

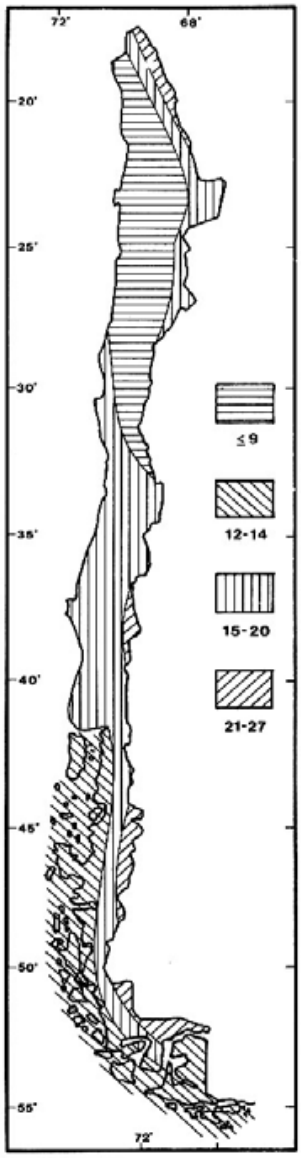


FIGURA 4-23. PATRÓN DE RIQUEZA DE ESPECIES DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO VOLADORES EN CHILE. TOMADO DE CONTRERAS & TORRES-MURA (2008).

La baja diversidad de mamíferos del desierto de Atacama se prolonga hacia el sur más en el interior que a lo largo de la costa, ya que ésta tiene menor aridez por la mayor distribución de vegetación producto de mayor disponibilidad de humedad. Las zonas con mayor diversidad son el altiplano en el extremo noreste y las zonas con influencia patagónica en el centro-sur de Chile (e.g., Alto Biobío, Coihaique y Torres del Paine). La fauna altiplánica es compartida con Perú, Bolivia y Argentina y disminuye junto con el gradiente de precipitaciones, hacia el oeste y el sur, dominado por el desierto.

Contreras & Torres-Mura (2008) concluyen, también, que la diversidad de especies de mamíferos terrestres no voladores aumenta de oeste a este en el norte y en el sur y, viceversa en Chile central mediterráneo árido. Esta fauna no se encuentra homogéneamente distribuida en estas áreas y raramente se registrarán todas las especies en una misma localidad. En el desierto de Atacama esto es notorio, ya que las especies pequeñas (e.g., marsupiales, roedores), están circunscritas a localidades con condiciones especiales (e.g., oasis y quebradas), presentándose extensas superficies de territorio sin especies de mamíferos.

Contreras & Torres-Mura (2008) consideraron la fisiografía de Chile y los registros disponibles de presencia de mamíferos, caracterizando 26 áreas geográficas y realizaron un análisis de agrupamiento entre áreas. Sus resultados les permitieron distinguir seis grupos de áreas (Fig. 4-24). El primer nodo separa la fauna del altiplano de la región de Arica Parinacota incluso de la fauna de zonas cercanas como los ambientes andinos inmediatamente al sur y al oeste. El segundo nodo separa las áreas del extremo sur (de ambientes abiertos y de estepa patagónica) de las áreas del norte, centro y sur del país. El resto de las áreas de Chile se aglutinan en dos grupos (Fig. 4-24). La separación del desierto de Atacama dentro de las áreas del norte se debe al bajo número de especies presentes y no a que en él no existan especies compartidas con las otras áreas. Para nuestras áreas de estudio el altiplano de la región de Antofagasta (número siete en la figura con 11 especies) presenta similitud con la zona de alturas (> 2.800 msm) de la región de Coquimbo (número nueve en la figura, con siete especies) y el altiplano de la región de Tarapacá (número cinco en la figura con 17 especies). Estos autores indican que sus resultados pueden variar ya que hay dos zonas de Chile con notables carencia de registros: los ambientes andinos localizados entre los 23°S (salar de Atacama) y 33°S (Santiago) y la zona de los canales entre los 44° y los 52°S.

Según Contreras & Torres-Mura (2008) el grupo de zonas de la Fig. 4-24 con menor endemismo corresponden a los Andes de Chile central (0/13 = 0,0) y el Alto Biobío (2/22= 0,09). Chile central mediterráneo y los bosques templados presentan valores intermedios (3/19 = 0,1 y 5/19 5 = 0,26 respectivamente). En total existen 12/102 = 0,11 especies endémicas de MTNV en Chile. Estas corresponden a 11 roedores (*Chelemys megalonyx*, *Pearsonomys annectens*, *Phyllotis darwini*, *P. osgoodi*, *Chinchilla lanigera*, *Octodon degus*, *O. lunatus, O. pacificus*, *Spalacopus cyanus*, *Ctenomys fulvus robustus*, y *Abrocoma bennetti*), y un cánido (*Lycalopex fulvipes*). El roedor subterráneo *Ctenomys fulvus*, del desierto de Atacama, se encuentra en un ambiente aislado.

Folio006367

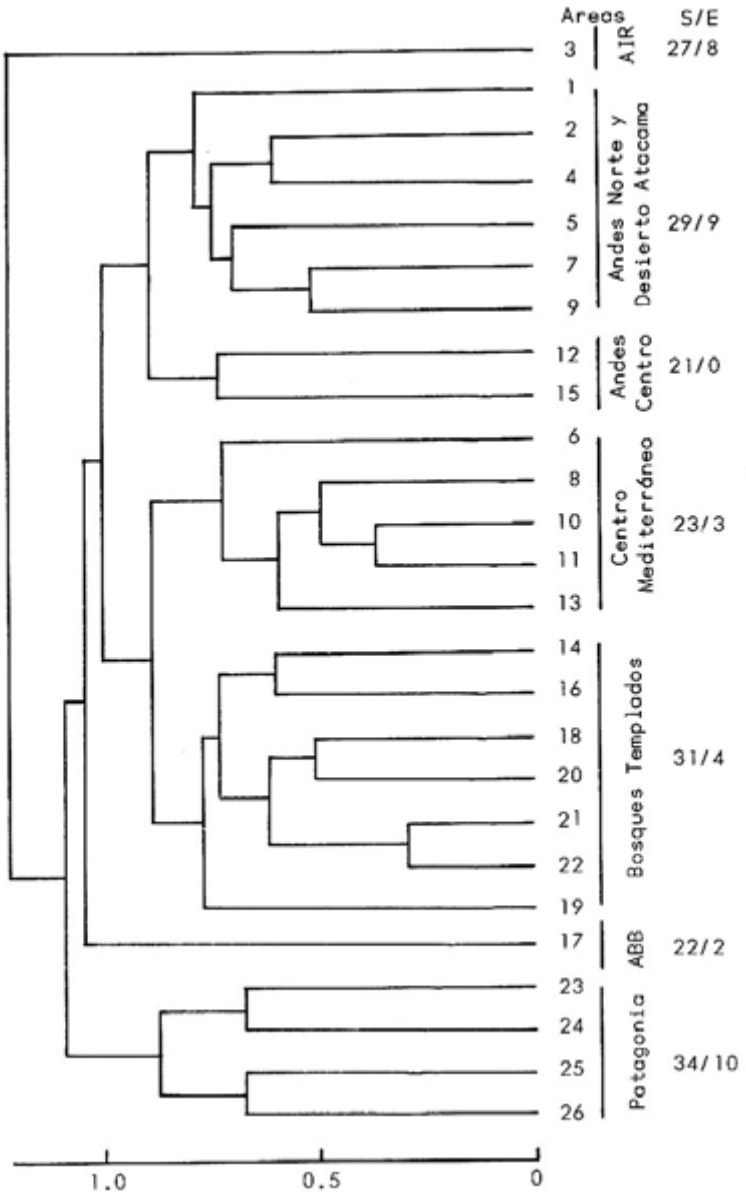


FIGURA 4-24. RELACIONES DE SIMILITUD DE FAUNA DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO VOLADORES (MTNV) ENTRE 26 LOCALIDADES DE CHILE. Calculadas utilizando el índice de distancia promedio y el algoritmo de las medias aritméticas no ponderadas de grupos pares (UPGMA). 1. Desierto de Atacama, 2. Precordillera región Arica Parinacota, 3. Altiplano región Arica Parinacota, 4. Precordillera de región de Tarapacá, 5. Altiplano de región de Tarapacá, 6. Paposo-Caldera, 7. Altiplano de región de Antofagasta, 8. < 2.800m región de Coquimbo, 9. > 2.800m región de Coquimbo, S= Riqueza de Especies, E= Número de especies endémicas. Tomado de Contreras & Torres-Mura (2008).

Mamíferos de la región de Antofagasta y provincia de El Loa

Spotorno et al. (1998), desarrollaron un estudio, en dos transectos desde la costa a la cordillera de los Andes; el primero desde el límite sur en la costa de la región de Antofagasta en Paposo, subiendo hacia el noroeste, y el segundo desde el límite norte de la desembocadura del río Loa, hacia el suroeste. Ambos transectos comprenden las cuatro zonas bioclimáticas descritas por di Castri (1968) para esa región del país, atravesando además el gradiente altitudinal.

Se puede decir que la fauna de micromamíferos de Antofagasta se encuentra formada por tres grupos de especies (sensu Spotorno et al.1998): (a) las de origen sureño, que alcanzan allí su máxima distribución norte: *Thylamys elegans, Phyllotis darwini, Abrothrix olivaceus*, y antes de su extinción local *Chinchilla lanigera*, (b) las de origen norteño, que alcanzan su máxima distribución al sur u oeste en Antofagasta: *Thylamys pallidior, Chinchilla brevicaudata, Abrocoma cinerea, Ctenomys opimus, Hippocamelus antisensis, Phyllotis magister, Akodon albiventer, y Auliscomys sublimis* (Reise & Venegas 1987) y (c) las endémicas, que sólo viven en esa región: *Abrothrix* del Salar de Atacama, y tal vez *Eligmodontia puerulus.* Por otro lado las especies de los ensambles de micromamíferos de ecosistemas desérticos se caracterizan por presentar un patrón más de tipo individualista que en base a una estructura comunitaria. De este modo se presentan bajas diversidades alfa y altas diversidades betas, lo que hace suponer la relevancia de la estructura del hábitat, por ejemplo, en una dinámica metapoblacional fuente-sumidero y procesos acoplados de competencia y depredación (Marquet 1994, Rau et al. 1998).

En la Tabla 4-21 se presentan los registros de mamíferos para la provincia de El Loa y el Valle de Quillagua, provincia de Tocopilla.

TABLA 4-21. MAMÍFEROS REGISTRADOS EN LA PROVINCIA DE EL LOA Y VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA. *= REGISTRADO COMO *P. darwini rupestris,* **= REGISTRADO COMO *P. xantophygus rupestris.*

ESPECIE	LOCALIDAD DE REGISTRO	FUENTE	MÉTODO DE REGISTRO
Thylamys pallidior yaca	Quebrada de Soncor Tumbre	Spotorno et al. 1998 Spotorno et al. 1998	trampas trampas
Myotis atacamensis murciélago de atacama	Tranque Santa Fé, Quillagua (1) San Pedro de Atacam	Este estudio Lataste 1896	avistamiento avistamiento
Chaetophractus nationi quirquincho peludo de la puna	Paso Jama	Este estudio	madriguera
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco	Toconce Camino volcán Licancabur El Tatio, pajonales	Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas
Abrothrix andinus ratón andino	San Pedro de Atacama Toconao, alrededores Quebrada de Jerez, Toconao Talabre Viejo Laguna Lejía Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio	Osgood 1943 Spotorno et al. 1998 Rau et al. 1998 Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio SGA/GDN 2007	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas

	El Tatio Quebrada Putana	Este estudio Este estudio	trampas trampas
Abrothrix olivaceus ratón olivaceo	Tranque Santa Fé, Quillagua [(1)] Orilla río Loa, Quillagua[(1)] Ojo Opache, Calama Mirador, Calama	Este estudio Este estudio Rau et al. 1998 Este estudio	trampas trampas trampas trampas
Calomys lepidus lauchita peruana	San Pedro de Atacama Ojos de San Pedro	Pine et al. 1979 Koford 1955	trampas
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso	San Pedro deAtacama, Pozo 3 Talabre Viejo Camino azufrera, Licancabur Toconce Salar de Atacama 10 km int. Tumbre	Reise & Venegas 1987 Rau et al. 1998 Este estudio Marquet et al. 1998 Spotorno et al. 2001 Spotorno et al. 2001	trampas trampas trampas trampas trampas
Phyllotis rupestris lauchón orejudo	Geisers del Tatio Río Puritana, volcán Licancabur San Pedro de Atacama, Pozo 3 San Pedro de Atacama Beter (2.380 msm) Licancabur, paso Jama (km 20) Camino paso Jama Quebrada de Jerez, Toconao Toconao, alrededores Talabre Viejo Río Grande norte San Pedro Camino volcán Licancabur Pajonal camino azufrera Sasie El Guatín, Licancabur	Reise & Venegas 1987* Reise & Venegas 1987* Reise & Venegas 1987* Spotorno et al. 2001 Marquet et al. 1998** Reise & Venegas 1987 Spotorno et al 1998 Rau et al. 1998 Spotorno et al 1998 Rau et al. 1998 Reise & Venegas 1987* Este estudio Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Phyllotis magister lauchón orejudo grande	Ojo Opache, Calama Oasis de Calama Camino Mirador, Calama Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio Camino al Tatio Quebrada de Putana, El Tatio Geiseres del Tatio El Tatio	Rau et al. 1998 Elgueta 2006 Este estudio Este estudio Osgood 1943** Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Auliscomys sublimis ratón de la puna	El Tatio Toconce	Reise & Venegas 1987 Koford	trampas trampas
Lagidium viscacia vizcacha	Camino al Paso Huaytiquina Talabre Viejo El Tatio Camino azufrera Sasie Cuesta del Diablo Paso Jama, Licancabur Camino Laguna Mistaqui	Spotorno et al. 1998 Cortes et al. 2002 SGA/GDN 2007 Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento
Chinchilla brevicaudata chinchilla cordillerana	Camino al paso Huaytiquina	Spotorno et al 1998	avistamiento
Abrocoma cinerea ratón chinchilla de cola corta	San Pedro de Atacama Licancabur, paso Jama (km 20) Camino al paso Huaytiquina	Pine et al 1979 Reise & Venegas 1987 Spotorno et al 1998	trampas trampas trampas

	Talabre Viejo	Rau et al. 1998	trampas
	Talabre Viejo	Cortes et al 2002	trampas
	Tumbre	Spotorno et al 1998	trampas
	El Tatio	SGA/GDN 2007	
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama	San Pedro de Atacama	Osgood 1943	
	Socaire (Aguas calientes)	Feito & Gallardo 1982	
	Salar de Atacama	Hickman 1985	
	Salar de Atacama	Reise &Venegas 1987	trampas
	Salar de Atacama	Cortés et al 2000	
	Salar de Atacama	Spotorno et al. 1998	cuevas
	Salar de Atacama	Rau et al. 1998	cepos
	Laguna Lejía	Contreras, Yáñez y Núñez rec.	cepos
	Laguna Seca (L. Lejía)	Este estudio	avistamiento
	Laguna Lejía	Este estudio	avistamiento
	Salar de Aguas Calientes	Este estudio	avistamiento
	Camino azufrera Sasie	Este estudio	cuevas
Ctenomys opimus tuco tuco de la puna	Camino al paso Huaytiquina	Spotorno et al 1998	cuevas
	Talabre Viejo	Rau et al. 1998	cepos
Rattus norvegicus guarén	Ojo de Opache, Calama	Este estudio	trampas
	Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio	trampas
Rattus rattus rata de campo	Ojo de Opache, Calama	Este estudio	trampas
	Ojo Opache, Calama	Rau et al. 1998	trampas
	Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio	trampas
	Yalquincha, Calama	Este estudio	trampas
	San Salvador, Calama	Este estudio	trampas
	Loa medio, Calama	Este estudio	trampas
Mus musculus laucha doméstica	Tranque Santa Fe, Quillagua[(1)]	Este estudio	trampas
	Valle de Quillagua[(1)]	Este estudio	trampas
	Ojo Opache, Calama	Rau et al. 1998	trampas
	Ojo Opache, Calama	Este estudio	trampas
	Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio	trampas
	Yalquincha, Calama	Este estudio	trampas
	San Salvador, Calama	Este estudio	trampas
	Loa medio, Calama	Este estudio	trampas
	Mirador, Calama	Este estudio	trampas
	Praderas y cultivos, Calama	Este estudio	trampas
Oryctolagus cuniculus conejo	Oasis de Calama	Elgueta 2006	en feca de zorro
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	Oasis de Calama	Elgueta 2006	fecas, informante
	Camino Stgo. de río Grande	Ramírez & Donoso-P. 2005	avistamiento
	Camino al Tatio	Este estudio	trampas cámara
	El Tatio	SGA/GDN 2007	avistamiento
	Camino al Tatio	Este estudio	avistamiento
	Geiseres del Tatio	Este estudio	avistamiento
	El Guatín	Este estudio	informante local
	Camino paso Jama	Ramírez & Donoso-P. 2005	feca
	Camino volcán Licancabur	Este estudio	avistamiento
	Toconao	Spotorno et al 1998	avistamiento
	Camino Toconao	Ramírez & Donoso-P. 2005	avistamiento
	Laguna Lejía	Este estudio	feca
	Salar de Atacama	Ramírez & Donoso-P. 2005	avistamiento
	Interior de Socaire	Ramírez & Donoso-P. 2005	

Lycalopex griseus zorro chilla	Toconao Ojo de Opache	Spotorno et al 1998 Spotorno et al 1998	avistamiento avistamiento
Galictis cuja quique	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	fecas
Puma concolor puma	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	fecas
Leopardus colocolo colo colo	Toconao, alrededores El Tatio El Guatín, Licancabur	Spotorno et al 1998 SGA/GDN 2007 Este estudio	 informante local
Lama glama llama	Talabre Viejo Camino a Talabre Viejo Tumbre Tumbre Laguna Lejía El Tatio, bofedales	Este estudio Este estudio Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento
Lama guanicoe guanaco	"Desierto Interior" Entre San Pedro y el Guatín	Spotorno et al. 1998 Este estudio	avistamiento avistamiento
Vicugna vicugna vicuña	Salar de Carcote Salar de Ascotán Salar de Pujsa Salar Aguas Caliente El Tatio Este del Licancabur Laguna Lejía Camino al paso Jama Camino al paso Jama Camino al paso Jama El Tatio El Tatio, bofedales Camino azufrera Sasiel Cuesta del Diablo Laguna Lejía Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio Talabre Viejo	Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Spotorno et al 1998 SGA/GDN 2007 Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento restos óseos avistamiento
Hippocamelus antisensis taruca	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	restos óseos
Equus asinus burro	Laguna Lejía (10 km oeste) El Tatio, bofedales	Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento

Especies de mamíferos consideradas raras para el área de estudio

Thylamys pallidior (llaca de la puna) ha sido registrada, principalmente, en el altiplano de Tarapacá (e.g., Socoroma, Chapiquiña, Zapahuira) (Muñoz-Pedreros & Palma 2008) y sólo en la quebrada de Soncor a 3.830 msm por Spotorno et al. (1998), no sería extraño que mayores esfuerzos de captura amplíen su distribución.

Calomys lepidus (lauchita peruana) fue registrada en Ojos de San Pedro por Koford (1955) y luego en San Pedro de Atacama por Pine et al. (1979). Desde esa fecha no contamos con registros conocidos para esta especie, aún cuando Spotorno et al. (1998) la presume presente en la puna de la provincia de El Loa incluyéndola en un diagrama que presenta.

La sistemática del grupo de los filotinos ha sido controversial. La tribu Phyllotini (unas 46 especies), adaptadas a ambientes secos, parece haber tenido al altiplano sur como área de diferenciación original (Spotorno et al. 2001). La subespecie *Phyllotis xanthopygus rupestris* fue incorporada a la especie *P. limatus* por Steppan (1998), aunque Kramer et al. (1999) la mantiene como subespecie de *P. xanthopygus*. Por otro lado registros previos de *P. darwini* en el Tatio, San Pedro de Atacama y Licancabur (e.g., Osgood 1943, Reise & Venegas 1987), según Steppan (1998) atribuidos luego a *P. xanthopygus rupestris*, serían en definitiva *P. limatus*. Sin embargo seguimos a Spotorno (com. per.) que no considera para el área de estudio a *P. limatus*, *P. xanthopygus* y *P. darwini* y considera como especie plena a *P. rupestris.*

Chinchilla brevicaudata (chinchilla cordillerana) fue avistada por Spotorno et al. 1998), hecho notable ya que Jiménez (1996) aseguró que las últimas observaciones de esta especie en estado silvestre fueron en 1953; pero no indican el lugar preciso (“más al sur del camino al paso de Huaytiquina”). Valdría la pena realizar excursiones específicas para documentar mejor este hallazgo.

Ctenomys opimus (tuco tuco de la puna) fue registrado por Spotorno et al. (1998) y Rau et al. (1998), aparentemente en las mismas expediciones, el primero lo registra en el camino al paso Huaytiquina (sin indicar localidad) a partir de sus cuevas y el segundo en capturas mediante cepos en Talabre Viejo (3.360 msm), por lo que podría estar en el área de estudio Laguna Lejía.

Lama guanicoe (guanaco) fue avistado por Spotorno et al. (1998) en “piños reducidos en el Desierto Interior”. En este estudio avistamos un juvenil en el camino entre San Pedro y el Guatín (registro fotográfico). Pero en toda la expedición no volvieron a ser registrados. Es posible que esté presente en sitios con menor acceso.

Hippocamelus antisensis (taruca) es registrado por Spotorno et al. (1998) a partir de los restos de una pata, sin indicar localidad, por lo que su presencia en la provincia de El Loa es aún hipotética.

Mamíferos registrados para las áreas de estudio

En base a los registros de este estudio y a observaciones previas presentamos la Tabla 4-22 con las especies de mamíferos presentes en las cinco áreas de estudio.

TABLA 4-22. MAMÍFEROS EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (2007-2008). P= PRESENCIA PROBABLE, OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO.

Especie	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Myotis atacamensis murciélago de atacama	X				
Chaetophractus nationi quirquincho peludo de la puna				X	
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco				X	X
Abrothrix andinus ratón andino			X		X
Abrothrix olivaceus ratón olivaceo	X	X			
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso				X	
Phyllotis rupestris lauchón orejudo		X		X	Op
Phyllotis magister lauchón orejudo grande		X	X	P	X
Auliscomys sublimis ratón de la puna					Op
Lagidium viscacia vizcacha			P	X	X
Chinchilla brevicaudata chinchilla cordillerana			P		
Abrocoma cinerea ratón chinchilla de cola corta			P	Op	Op
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama			X	X	
Ctenomys opimus tuco tuco de la puna			P		
Rattus norvegicus guarén		X			
Rattus rattus Rata de campo	X	X			
Mus musculus laucha doméstica	X	X			
Oryctolagus cuniculus conejo		Op			
Lycalopex culpaeus zorro culpeo		Op	X	X	X
Lycalopex griseus zorro chilla		Op			
Leopardus colocolo colo colo				X	Op
Lama glama llama			X	X	X
Lama guanicoe guanaco				X	
Vicugna vicugna vicuña			X	X	X
Equus asinus burro			X	P	X
TOTAL	4	9	11	14	12

Diversidad de mamíferos en el Valle de Quillagua

Se registraron cuatro mamíferos para el área. En la Tabla 4-23 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. Se excluye en el análisis el registro de *M. atacamensis*, porque el registro fue obtenido fuera de censo. Las estaciones de muestreo no presentan diferencias significativas en cuanto a riqueza específica (S) esto porque el número de especies registrado es mínimo, y la mayoría registra sólo dos especies, excepto la estación Matorral en donde sólo se detectó una especie, el roedor introducido *M. musculus* (laucha). Los valores de diversidad (H') no presentan diferencias entre las estaciones muestreadas producto de la baja riqueza específica y el bajo número de ejemplares capturados. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad.

TABLA 4-23. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL VALLE DE QUILLAGUA, 2007. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

Estaciones Parámetros	Cultivo	Matorral	Borde Río	Plantación	Pradera	Tranque Santa Fé	TOTAL
MICROMAMÍFEROS							
S	2	1	2	2	2	2	3
N	3	12	12	2	2	19	50
ABR (%)	6,0	24,0	24,0	4,0	4,0	38,0	100,0
H'	0,9	0,0	0,7	1,0	1,0	1,0	1,2
H' max	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6
J	0,9	1,0	0,7	1,0	1,0	1,0	0,7
TOTAL MAMÍFEROS							
Abrothrix olivaceus laucha olivacea	C		C			C	
Rattus rattus rata de campo				C	C		
Mus musculus laucha doméstica	C	C	C	C	C	C	
Myotis atacamensis murciélago oreja de ratón del norte						A	

Diversidad de mamíferos en el Oasis de Calama

Se registraron nueve especies de mamíferos, que consideran las seis registradas en este estudio y tres registros previos (Tabla 4-22). En la Tabla 4-24 se presentan los valores de

Folio006375

riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las cinco especies censadas en las estaciones muestreo. No se incluyen los registros previos ya que no pueden asignarse a una estación particular sino al área en su conjunto. Se excluye el registro de *P. rupestris* (lanchón orejudo) de la estación Mirador por captura fuera de censo. Las estaciones de muestreo que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron Ojo de Opache, Loa Medio y Quebrada Quetena. El valor más alto de diversidad (H') se registra en la estación Ojo de Opache. La equiparabilidad (J) presentó valores que indican un tendencia a la heterogeneidad, es decir, las poblaciones encontradas tienden a presentan abundancias muy disímiles entre sí, esto es especialmente válido en todas las estaciones muestreadas en donde las mayores abundancias fueron para *M. musculus* (en todos los sectores). Esto se explicaría por la modificación antrópica del área.

TABLA 4-24. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN SIETE ESTACIONES DEL OASIS DE CALAMA. 2007. *= AVISTAMIENTOS REALIZADOS EN ESTE ESTUDIO FUERA DE CENSOS.

Estaciones Parámetros	Pradera Agrícola	Loa Medio	Mirador	Quebrada Quetena	San Salvador	Yalquincha	Ojo de Opache	TOTAL
MICROMAMÍFEROS								
S	1	3	2	3	2	2	4	5
N	6	27	15	85	45	12	83	273
ABR (%)	2,2	9,9	5,5	31,1	16,5	4,4	30,4	100,0
H'	0,0	0,9	0,6	0,2	0,3	0,4	1,2	0,8
H' max	0,0	1,0	1,0	1,6	1,0	1,0	2,0	2,3
J	0,0	0,5	0,6	0,1	0,3	0,4	0,6	0,3
TOTAL MAMÍFEROS								
Abrothrix olivaceus laucha olivacea		C	C					
Phyllotis rupestris lanchón orejudo			A					
Phyllotis magIster lauchón orejudo grande							C	
Rattus norvegicus guarén				C			C	
Rattus rattus rata de campo		C		C	C	C	C	
Mus musculus laucha doméstica	C	C	C	C	C	C	C	

Diversidad de mamíferos en Laguna Lejía

Se registraron once especies que incluyen las siete especies registradas en este estudio de los Órdenes Rodentia (tres especies), Carnivora (una especie), Artiodactyla (dos especies) y Perissodactyla (una especie) más cuatro especies de presencia probable (Tabla 4-22). En la Tabla 4-25 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las dos especies censadas. No se incluyen las especies probables ya que no pueden asignarse a una estación particular sino al área en su conjunto. La estación de muestreo que presentó la mayor riqueza específica (S) fue el pajonal de la estepa altiplánica con tola en roqueríos y el humedal Laguna Lejía.

TABLA 4-25. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MICROMAMÍFEROS Y MAMÍFEROS TOTALES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO LAGUNA LEJÍA, 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIÓN PARAMETROS	Pajonal tolar en roqueríos (LEJ-1)	Pajonal tolar en planicie (LEJ-2)	Escoria volcánica (LEJ-3)	Pajonal rocoso (LEJ-4)	Escorial en laguna Seca (LEJ-5)	Laguna Lejía (LEJ-6)	Total
MICROMAMÍFEROS							
S	1	0	0	0	2	0	2
N	4	0	0	0	3		7
ABR (%)	57,1	0	0	0	42,9		100
H'	-----	-----	-----	-----	0,276		0,260
H' max	-----	-----	-----	-----	0,301		0,301
J	-----	-----	-----	-----	0,918		0,863
TOTAL DE MAMíFEROS							
Abrothrix andinus ratón andino	C				C		
Phyllotis magister lauchón orejudo grande					C		
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama						A	
Lycalopex culpaeus zorro culpeo						A	
Vicugna vicugna vicuña				A	A	A	
Lama glama llama	A						
Equus asinus burro	A						

Diversidad de mamíferos en Alrededores del Volcán Licancabur

Se registraron 14 especies, 11 especies registradas en este estudio de los órdenes Rodentia, Xenarthra, Carnivora y Artiodactyla, un registro previo y dos especies de presencia probable (Tabla 4-22). En la Tabla 4-26 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. No se incluyen el registro previo ni las especies probables ya que no pueden asignarse a una estación particular. Dado que en varias estaciones se registró sólo una especie, en ellas los índices de diversidad no son aplicables. Las estaciones no presentan diferencias significativas en cuanto a riqueza específica (S).

TABLA 4-26. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ALREDEDORES VOLCAN LICANCABUR. 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

Estaciones Parámetros	Cardonal / Tolar (LIC-1)	Pajonal (LIC-2	Pajonal / Tolar (LIC-3)	Tolar (LIC-4)	Humedales Guatín, Borde Esteros (LIC-5)	Ojalar (LIC-6)	Total
MICROMAMÍFEROS							
S	2	0	0	1	1	0	3
N	2	0	0	1	7	0	10
AB (%)	20	0	0	10	70	0	100,0
H'	0,301	----	----	----	----	----	0,278
H' max	0,301	----	----	----	----	----	0,477
J	1	----	----	----	----	----	0,582
TOTAL MAMÍFEROS							
Phyllotis rupestris lauchón orejudo	C				C		
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco	C						
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso del norte				C			
Chaetophractus nationi quirquincho de la puna		A					
Lagidium viscacia vizcacha		A	A	A			
Ctenomys fulvus tuco tuco del tamarugal			A				
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	A	A	A	A	A	A	
Leopardus colocolo gato colocolo					A	A	
Vicugna vicugna vicuña		A	A				
Lama glama llama			A	A			
Lama guanacoe guanaco						A	

Diversidad de mamíferos en Geisers del Tatio

Se registraron 12 especies incluyendo las ocho especies registradas en este estudio (cuatro roedores, un carnívoro, dos artiodáctilos y un perisodáctilo introducido) y cuatro registros previos (Tabla 4-22). En la Tabla 4-27 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. No se incluyen los registros previos ya que no pueden asignarse a una estación particular. Las estaciones de muestreo que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron quebrada Putana, Pajonal y Quebrada Geisers, todas con dos especies. El valor más alto de diversidad (H') se registra en Quebrada Putana. La equiparabilidad (J), que mide el grado de homogeneidad o heterogeneidad en la composición de las abundancias de las poblaciones, en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad, es decir, las poblaciones encontradas tienden a presentan abundancias similares entre sí.

TABLA 4-27. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO GEISERS DEL TATIO. 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIONES PARÁMETROS	Quebrada Putana (TA-1)	Tolar (TA-2)	Pajonal (TA-3)	Quebrada Geisers (TA-4)	Bofedales (TA-5,6)	TOTAL
S	2	1	2	2		3
N	5	5	4	8		22
ABR (%)	22,7	22,7	18,2	36,4		100
H'	0,292	-----	0,244	0,287		0,328
H' max	0,301	-----	0,301	0,301		0,477
J	0,971	-----	0,811	0,954		0,688
TOTAL MAMÍFEROS						
Abrothrix andinus ratón andino	C			C		
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco			C			
Phyllotis magister lauchón orejudo grande	C	C	C	C		
Lagidium viscacia vizcacha de montaña	A		A			
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	A		A			
Vicugna vicugna vicuña		A	A			
Lama glama llama	A	A	A		A	
Equus asinus burro					A	

3.5. Diversidad de vertebrados

Diversidad de vertebrados en el Valle de Quillagua

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las siete estaciones del Valle de Quillagua, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos tres zonas de análisis: (a) plantaciones arbóreas, matorrales y praderas en desuso, (b) humedales, que incluyen el borde del río Loa, tranque Sloman y el tranque Santa Fe y (c) los cultivos de alfalfa. La diversidad es relativamente similar en los cultivos y los matorrales, mientras que en los humedales las aves presentan mayor número de especies, pero, en general, el Valle de Quillagua posee ambientes relativamente similares (véase Anexo 4-2).

TABLA 4-28. VERTEBRADOS PRESENTES EN TRES ZONAS DEL VALLE DE QUILLAGUA. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	MATORRALES Y PLANTACIÓN	HUMEDALES	CULTIVO
Mamíferos	2	3	2
Aves	10	17	7
Reptiles	1	1	1
TOTAL	**13**	**21**	**10**

Diversidad de vertebrados en el Oasis de Calama

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las siete estaciones del Oasis de Calama, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos cinco zonas de análisis: (a) Ojo de Opache, (b) El Mirador, (c) humedales del río San Salvador, que incluye la quebrada de Quetena, (d) Yalquincha, que incluye la estación de Loa Medio, y (e) pradera agrícola (Tabla 4-29). La diversidad es mayor en los humedales de Yalquincha y El Mirador, este último sólo inferior en cuatro especies de aves. El número de especies de aves es menor a lo documentado por Rau et al. (1998) para Ojo de Opache y Cascada (aunque no entrega lista de especies registradas, sólo el valor de S), sin embargo ellos realizaron cuatro excursiones ornitológicas en diferentes estaciones del año. Si consideramos estos antecedentes previos, más el anfibio *Telmatobius dankoi* (rana acuática de Danko) podemos concluir que la diversidad, especialmente de aves es alta.

TABLA 4-29. VERTEBRADOS PRESENTES EN CINCO ZONAS DE LA LOCALIDAD DE OASIS DE CALAMA, 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	OJO DE OPACHE	MIRADOR	HUMEDALES SAN SALVADOR Y QUETENA	YALQUINCHA Y LOA MEDIO	PRADERA AGRÍCOLA
Mamíferos	4	3	3	3	1
Aves	8	14	13	18	9
Reptiles	0	1	1	1	1
TOTAL	**12**	**18**	**17**	**22**	**11**

Diversidad de vertebrados en Laguna Lejía

Reconocemos dos zonas de análisis, basados en los análisis de similitud realizados considerando solo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares: (a) humedal Laguna Lejía y (b) pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama, en relieves planos y abruptos, en algunas áreas con afloramientos rocosos (Tabla 4-30). La riqueza específica (S) es similar en ambos ambientes, siendo ligeramente mayor en el pajonal influenciada por una diferencia de dos especies de mamíferos y una de reptil. La disimilitud entre ambos ambientes es > al 65% lo que incrementa la diversidad beta del sitio. Por otro lado las aves del humedal presentan una diversidad alta para el ecosistema que representa por: (a) la alta riqueza de especie (20), en el marco de lo máximo esperado para todos los cuerpos de aguas cordilleranas (31 especies sensu Schlatter & Sielfeld 2006), (b) alto índice de equidad de Shannon Wiener muy cercano al máximo por lo que las especies que contiene, están bien representadas, sin embargo la diversidad podría incrementarse con censos en otras estaciones del año.

TABLA 4-30. VERTEBRADOS PRESENTES EN DOS ZONAS DE LA LOCALIDAD DE LAGUNA LEJÍA, 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS DE CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	PAJONAL DE LA ESTEPA SUBDESÉRTICA	HUMEDAL LAGUNA LEJÍA
Mamíferos	5	3
Aves	18	20
Reptiles	2	1
TOTAL	**25**	**24**

Diversidad de vertebrados en Alrededores del Volcán Licancabur

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las estaciones en los Alrededores del Volcán Licancabur, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos tres zonas de análisis: (a) pajonal y tolar, (b) humedales del Guatín y (c) ojalar. La diversidad de vertebrados es mayor en el pajonal/tolar y los humedales (28 y 20 especies respectivamente) y sensiblemente menor en el ojalar (sólo ocho especies). Los anfibios sólo están presentes en los humedales (dos especies) y los mamíferos están mejor representados en el pajonal y tolar (nueve especies) (Tabla 4-31).

TABLA 4-31. VERTEBRADOS PRESENTES EN TRES ZONAS DE ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	PAJONAL Y TOLAR	HUMEDALES DEL GUATÍN	OJALAR
Mamíferos	9	3	3
Aves	15	14	3
Reptiles	4	1	2
Anfibios	0	2	0
TOTAL	**28**	**20**	**8**

Diversidad de vertebrados en los Geisers del Tatio

Reconocemos tres zonas de análisis, basados en los análisis de similitud realizados considerando sólo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares: (a) Humedales, incluyendo el vado y humedales del río Putana, constituidos por un sistema de bañados en planicie y luego el cauce que fluye hacia una quebrada rodeada de un pajonal ralo en medio de un relieve abrupto. También se incluyen dos estaciones con bofedales de *Oxychloe*, (b) los geisers del Tatio y (c) la estepa de tolar y pajonal. Los ambientes con mayor diversidad de aves y mamíferos son los humedales. El sistema más biodiverso en vertebrados son los humedales (36 especies) (Tabla 4-32).

TABLA 4-32. VERTEBRADOS PRESENTES EN CUATRO ZONAS DEL SITIO GEISERS DEL TATIO. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	HUMEDALES	PAJONAL Y TOLAR	GEISERS TATIO
Mamíferos	6	5	0
Aves	28	6	7
Reptiles	2	2	0
Anfibios	0	0	1
TOTAL	**36**	**13**	**8**

Resumen de registro de vertebrados por áreas

En la siguiente tabla se presenta el número de especies, por clase, de las cinco áreas de estudio. Hemos incluido, en este análisis final también los registros previos y especies probables (e.g., Rau et al 1998, Spotorno et al. 1998, Ramírez & Pincheira-Donoso 2005, Elgueta 2006). Los sitios con mayor número de especies de vertebrados son Oasis de Calama (56), Geisers del Tatio (52) y Alrededores del Volcán Licancabur (48). La mayor diversidad de órdenes está en el Oasis de Calama y de familias en Geisers del Tatio. La mayor diversidad de mamíferos está en Alrededores del Volcán Licancabur (14) y Geisers del Tatio (12), de aves en Oasis de Calama (42) y Geisers del Tatio (35), la diversidad de herpetofauna es mayor en Alrededores del Volcán Licancabur (seis reptiles y dos anfibios). Téngase presente que los esfuerzos de registro son muy disímiles entre los sitios. Oasis de Calama es la que más esfuerzos ha tenido, por diversos autores y en varias excursiones y la menor Laguna Lejía. Se espera, entonces que nuevas expediciones en otras estaciones del año incrementen los registros en las zonas altiplánicas.

TABLA 4-33. VERTEBRADOS PRESENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008. E= ESPECIES, G= GÉNEROS, F= FAMILIAS, O= ÓRDENES. INCLUYE REGISTROS PROPIOS, PREVIOS Y ESPECIES PROBABLES.

	Valle de Quillagua				Oasis de Calama				Laguna Lejía				Volcán Licancabur				Geisers del Tatio			
Clase	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O
Mamíferos	4	4	3	2	9	6	3	3	11	10	5	4	14	12	7	5	12	11	6	4
Aves	23	19	14	7	42	35	19	9	30	21	15	9	26	20	13	6	35	30	18	10
Reptiles	1	1	1	1	4	4	2	1	2	1	1	1	6	2	2	1	4	1	1	1
Anfibios	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	2	2	2	1	1	1	1	1
Total	**28**	**24**	**18**	**10**	**56**	**46**	**25**	**14**	**43**	**32**	**21**	**14**	**48**	**36**	**24**	**13**	**52**	**43**	**26**	**16**

CAPÍTULO V
CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO V CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD

1. PROCEDIMIENTOS

Para aportar herramientas útiles para la conservación de la biodiversidad a continuación se realiza un análisis que considera la integración de tres factores:

- La diversidad (como riqueza de especies y, cuando estuvieron disponibles, los índices de equidad). Se utilizó como insumo el anterior análisis de la diversidad descrito en el Capítulo IV.
- Análisis de endemismos, considerando las especies endémicas presentes, tanto a nivel de ambientes (e.g., ojalar, humedales, pajonales), como de las áreas de estudio (e.g., Oasis de Calama, Laguna Lejía, Geisers del Tatio). Se incluyen en el análisis tanto registros propios como previos identificados en el Capítulo IV.
- Estados de conservación, que reflejan el grado de amenaza a que están sometidas las especies (e.g., En Peligro, Vulnerable). Se incluyen en el análisis tanto registros propios como previos identificados en el Capítulo IV.

Con el cruce de estos factores proponemos los objetos de conservación (véanse más adelante los conceptos), que se presentarán a nivel de grano grueso (ambientes) y a nivel de grano fino (especies focales).

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS AMBIENTES A EVALUAR

Reorganizamos la información para definir los ambientes a evaluar de modo de seleccionar los objetos de conservación de filtro grueso. Nótese que ya no hablamos de inventarios, estaciones o zonas y en adelante nos referiremos a ambientes. Para esto seguimos, con modificaciones, la propuesta de clasificación de la vegetación de Gajardo (1994) a lo que se agregaron ecosistemas relevantes (e.g., humedales). De este modo, a estos ambientes se incorporaron las asociaciones vegetacionales descritas y se integraron las estaciones y zonas de análisis de diversidad de vertebrados. Los ambientes seleccionados se muestran en la siguiente (Tabla 5-0) y en las Fig. 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 y 5-5. Nótese que algunos ambientes se encuentran en más de un área (e.g., el pajonal tolar de la estepa altoandina subdesértica está presente en Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio), lo que es completamente consistente desde el punto de vista biogeográfico. Al revés, algunas asociaciones podrían haberse unido dada su alta afinidad fitosociológica, tales como *Festuca orthophylla - Parastrephia lucida y Festuca orthophylla – Deyeuxia breviaristrata* (como *Stipa-deyeuxia* en este estudio), sin embargo, esto implicaba reunir un ambiente de Laguna Lejía con otros de Geisers del Tatio, muy distanciados entre sí, lo que es inaceptable para un análisis, por ejemplo, faunístico.

TABLA 5-0. AMBIENTES, ASOCIACIONES VEGETACIONALES, ÁREAS DE ESTUDIO, NÚMERO DE INVENTARIOS Y ESTACIONES DE MUESTREO EN CINCO SITIOS PRIORITARIOS. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

AMBIENTE	ASOCIACIÓN(ES) INCLUIDA(S)	ÁREAS	INVENTARIOS VEGETACIONALES	ESTACIONES DE FAUNA
Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	*Festuca orthophylla– Deyeuxia breviaristrata (Stipa – Deyeuxia)*	Laguna Lejía	LE 1, 4, 9, 11, 12	LEJ-1, LEJ-2, LEJ-3, LEJ-4, LEJ-5
Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	*Festuca orthophylla– Parastrephia lucida*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 12 al 19	--
	Parastrephia quadrangularis - Festuca orthophylla	Geisers del Tatio	T 1 al 7	--
Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	*Festuca chrysophylla – Fabiana bryoides*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 3,7,8	(3 estaciones) LIC-2, LIC-3, LIC-4
		Geisers del Tatio	T 10 al 13	(2 estaciones) TA-3,TA-4,
Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	*Fabiana densa – Baccharis boliviensis*	Geisers del Tatio	T 8, 9	(2 estaciones) TA-2, LIC-4
Ojalar del desierto de aluviones	*Acantolippio deserticolae – Atriplicetum imbricada (Atriplex imbricada)*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 1, 2, 4, 6, 9, 10, 11	(2 estaciones) LIC-6, LIC-1
Humedales altoandinos del Tatio	*Oxyochloe andina*	Geisers del Tatio	T 14, 15, 16	(5 estaciones) TA-0, TA-5, TA-6, TA-7, TA-1
Humedal altoandino de Laguna Lejía	*Puccinellia-Calandrinia*	Laguna Lejía	LE 3, 10	(1 estación) LEJ-6
Humedales riparianos del Guatín		Alrededores del Volcán Licancabur		(1 estación) LIC-5
Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* *Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata* *Baccharis juncea-Scirpus americanus* *Distichlis spicata-Tessaria absinthioides* *Juncus arcticus-Scirpus americanus* *Tessaria absinthioides-Scirpus americanus* *Baccharis juncea- Distichlis spicata* *Distlichetum spicatae*	Oasis de Calama	Sitios CAL-2 al CAL-9	(6 estaciones) CAL-2,CAL- 3, CAL-4, CAL-5, CAL-6,CAL- 7
Cultivos del Oasis de Calama	Cultivo de maíz y de alfalfa	Oasis de Calama	Sitio CAL-1 y de CAL-10 a CAL-13	(1 estación) CAL-1
Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* *Scirpus americanus-Distichlis spicata*	Valle de Quillagua	Sitios QUI-1, QUI- 2, QUI-3	(6 estaciones) QUI-2, QUI-3, QUI-4, QUI-5, QUI- 6, QUI-7
Cultivos del Valle de Quillagua	*Atriplex atacamensis-Distichlis spicata* Cultivo de alfalfa	Valle de Quillagua	Sitio QUI- 4	(1 estación) QUI-1

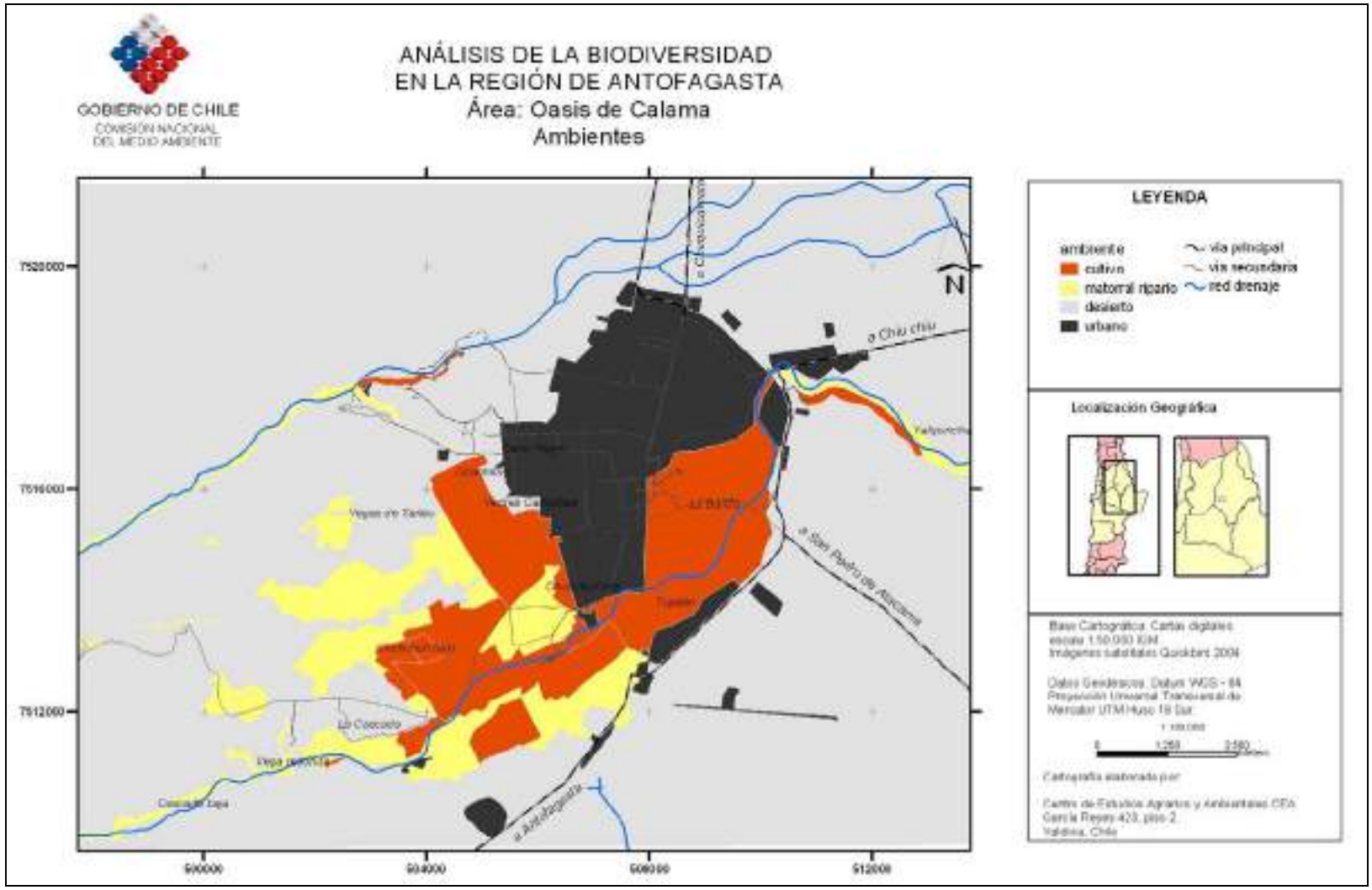


FIGURA 5-1. CARTA DE AMBIENTES EN EL OASIS DE CALAMA. 2008.

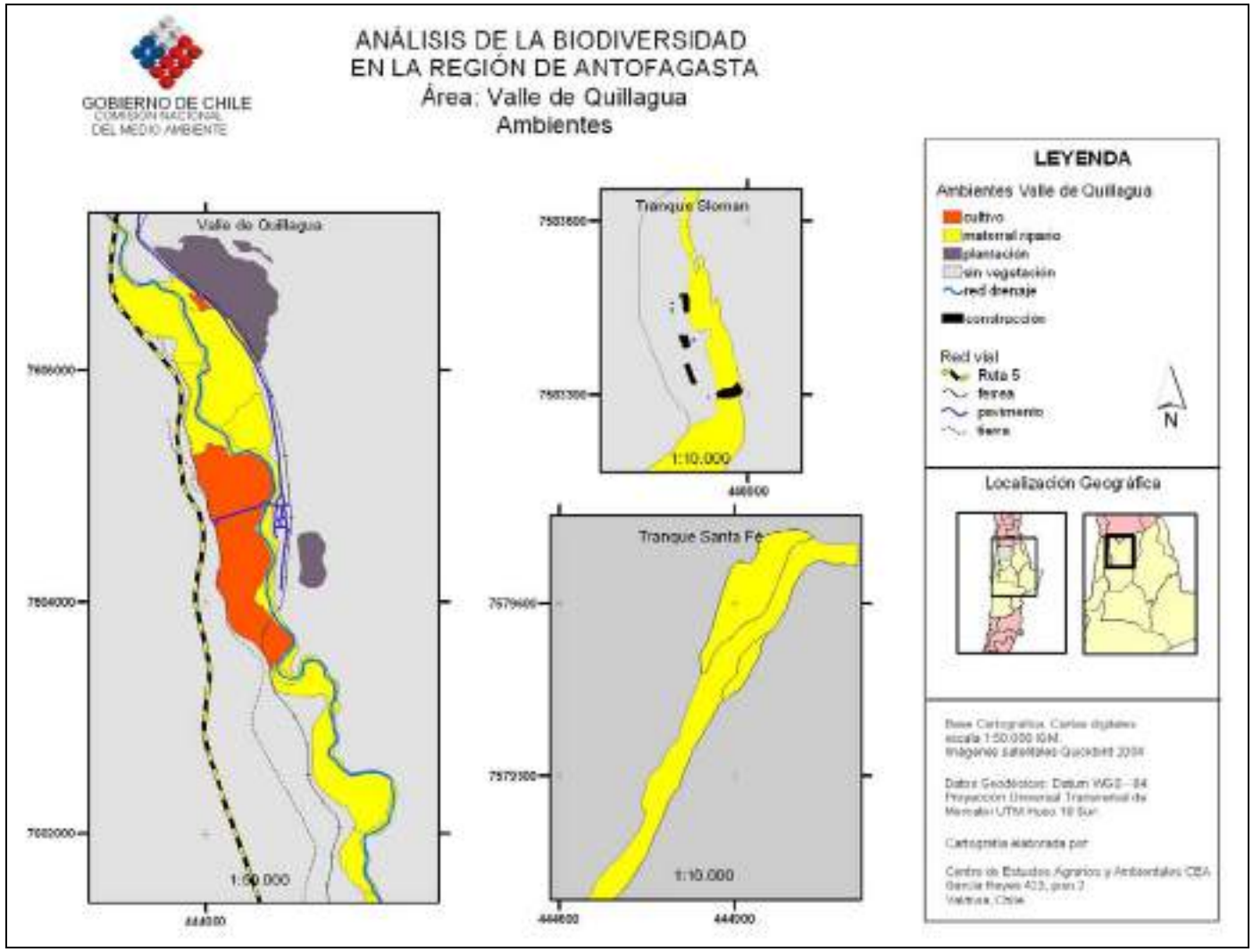


FIGURA 5-2. CARTA DE AMBIENTES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2008.

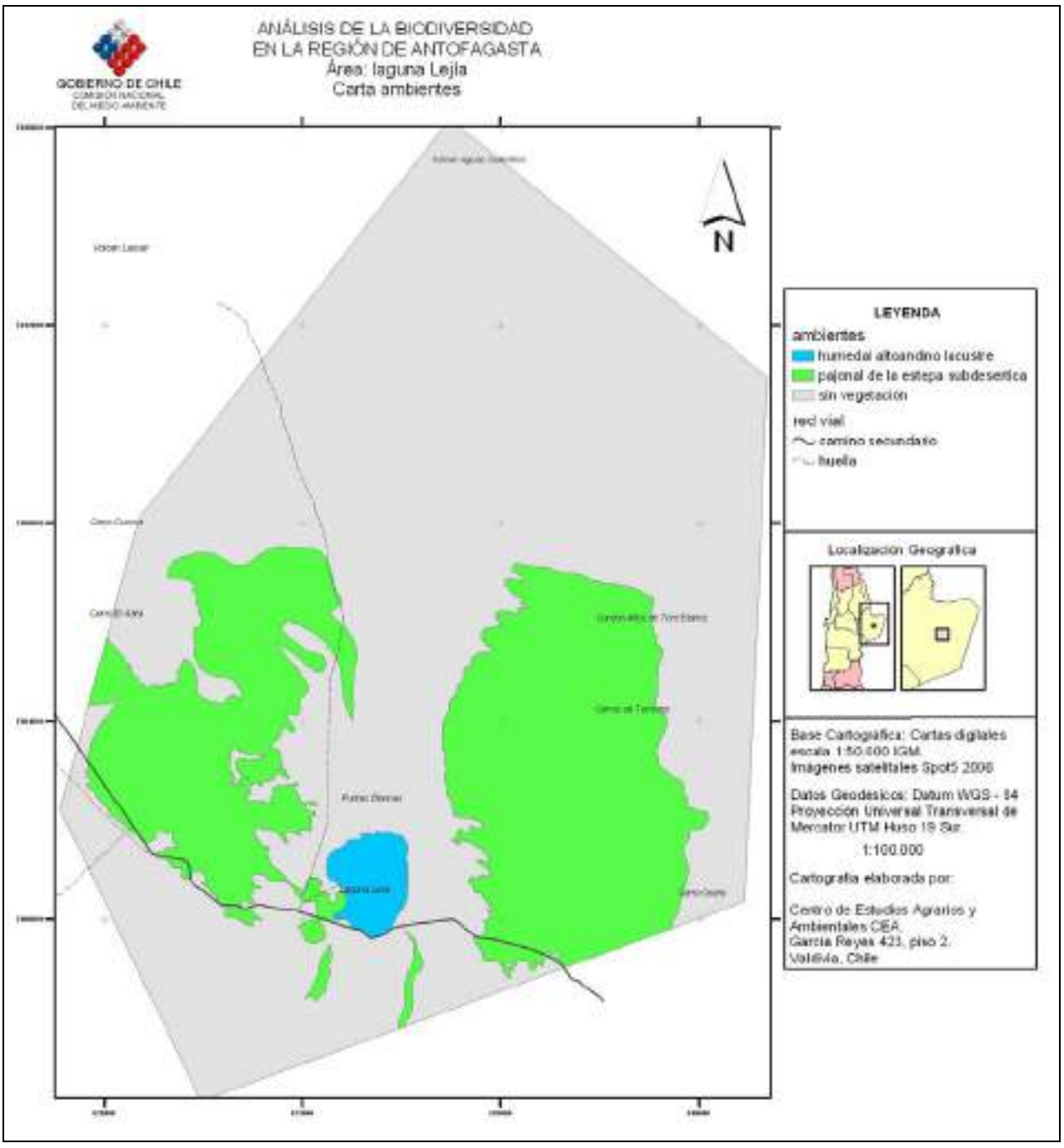


FIGURA 5-3. CARTA DE AMBIENTES EN LAGUNA LEJÍA. 2008.

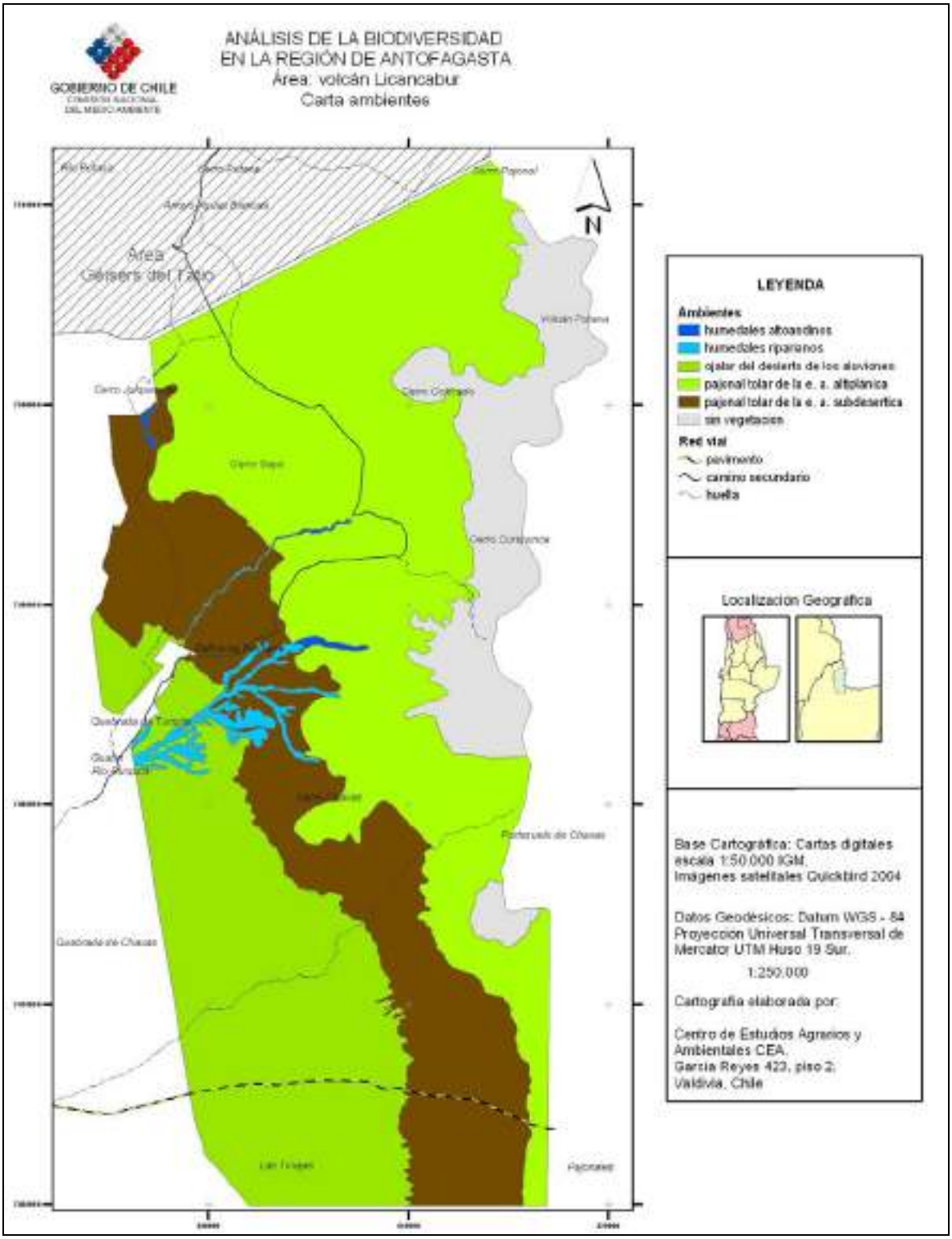


FIGURA 5-4. CARTA DE AMBIENTES EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

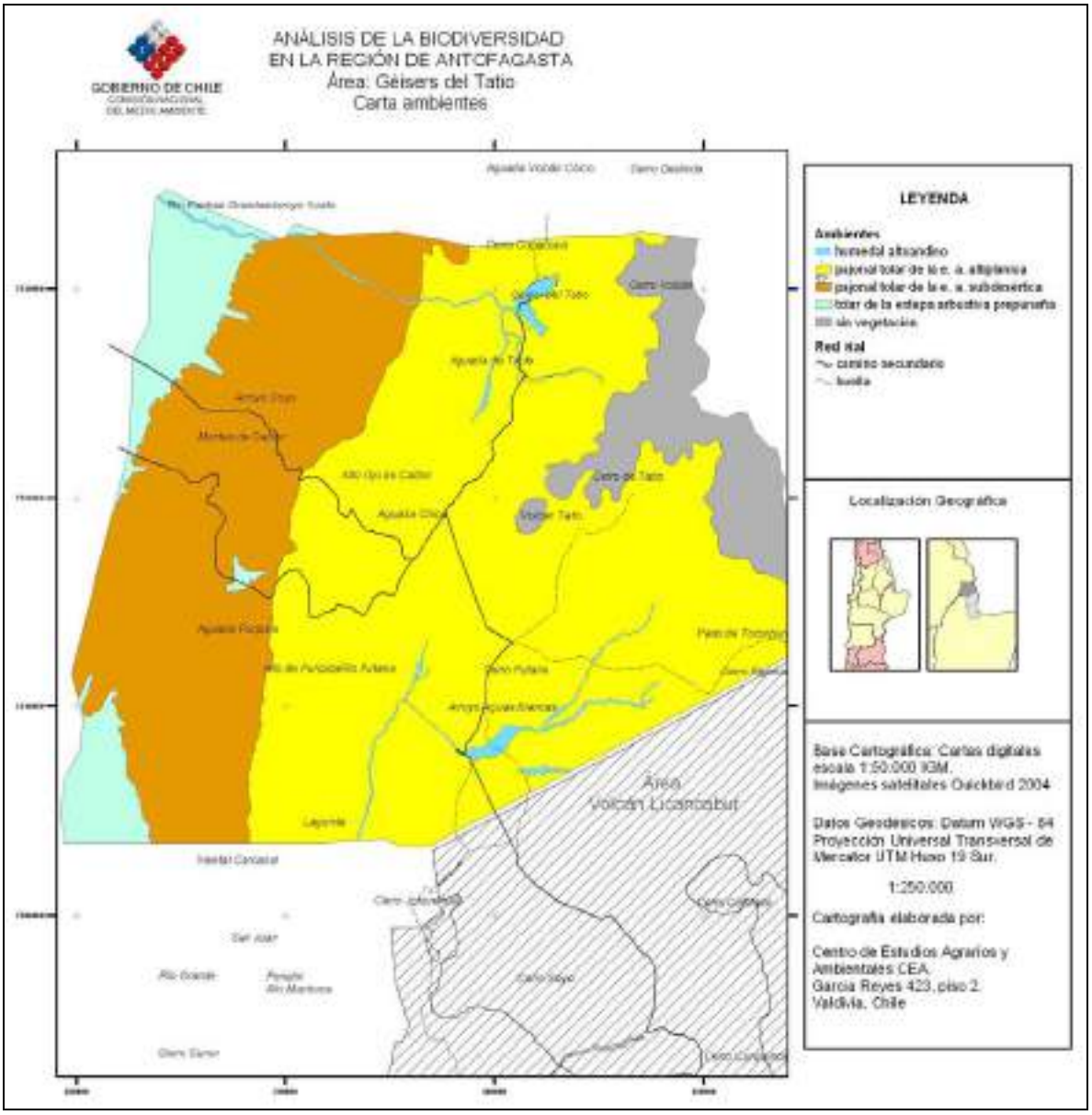


FIGURA 5-5. CARTA DE AMBIENTES EN GEISERS DEL TATIO. 2008.

3. ENDEMISMOS

Cuando una especie está presente sólo en un lugar, área o región geográfica es una especie endémica, es decir no está en ninguna otra parte del mundo, al menos en forma natural. Este es un término usado para especies limitadas a un ámbito geográfico reducido. Por ello, cuando se indica que una especie es endémica de Chile, de la región de Antofagasta y de una localidad, quiere decir que sólo es posible encontrarla en ese lugar, de forma natural. Este concepto de endémico se aplica usualmente a las especies, pero también puede aplicarse a otros taxones como subespecies, género, familias, en incluso órdenes. El total de sitios o localidades donde habita una especie constituye su rango de distribución geográfica. No siempre, más bien raramente, estos rangos de distribución coinciden con los límites políticos de países o provincias (que se sepa las plantas y animales no saben de administración geográfica humana), por eso muchas veces es mejor hablar de áreas de endemismo, o sea, regiones que tienen especies que no se encuentran en ningún otro territorio. Pero la asignación político administrativa al final sí tiene importancia ya que la conservación de la biodiversidad es un asunto político que se maneja a nivel nacional. Cuando las áreas de endemismo abarcan más de un país, entonces se deben crear mecanismos bilaterales de conservación.

Las regiones de endemismo son zonas donde dos o más especies endémicas se superponen en su distribución. Los criterios para definir estas zonas son variables (e.g., Stattersfield et al. 1998 para especies de aves). Definir regiones de endemismos es importante ya que presentan oportunidades para una sola iniciativa de conservación lo que puede resultar beneficioso para más de una especie amenazada (Flanagan et al. 2005). También permite priorizar las áreas en función, por ejemplo, de la riqueza de especies, la diversidad, el número de especies endémicas, el número de especies con problemas de conservación, el nivel de uso y amenazas humanas.

En la conservación de la biodiversidad el endemismo es un factor importante (Humpries et al. 1995) ya que las especies endémicas, es decir con rangos de distribución restringida, son más susceptibles a la extinción. Por ejemplo de las 62 especies de aves extinguidas en el mundo en los últimos 200 años, un 80% tenía rangos de distribución restringidos (Stattersfield et al. 1998, Flanagan et al. 2005). Pero esto tiene matices. Las especies pueden dividirse en dos tipos: (a) especialistas de hábitat, que son aquellas que tienen requerimientos ecológicos muy específicos, estrechos, por lo que dependen de un cierto tipo de hábitat; (b) generalistas de hábitat, que son las que pueden vivir en un amplio abanico de hábitats. De este modo no todas las especies endémicas están amenazadas en su supervivencia, sí lo están las especies endémicas especialistas de hábitat, con requerimientos ecológicos estrechos y por lo tanto con menos posibilidades de adaptarse a los cambios en el ambiente, sean estos naturales o causados por el hombre.

Endemismo de plantas

Squeo et al. (1998), empleando las bases de datos ya mencionadas en el capítulo anterior, establecieron que para la región de Antofagasta se han registrado 979 especies vegetales, pertenecientes a 367 géneros y 101 familias. De ese total, 372 especies son endémicas, lo que representa el 38,7%. En el mapa de endemismo (Fig. 5-6) se representa los distintos porcentajes en la región y en el se aprecia que las áreas de estudio están en las zonas de menor endemismo (0-20%). Esto lo confirman Cavieres et al. (2002), que usando también las bases de datos existentes y un análisis de parsimonia de endemismos (PAE en inglés),

concluyen que dentro de la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismos. Una asociada a la costa y otra a la cordillera de los Andes. El área asociada a la costa contiene un 62,4% de plantas endémicas de Chile y un 19,9% de endémicas para la región. El área puneña de los Andes contiene un endemismo del 13,9% para Chile (especies no presentes en otro país) y de 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile). Squeo et al. (1998) concluyen algo similar, indicando que la zona andina entre los 17º a los 24º S contiene un 14% de endemismo, pero que se incrementa a 27% entre los 25º a los 32º S. Simonetti & Veloso (2003) agregan que la presencia de especies endémicas disminuye con la altura.

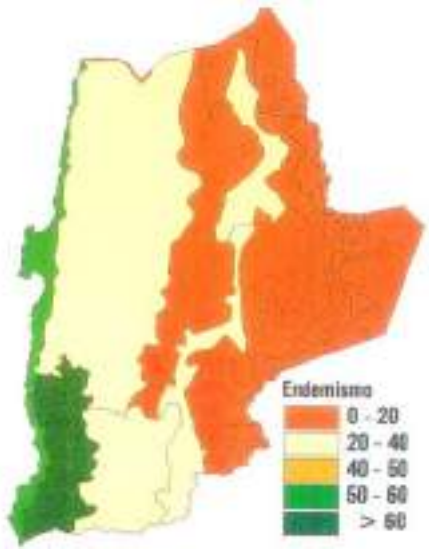


FIGURA 5-6. PORCENTAJE DE ESPECIES ENDÉMICAS DE CHILE EN DIFERENTES FORMACIONES VEGETACIONALES DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. TOMADO DE SQUEO ET AL. (1998).

De este modo usamos como comparación y referencia para nuestras áreas de estudio un 14% de endemismo esperado. Las áreas de Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio son las áreas de mayor endemismo según Cavieres et al. (2002), pero es menor, aunque los autores no entregan valores, para el área donde se localiza Laguna Lejía y los Valle de Quillagua y Calama. Finalmente este factor de endemismos, debe tomarse con cierta reserva ya que no es comparable con el endemismo de la zona costera (que es mucho más alto). Esto se debe a que las zonas altiplánicas contienen endemismos andinos, que se comparten con Bolivia y Argentina, lo que las hace no endémicas desde el punto de vista político administrativo, pero que sí son endémicas desde en punto de vista ecológico. Debieran considerarse estas especies como cuasi endémicas (Cf. Marín 2004).

Endemismo de vertebrados

Se han documentado (e.g., Ramírez & Pincheira-Donoso 2005) para la provincia de El Loa 176 especies de vertebrados terrestres, pertenecientes a 81 géneros, 44 familias y cuatro órdenes. De ellos el 11,9% son endémicos. Por otro lado, para la región de Antofagasta (Núñez & Veloso 2001, Ramírez & Pincheira-Donoso 2005) documentan 31 especies de reptiles de los cuales 24

son endémicos para la región: *Callopistes palluma, Liolaemus alticolor, L. atacamensis, L. constanzae, L. donosi, L. dorbignyi, L. fabiani, L. filiorum, L. foxi, L. hellmichi, L. islugensis, L. multicolor, L. nigriceps, L. paulinae, L. puritamensis, L. signifer, L. stolzmanni, Microlophus atacamensis, M. tarapacensis, Phrynosaura audituvelata, P. erronea, P. torresi, Garthia gaudichaudii, Phyllodactylus cf inaequalis*. El único género endémico para la región es *Phrynosaura* (aunque controvertido). Para la provincia de El Loa se documentan 15 especies de reptiles endémicas (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005).

TABLA 5-1. ENDEMISMOS DE ESPECIES DE VERTEBRADOS PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

Clase	Total especies	Especies nativas	Especies endémicas	% de endemismo
Mamíferos	35	28	1	3,6
Aves	113	110	0	0,0
Reptiles	22	22	15	68,2
Anfibios	6	6	5	83,3
Total Vertebrados	176	168	21	11,9

3.1. Endemismos en las áreas por ambiente

Valle de Quillagua

En esta zona se registró una planta endémica *Prosopis tamarugo* y un solo endemismo en vertebrados, *Microlophus theresioides* corredor de Tereza, perteneciente a la clase de los reptiles (Tabla 5-2). Se trata de una especie endémica a nivel nacional, ya que su distribución abarca toda la extensión del río Loa y también la pampa del Tamarugal. Es el lagarto de mayor envergadura en la provincia de El Loa y bastante común en su área de distribución. Se puede observar corriendo a gran velocidad, desplazándose en forma bípeda. El corredor de Tereza fue encontrado en todas las zonas prospectadas en el Valle de Quillagua, cultivos y matorrales, humedales y pradera. Si se considera el total de vertebrados registrados en cada zona el % de endemismos es mayor en el cultivo (10%), disminuyendo en matorrales y pradera (7,7%) y en los humedales (4,8%), a pesar de que es en este último ambiente donde se encontró la mayor riqueza de especies. Esto último se explica porque en los humedales el grupo mejor representado es habitualmente el de las aves, las que exhiben los menores endemismos.

TABLA 5-2. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA VALLE DE QUILLAGUA. 2007. E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Valle de Quillagua
PLANTAS	
Prosopis tamarugo tamarugo	E
VERTEBRADOS	
Microlophus theresioides corredor de Tereza (REPTILIA)	E
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	22
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	1
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	25
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	1
% PLANTAS ENDÉMICAS	4,5
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4,0

Oasis de Calama

En la localidad Calama no se registraron especies de plantas endémicas, sí se registraron cuatro endemismos a nivel de vertebrados (Tabla 5-3). Tres corresponden a la clase reptiles, con las especies *Liolaemus paulinae* lagartija de Paulina, *Microlophus theresioides* corredor de Tereza y *Phrynosaura torresi* dragón de Torres; y uno que corresponde a la clase anfibios *Telmatobius dankoi* rana acuática de Danko. Los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Phrynosaura torresi* fueron registrados en Yalquincha y Pradera agrícola respectivamente. La lagartija de Paulina, especie endémica local bastante común, se conoce sólo de Calama y sus alrededores habiéndose observado a orillas del río Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). Se desconocen aspectos de su ecología y reproducción. El dragón de Torres es endémico a nivel regional, su registro es señalado por Elgueta (2006) en zonas de pradera agrícola. Únicamente *Microlophus theresioides* fue registrado en más de una zona, siendo éstos Mirador, humedales San Salvador y Quetena, y pradera agrícola. El anfibio *Telmatobius dankoi*, especie endémica en las cercanías de la ciudad de Calama, aún cuando no fue registrado en este estudio ha sido encontrado en la estación Mirador y se consideró en este análisis por el alto valor que representa su categoría de endemismo local. El género *Telmatobius* reúne a ranas acuáticas, de las cuales Chile posee siete representantes, todas distribuidas sobre los 2.500 m. *T. dankoi* es la especie más sureña de los *Telmatobius* descrito para Chile (Duellman 1993, Cuevas & Formas 2002).

Los mayores porcentajes de endemismos se encontraron asociados a las zonas de pradera agrícola (18,2%) y Mirador (11,1%), disminuyendo a 5,9% en humedales y a 4,5% en Yalquincha y Loa Medio. Destaca también en los ambientes asociados al Oasis de Calama la relación inversa entre riqueza de especies y endemismo, así el mayor endemismo ocurre en la estación de menor riqueza de especies y el menor endemismo se da en la estación con mayor riqueza de especies. Como en el caso de Quillagua, la mayor riqueza de especies se asocia a una mayor presencia de aves, las cuales, según se mencionó, presentan los menores endemismos.

TABLA 5-3. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA. 2008. E= ENDÉMICO NACIONAL, ER= ENDÉMICO PARA LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA, EL= ENDEMISMO LOCAL.

ESPECIE	Oasis de Calama
Liolaemus paulinae lagartija de Paulina REPTILIA	El
Microlophus theresioides corredor de Tereza REPTILIA	E
Phrynosaura torresi dragón de Torres REPTILIA	Er
Telmatobius dankoi rana acuática de Danko AMPHIBIA	El
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	50
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	8,0

Laguna Lejía

Se registraron dos plantas endémicas, *Junellia tridáctila* y *Calceolaria stellariifolia*. En este lugar se presenta un endemismo de vertebrados, el reptil *Liolaemus puritamensis* lagartija de Puritama, especie endémica para la región y que fue registrada en los dos ambientes representativos del área de estudio, pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama y el humedal altoandino lacustre Laguna Lejía. *Liolaemus puritamensis* está restringida a los alrededores de San Pedro de Atacama, oriente de Domeyko, camino al Tatio y lagunas Lejía y Seca, sobre los 4.000 msm. En relación con los endemismos, al considerar la totalidad de los vertebrados nativos registrados para el área, se observa un grado relativamente bajo de endemismos para el área, presentando el ambiente de pajonal un 4,0% y el humedal un 4,3%.

TABLA 5-4. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA DE LAGUNA LEJÍA. 2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIES	Laguna Lejía
PLANTAS	
Junellia tridactyla khachujanki	E
Calceolaria stellariifolia zapatito	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus puritamensis lagartija de Puritama REPTILIA	Er
TOTAL PLANTAS REGISTRADAS	29
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	2
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	42
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	1
% PLANTAS ENDÉMICAS	6,9
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	2,4

Volcán Licancabur

Se registraron 11 especies de plantas endémicas: *Adesmia aphylla, Adesmia atacamensis, Adesmia kingii, Lupinus oreophilus, Neuontobothrys linifolius, Nototriche pulvinata, Opuntia conoidea, Polyachyrus carduoides, Trichocereus atacamensis, Tephrocactus atacamensis var. atacamensis* y *Trichocline caulescens*. Se registraron cinco endemismos a nivel de vertebrados (Tabla 5-5). Cuatro corresponden a la clase reptiles, con las especies *Liolaemus barbarae*, *Liolaemus puritamensis*, al igual que *Liolaemus fabiani* y *Phrynosaura audituvelata*; y uno que corresponde a la clase anfibios, *Telmatobius vilamensis*. *Liolaemus barbarae*, es especie endémica local, registrada en el ambiente Pajonal/tolar *Liolaemus puritamensis*, especie endémica regional, fue registrada igualmente en el ambiente de Pajonal/tolar. *Liolaemus fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* ambas especies endémicas locales fueron registradas en el Ojalar. El anfibio *Telmatobius vilamensis* fue registrado en los Humedales de Guatín. *Liolaemus barbarae* se conoce en sectores orientales de altura asociados a San Pedro de Atacama, alcanzando algunas poblaciones áreas fronterizas con Argentina, donde vive asociada a estepas altiplánicas con matorrales achaparrados. Posee reproducción vivípara. *Liolaemus fabiani* es una especie de morfología singular dentro del género y de distribución restringida a la provincia de El Loa (oriente de Domeyko, alrededores del Salar de Atacama y camino a Licancabur), aunque relativamente abundante. De reproducción ovovivípara y dieta insectívora. *Phrynosaura audituvelata* se distribuye en los alrededores de San Pedro de Atacama, cuesta Barros Arana y el cordón de Domeyko. El endemismo de esta especie es destacable ya que *Phrynosaura* representa además el único género endémico de la región (Núñez y Veloso 2001). Son reptiles notablemente adaptados a condiciones desertícolas de extrema aridez, presentando el tímpano completamente cubierto de escamas (lo que ayuda en su identificación), adaptación que da origen a su nombre (auditus = oído; velatus = cubierto) y cuya función es proteger el tímpano de ser golpeado por granos de arena impulsados por el viento. También posee peines de escamas que cumplen la misma función de protección de sus ojos. Las especies de *Telmatobius* son todas acuáticas, de hábitos nadadores, asociados a la cordillera de los Andes desde los 2.000 msm. *Telmatobius vilamensis* está restringido al río Vilama, cuenca que drena hacia el salar de Atacama, sobre los 3.000 msm, donde utiliza la escasa vegetación acuática como refugio. El mayor porcentaje de endemismo fue registrado en la zona del ojalar con un 25%, (representando la zona estudiada de mayor endemismo), le sigue el pajonal/tolar con un 7,1% y los humedales del Guatin con un 5,0%.

TABLA 5-5. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Volcán Licancabur
PLANTAS	
Adesmia aphylla	E
Adesmia atacamensis tano-tano	E
Adesmia kingii anaguaya	E
Lupinus oreophilus salcari	E
Neuontobothrys linifolius	E
Nototriche pulvinata	E
Opuntia conoidea	E
Polyachyrus carduoides amargura	E
Tephrocactus atacamensis chuchampe	E
Trichocereus atacamensis cardón gigante	E
Trichocline caulescens	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus barbarae lagartija de Bárbara REPTILIA	El
Liolaemus puritamensis lagartija de Puritama REPTILIA	Er
Liolaemus fabiani lagartija de Fabián REPTILIA	El
Phrynosaura audituvelata dragón de oído cubierto REPTILIA	El
Telmatobius vilamensis sapo de Vilama AMPHIBIA	El
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	91
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	11
TOTAL VERTEBRADOS NATIVAS REGISTRADOS	47
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	5
% PLANTAS ENDÉMICAS	12,1
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	10,6

Geisers del Tatio

Se registraron seis plantas endémicas: *Junellia tridactila, Adesmia atacamensis, Calceolaria stellariifolia, Opuntia conoidea, Trichocereus atacamensis* y *Werneria glaberrima*. En los diferentes ambientes representativos del sitio Geisers del Tatio, se encontraron dos especies endémicas, los reptiles *Liolaemus barbarae*, lagartija de Bárbara y *Liolaemus hajeki*, lagartija de Hajek endemismos local y regional, respectivamente. La lagartija de Bárbara fue registrada en el ambiente de pajonal y tolar. *Liolaemus hajeki* fue también registrada en el pajonal y tolar. Se trata de una lagartija que se distribuye en el área norte de Calama y San Pedro de Atacama, salares de Ascotán y Carcote, sobre los 3.000 m, sin haber registros de su presencia fuera del país. Analizando el total de vertebrados registrados en cada ambiente se obtiene que el porcentaje de endemismos del pajonal y tolar es 15,4%, siendo la única zona que presenta vertebrados endémicos.

TABLA 5-6. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA GEISERS DEL TATIO.2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Geisers del Tatio
PLANTAS	
Junellia tridáctila kachujanki	E
Adesmia atacamensis	E
Calceolaria stellariifolia zapatito o capachito	E
Opuntia conoidea	E
Trichocereus atacamensis cardón gigante	E
Werneria glaberrima	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus barbarae lagartija de Bárbara REPTILIA	El
Liolaemus hajeki lagartija de Hajek REPTILIA	Er
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	91
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	6
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	51
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	2
% PLANTAS ENDÉMICAS	6,6
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	3,9

3.2. Endemismos por áreas de estudio

El análisis de endemismo a nivel de cada una de las cinco áreas de estudio revela que el área de mayor endemismos en plantas es el área Alrededores del Volcán Licancabur con 11 especies y un 12,1%, concordante con lo propuesto por Cavieres et al. (2002) que calculaba un 13,9% para la cuadrícula que contiene parte del área de estudio. Para los vertebrados nuevamente es relevante el área del volcán Licancabur con un 10,4%, le sigue el Oasis de Calama con un 8,0. Laguna Lejía con un 2,4% es el área de menor endemismo animal.

TABLA 5-7 ESPECIES ENDÉMICAS DE PLANTAS Y VERTEBRADOS TERRESTRES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

	Valle de Quillagua	Oasis de Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Nº ESPECIES PLANTAS NATIVAS	22	33	29	91	91
Nº ESPECIES PLANTAS ENDÉMICAS	1	0	2	11	6
% PLANTAS ENDÉMICAS	4,5	0,0	6,9	12,1	6,6
Nº ESPECIES VERTEBRADOS NATIVOS	25	50	42	47	51
Nº ESPECIES VERTEBRADOS ENDÉMICAS	1	4	1	5	2
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4,0	8,0	2,4	10,6	3,9

4. ESTADOS DE CONSERVACIÓN

En la Ley General de Bases del Medio Ambiente se plantean una serie de disposiciones que aluden a las categorías de estados de conservación de la flora y fauna silvestre de nuestro país, otorgándolo así urgencia al proceso de evaluación y clasificación de dichas especies a fin de cumplir la normativa vigente. En este contexto, el Artículo 37 de la Ley de Bases del Medio Ambiente exige que el proceso de clasificación se base en criterios científico–técnicos, debiendo someterse toda la información relevante al Comité de Clasificación de Especies, para que los especialistas ahí reunidos (públicos y académicos) presenten al Consejo Directivo de la CONAMA, una propuesta de clasificación para las especies contempladas, proceso que está aún en pleno desarrollo en nuestro país.

La historia de la legislación en torno a la conservación, que, aunque regula la explotación, no define categorías de conservación de los recursos forestales en nuestro país, se inicia por la aplicación de la legislación española durante la Colonia y los inicios de la República, en que se disponía que “los montes deban conservarse, autorizando la corta sólo de los árboles grandes debiendo dejarse la planta en estado de regenerar”. En 1931 se dicta la Ley de Bosques a través del Decreto Supremo 4.363, del Ministerio de Tierras y Colonización que recoge algunas de las normas de decretos y reglamentos dictados en décadas precedentes, que establecían las primeras normas sobre bosques de protección. Esta Ley prohíbe la corta y destrucción de tres clases de bosques de protección de suelos y aguas: (a) árboles y arbustos nativos situados a menos de 400 m sobre los manantiales que nacen en los cerros y a menos de 200 m de sus orillas del nacimiento de la vertiente hasta el plano, (b) arbolado situado a menos de 200 m de radio de los manantiales que nacen en terrenos planos no regados y (c) árboles existentes en cerros desde la medianía de su falda hasta la cima.

En relación a la fauna, el primer cuerpo legal de carácter general que protege a la fauna silvestre, terrestre y acuática en Chile, es la Ley de Caza N° 4.601 de 18 de junio de 1929 y su Reglamento N° 4.844. Dentro de sus aspectos principales se encuentran la determinación de períodos de veda temporal e indefinida; fijación de números máximos de ejemplares permitidos de caza por excursión y por cazador; los métodos de caza permitidos; regulaciones sobre el comercio nacional e internacional y la crianza en cautividad de las especies silvestres nativas. En 1998, se promulgó un nuevo Reglamento de la Ley de Caza N° 4.601, DS Nº 05/1998, modificado por el DS N53/2004 Ministerio Agricultura, que moderniza la legislación vigente en la materia, haciéndola más eficiente y poderosa. Es así como, de 52 especies de aves con veda indefinida se pasa a proteger 317 especies. Este nuevo Reglamento norma por primera vez la captura y caza de reptiles y anfibios en Chile, decretando la prohibición de captura, comercialización y exportación de todas las especies chilenas.

4.1. Legislación vigente

Ley N° 19.473 de 1996. Ley de Caza del Ministerio de Agricultura. Esta ley sustituye la Ley Nº 4.601, sobre caza, y el Artículo 609 del Código Civil. Establece la prohibición de caza y captura para todos los vertebrados nativos de Chile, con la excepción los recursos hidrobiológicos, los que están protegidos por normas derivadas de la Ley General de Pesca y Acuicultura, bajo tuición de la Subsecretaría de Pesca y del Servicio Nacional de Pesca. En su Reglamento de 1998, se establece por primera vez el estado de conservación de las especies de fauna de Chile. Hasta el momento sólo se habían definido la clasificación de los estados de conservación

en Libros Rojos de la CONAF (flora, 1985 y fauna terrestre, 1987), los que no tienen carácter legal o normativo que posibilitara su exigencia obligatoria como instrumento de conservación.

Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (D.O. 09.03.94) Ministerio Secretaría General de la República. En su Artículo 1 contiene las normas generales que regulan las materias relacionadas con “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental” En el Párrafo 4º De las Normas de Calidad Ambiental, Preservación de la Naturaleza y Conservación del Patrimonio Ambiental, el Artículo 37 da las indicaciones para la creación de un reglamento que fije el procedimiento para clasificar las especies de flora y fauna silvestres, sobre la base de antecedentes científico-técnicos, y según su estado de conservación, en las siguientes categorías: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerable, rara, insuficientemente conocida y fuera de peligro. En el Artículo 38, señala que “Los organismos competentes del Estado confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerable, rara e insuficientemente conocidas.” En el Párrafo 6º De los Planes de Manejo, Prevención o Descontaminación el Artículo 41 señala que el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables se efectuará asegurando su capacidad de regeneración y la diversidad biológica asociada a ellos, en especial de aquellas especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas. Y finalmente, en el Artículo 42, dice que el organismo público encargado por la ley de regular el uso o aprovechamiento de los recursos naturales en un área determinada, exigirá, la presentación y cumplimiento de planes de manejo de los mismos, a fin de asegurar su conservación. Estos incluirán, entre otras, las siguientes consideraciones ambientales: c) Protección de especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidos.

Reglamento de Clasificación de Especies (D.O. 11.05.2005) Ministerio Secretaría General de la Presidencia. El Decreto Supremo Nº 75 de 2005, aprueba el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres y establece las disposiciones que regirán el procedimiento para la clasificación de especies de flora y fauna silvestres en las distintas categorías de conservación a que alude el artículo 37 de la ley Nº19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; define las categorías en las que deben ser clasificadas las especies evaluadas y el procedimiento para la clasificación de especies incluyendo los Criterios para la clasificación de especies, las funciones y conformación de un Comité para la Clasificación de Especies según su estado y el procedimiento administrativo para la clasificación.

Categorías de conservación

El Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres, utiliza las categorías que establece la Ley 19.300 para la clasificación de las especies de flora y fauna, según su estado de conservación según lo señalado en la Tabla 5-8.

TABLA 5-8. CATEGORIAS DE CONSERVACIÓN LEGALMENTE VIGENTES EN CHILE.

CATEGORIA		DESCRIPCIÓN
Extinguida (Extinta)	E	Una especie se considera “Extinta” cuando prospecciones exhaustivas no han detectado ningún individuo en estado silvestre.
En Peligro de Extinción	EP	Una especie se considera “En Peligro” al enfrentar un riesgo muy alto de extinción.
Vulnerable	V	Una especie se considera “Vulnerable” cuando, no pudiendo ser clasificada en la categoría de “En Peligro”, enfrenta un riesgo alto de extinción.
Insuficientemente Conocida	IC	Una especie “Insuficientemente Conocida” es una que, bajo presunciones fundadas, enfrenta un riesgo de extinción pero para la cual no hay información suficiente para asignarla a la categoría “En Peligro” o bien “Vulnerable”. Es, por tanto, una categoría de riesgo que implica un esfuerzo de levantamiento de información para determinar el real estado de conservación de la especie.
Fuera de Peligro	FP	Una especie se considera “Fuera de Peligro” cuando, habiendo estado en alguna de las categorías anteriores (de riesgo), se considera relativamente segura en la actualidad por la adopción de medidas efectivas de conservación o por la cesación de una amenaza.
Rara	R	Una especie se considera “Rara” cuando sus poblaciones ocupan un área geográfica pequeña o estén restringidas a un hábitat muy específico (que en si, sea escaso en la naturaleza), o cuando la especie en forma natural, presenta bajas densidades poblacionales aunque ocupe un área geográfica mayor. Las especies clasificadas como raras, también pueden ser clasificadas en alguna de las demás categorías.
No se ajusta a ninguna categoría de conservación según RCE		Si bien ésta no es una categoría de estado de conservación que emane de la Ley 19.300, una especie puede, luego de su primer proceso de clasificación, no quedar asignada a ninguna de las categorías anteriores, por considerar que, con los datos disponibles a la fecha de su clasificación, no habían antecedentes que indicaran un estado de riesgo, rareza o extinción para esa especie.

Fuentes de información

La flora y fauna registrada en este estudio se analizó utilizando como indicadores diferentes métodos e iniciativas, además del reglamento de la Ley de Caza 19.407 como fuente de información oficial para la fauna. Así, se consultaron las listas proporcionadas por Benoit (1989), actualizada en reunión de expertos realizada en septiembre de 1997 y Red Data Book UICN (2007) para flora y Glade (1998), Red Data Book UICN (2007), Cofré & Marquet (1998), Veloso (2006), Núñez et al. (1997) y Díaz-Paez & Ortiz (2003) para fauna. Las categorías y sus definiciones del Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres están contenidas en una ley, por lo que su modificación es materia de una modificación legislativa, situación que no permite actualizarlas según las modificaciones periódicas que UICN va haciendo de ellas. De esta manera, algunos de los criterios en nuestra legislación ya no son comparables internacionalmente, como es el caso de la categoría Rara que fue eliminada de la nomenclatura de UICN.

4.2. Estado de conservación por áreas de estudio

Estado de conservación Valle de Quillagua

Flora. El estado de conservación de las 22 especies nativas de flora registradas en el lugar, indica que 19 especies no presentan problemas de conservación y sólo tres están en la categoría de Vulnerable, *Prosopis alba, P. chilensis* y *P. tamarugo* (Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor/ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación, según las definiciones de su versión 2.3 de 1994.

TABLA 5-9. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VALLE DE QUILLAGUA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA; LR= RIESGO MENOR; NT=CASI AMENAZADA; CD= DEPENDIENTE DE LA CONSERVACIÓN

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN 2007
Prosopis alba	algarrobo blanco	V	LR/nt
Prosopis chilensis	algarrobo	V	N/E
Prosopis tamarugo	tamarugo	V	LR/cd

Fauna. En el área muestreada se registraron dos especies de mamíferos nativos. El reglamento de la Ley de Caza no incluye a *Abrothrix olivaceus* en ninguna categoría de conservación mientras que UICN (2007) lo clasifica como de Menor riesgo/preocupación menor. *Myotis atacamensis* por su parte es sindicado como de poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza aunque no está clasificado en ninguna de las categorías de conservación, y por UICN (2007) como Vulnerable, en base a la reducción poblacional, aunque su evaluación data de 1996 y no ha sido actualizada. Ninguno de ellos ha sido evaluado en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993), y Cofré & Marquet (1998) consideran a ambos Sin Prioridad Inmediata. El reptil registrado, *Microlophus theresioides*, en el Reglamento de la Ley de Caza se consigna en la categoría Rara; Núñez et al. (1997) lo evalúan en la misma categría, mientras que no ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) ni en UICN (2007). De las 22 especies de aves nativas registradas en el área de estudio, en el reglamento de la Ley de Caza, se incluye a *Larus modestus* en la categoría de Vulnerable y a *Conirostrum tamarugense* como Inadecuadamente conocida. Ninguna ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) y UICN (2007) clasifica a *Conirostrum tamarugense* como Vulnerable y a las restantes como de Preocupación Menor.

TABLA 5-10. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VALLE DE QUILLAGUA. N/E= NO EVALUADA, V= VULNERABLE, R= RARA, LC= PREOCUPACIÓN MENOR.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Myotis atacamensis	murciélago de Atacama		N/E		V
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Microlophus theresioides	corredor de Teresa	R	N/E	R	N/E
AVES					
Larus modestus	gaviota garuma	V	N/E		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies dañinas. Las dos especies de mamíferos exóticos registrados, *Rattus rattus* y *Mus musculus,* y una especie de ave, *Passer domesticus*, son considerados por el Reglamento de la Ley de Caza como especies de fauna silvestre perjudiciales o dañinas, las cuales pueden ser cazadas o capturadas en cualquier época del año, en todo el territorio nacional.

Especies beneficiosas. Las aves *Troglodytes aedon, Pygochelidon cyanoleuca, Tachuris rubrigastra, Tyrannus savana, Muscisaxicola macloviana, Muscisaxicola maculirostris, Chordeiles acutipennis, Falco femoralis,* y *Buteo polyosoma* están consideradas como especies beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Zonotrichia capensis, Conirostrum tamarugense, Conirostrum cinereum, Upucerthia dumetaria* y *Phleocryptes melanops* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y el reptil *Microlophus theresioides* como especie de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio, las aves *Fullica ardesiaca, Chordeiles acutipennis, Upucerthia dumetaria, Tyrannus savana, Conirostrum cinereum, Larus modestus* y *Conirostrum tamarugense*, y el reptil *Microlophus theresioides* se consideran como especies con poblaciones reducidas.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

Estado de conservación Oasis de Calama

Flora. De las 33 especies nativas de flora registradas, sólo dos, *Prosopis alba* y *P. chilensis* están en la categoría de Vulnerable y 31 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor/ casi amenazado, mientras que *P. chilensis* no está evaluado, según las definiciones de su versión 2.3 de 1994.

TABLA 5-11. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL OASIS DE CALAMA V= VULNERABLE; LR= RIESGO MENOR; NT= CASI AMENAZADA; N/E= NO EVALUADA;

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN (2007)
Prosopis alba	algarrobo blanco	V	LR/nt
Prosopis chilensis	algarrobo	V	N/E

Fauna. Se registraron cinco especies de mamíferos nativos en el área muestreada, dos de ellos con problemas de conservación. El Reglamento de la Ley de Caza y el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile consideran a *Licalopex griseus* y *L. culpeaus* Insuficientemente conocido mientras que Cofré & Marquet (1998) consideran a *L. griseus* como Vulnerable y a *L. culpaeus* como Sin Prioridad Inmediata. UICN los clasifica como de preocupación menor. Se registraron dos especies de reptiles *Microlophus theresioides* y *Liolaemus paulinae*, que en el Reglamento de la Ley de Caza se consignan en la categoría Rara. Núñez et al. (1997) consideran a *M. theresioides* en la misma categoría mientras no ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) ni en UICN (2007). *L. paulinae* está incluida en la categoría Rara en el Libro Rojo y por Núñez et al. (1997) y con Datos Insuficientes en UICN (2007), aunque su evaluación está desactualizada. Incluimos el registro de un anfibio, *Telmatobius dankoi*, que Díaz-Paez & Ortiz (2003) consideran Insuficientemente Conocido y UICN (2007) con Datos Insuficientes. De las 40 especies de aves nativas registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Falco peregrinus* en la categoría de Vulnerable. Ninguna ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993), y UICN las clasifica a todas como de Preocupación menor.

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies dañinas. Las cuatro especies de mamíferos exóticos registrados, *Oryctolagus cuniculus*, *Rattus rattus*, *R. norvegicus* y *Mus musculus,* y dos especies de aves, *Passer domesticus* y *Columba livia*, son considerados como especies de fauna silvestre perjudiciales o dañinas, las cuales pueden ser cazadas o capturadas en cualquier época del año, en todo el territorio nacional.

Especies beneficiosas. Las aves *Troglodytes aedon*, *Athene cunicularia*, *Bubo magellanicus*, *Tyto alba*, *Falco femoralis*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco sparverius*, *Falco peregrinus*, *Buteo polyosoma, Circus cinereus* y *Geranoaetus melanoleucus* están consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que *Egretta caerulea*, *Pardirallus sanguinolentus*, *Steganopus tricolor*,

Leptasthenura aegithaloides, *Zonotrichia capensis*, *Upucerthia dumetaria, Cinclodes fuscus* y *Phleocryptes melanops* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. Los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Microlophus theresioides* y el ave *Nycticorax nycticorax* son consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de avifauna registradas en el área de estudio, *Egretta caerulea*, *Falco peregrinus*, *Steganopus tricolor, Fulica ardesiaca* y *Upucerthia dumetaria*, el mamífero *Phyllotis magíster* y los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Microlophus theresioides* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

TABLA 5-12. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL OASIS DE CALAMA. N/E= NO EVALUADA, R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1993		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Lycalopex griseus	zorro chilla	I	I	V	lc
Lycalopex culpeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	R	R		DD
Microlophus theresioides	corredor de Teresa	R	N/E		N/E
AVES					
Falco peregrinus	halcón peregrino	V	N/E		LC
ANFIBIOS				Díaz-Paez & Ortiz 2003	
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko			I	DD

Estado de conservación de Laguna Lejía

Flora. De las 29 especies nativas de flora registradas, sólo tres pertenecientes al género *Nototriche* están en la categoría de Vulnerable y 26 no presentan problemas de conservación (Marticorena 2005). UICN (2007) por su parte no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-13. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN LAGUNA LEJÍA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Marticorena (2005)	UICN (2007)
Nototriche auricoma	nototriche	V	N/E
Nototriche sp.	nototriche	V	N/E
Nototriche sp.1	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron 10 especies de mamíferos nativos silvestres en el área muestreada. El Reglamento de la Ley de Caza incluye a cinco de ellos en alguna categoría de conservación: En Peligro a nivel nacional a *Vicugna vicugna, Chinchilla brevicaudata*, Vulnerable a *Ctenomys fulvus* e Insuficientemente conocido a *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea*; estas cinco especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) incluyéndolas en las mismas categorías salvo para el caso de *Vicugna vicugna* que se incluye en categoría Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *C. brevicaudata* y *Vicugna vicugna* En Peligro, a *A. cinerea* Vulnerable, a *Ctenomys opimus* como Frágil y las dos especies restantes como Sin Prioridad Inmediata, mientras que *Abrothrix andinus* no aparece evaluado; UICN (2007) clasifica a una de las especies como Peligro Critico (*C. brevicaudata*), tres especies como de Menor riesgo/preocupación menor, una como de Preocupación menor y una no evaluada. Se registraron dos especies de reptil, *Liolaemus andinus* y *L.puritamensis*, las que no se han incluido en ninguna categoría de conservación en la Ley de Caza y no han sido evaluadas por Glade (1993), Núñez et al. (1997) ni UICN (2007). De las 30 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Pterocnemia pennata* en la categoría En Peligro, a *Chloephaga melanoptera*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus jamesi*, *Phoenicoparrus andinus* y *Larus serranus* en la categoría de Vulnerable y a *Attagis gayi* en la categoría Rara. El Libro Rojo (Glade 1993) también incluye a estas siete especies en alguna categoría de conservación aunque difiere la clasificación de *Larus serranus* a la que consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres de estas especies como Casi amenazadas (*Pterocnemia pennata*, *Phoenicopterus chilensis* y *P. jamesi*), a una como Vulnerable (*Phoenicoparrus andinus*) y a las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

TABLA 5-14. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN LAGUNA LEJIA. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA NT= NO AMENAZADA LR/LC= RIESGO MENOR/PREOCUPACIÓN MENOR.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Ctenomys fulvus	tuco tuco Atacama	V	V	NP	LR/lc
Ctenomys opimus	tuco tuco de la puna			F	
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	P	P	P	CR
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
AVES					
Pterocnemia pennata	suri	P	P		NT
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus	parina grande	V	V		VU
Phoenicoparrus jamesi	parina chica	V	V		NT
Chloephaga melanoptera	piuquén	V	V		LC
Attagis gayi	perdicita cordillerana	R	R		LC
Larus serranus	gaviota andina	V	R		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. Las aves *Oreotrochilus estella*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Muscisaxicola rufivertex*, *M. flavinucha* y *M. frontales* son consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que *Charadrius alticola*, *Calidris bairdii*, *Steganopus tricolor*, *Geositta cunicularia*, *G. punensis*, *Upucerthia ruficauda*, *U. dumetaria* y *Asthenes modesta* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. El mamífero *Lycalopex culpaeus* y las aves *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus*, *P. jamesi*, *Phrygilus atriceps* y *Bolborhynchus aurifrons* son especies consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio los mamíferos *Phyllotis magister*, *Ctenomys fulvus, Ctenomys opimus, Chinchilla brevicaudata* y *Vicugna vicugna*, y las aves *Pterocnemia pennata, Charadrius alticola*, *Steganopus tricolor*, *Attagis gayi*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus*, *P. jamesi*, *Sicalis uropygialis*, *S. olivascens*, *Phrygilus unicolor*, *P. plebejus*, *Carduelis atrata*, *Upucerthia ruficauda*, *U. dumetaria* y *Bolborhynchus aurifrons* se consideran especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Estado de conservación Alrededores del Volcán Licancabur

Flora. De las 91 especies de flora nativa registradas, sólo tres, *Trichocereus atacamensis*, *Nototriche auricoma* y *Nototriche* cfr. *pulvinata* están incluidas en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005). UICN (2007) por su parte no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-15. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VOLCÁN LICANCABUR. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN (2007)
Trichocereus atacamensis	cardón grande	V	N/E
		Marticorena (2005)	
Nototriche auricoma	nototriche	V	N/E
Nototriche cfr. pulvinata	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron 13 especies de mamíferos nativos en el área muestreada, de los cuales ocho se encuentran dentro de alguna categorización en el Reglamento de la Ley de Caza, que incluye a cinco de ellos en la categoría En Peligro a nivel nacional (*Chaetophractus nationi*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna, Lama guanicoe* y *Leopardus colocolo*), a *Ctenomys fulvus* como Vulnerable y a *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* como Insuficientemente conocido; estas especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) incuyendo a *Chaetophractus nationi* y *Leopardus colocolo* en la categoría En Peligro y a *Lagidium viscacia* y *Vicugna vicugna* como Vulnerables, mientras que *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* como Insuficientemente conocida; Cofre y Marquet (1998) consideran a *Vicugna vicugna* En Peligro, y a *Eligmodontia puerulus* y *Lagidium viscacia* en categoría Frágil, a *Leopardus colocolo* y *Lama guanicoe y A. cinerea* como Vulnerable; UICN (2007) clasifica a *Chaetophractus nationi* como Vulnerable, a *Lagidium viscacia* como de Datos insuficientes, a *Leopardus colocolo* como Casi Amenazada y a cinco de las restantes especies como de Menor riesgo/preocupación menor y a una como de Menor Riesgo/ dependiente de la conservación; aunque la evaluación para las especies del Orden Rodentia data de 1996 y no ha sido actualizada. Se registraron seis especies de reptiles, tres de las cuales, *Liolaemus constanzae, L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* se consignan en la categoría Rara en el Reglamento de la Ley de Caza. *L. constanzae* y *P. audituvelata* están incluidas en la categoría Rara en el Libro Rojo (Glade 1993), *L. fabiani* y *L. constanzae* son consideradas en categoría Rara por Núñez et al. (1997) mientras que UICN (2007), solo considera a *L. constanzae* con Datos insuficientes aunque su evaluación está desactualizada. En el área de estudio se registraron dos especies de anfibios, una de las cuales, *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en la Ley de Caza. Glade (1993) la clasifica en la misma categoría y Veloso (2006) y UICN (2007), la consideran de Preocupación menor. De las 26 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Tinamotis pentlandii* en la categoría de Vulnerable. El Libro Rojo (Glade 1993) la considera Vulnerable, mientras que ninguna de las restantes especies ha sido evaluada. UICN las clasifica a todas como de Preocupación menor.

TABLA 5-16. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA F= FRÁGIL NT= CASI AMENAZADA LR/LC= RIESGO MENOR/PREOCUPACIÓN MENOR LR/CD= RIESGO MENOR/DEPENDIENTE DE LA CONSERVACIÓN.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Chaetophractus nationi	quirquincho de la puna	P	P	N/E	V
Leopardus colocolo	gato colocolo	P	P	V	NT
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	V	V	NP	LR/lc
Eligmodontia puerulus	ratita de pie sedoso del norte		N/E	F	LR/lc
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lagidium viscacia	vizcacha	P	V	F	DD
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
Lama guanicoe	guanaco	P	V	V	LR/lc
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Liolaemus constanzae	lagartija de Constanza	R	R		DD
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	R			N/E
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	R	R		N/E
ANFIBIOS				Veloso 2006	
Bufo spinulosus	sapo espinoso	V	V	LC	LC
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama				DD
AVES					
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	V	V		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. El mamífero *Leopardus colocolo* y las aves *Buteo polyosoma*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco femoralis*, *Oreotrochilus* sp., *Muscisaxicola rufivertex*, *M. maculirostris*, *Pygochelidon cyanoleuca* y *Troglodytes aedon* están consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Cinclodes atacamensis*, *Zonotrichia capensis*, *Leptasthenura aegithaloides*, *Upucerthia ruficauda* y *Asthenes modesta* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. Por su parte, el mamífero *Lycalopex culpaeus*, el ave *Phrygilus atriceps* y los reptiles *Liolaemus constanzae*, *L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* se consideran de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de vertebrados registradas en el área de estudio, los mamíferos *Chaetophractus nationi*, *Leopardus colocolo*, *Ctenomys fulvus*,

Akodon albiventer, *Eligmodontia puerulus*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna*, los reptiles *Liolaemus constanzae*, *Liolaemus fabiani*, *Phrynosaura audituvelata*, el anfibio *Telmatobius vilamensi* y las aves *Tinamotis pentlandii*, *Anas puna*, *Upucerthia ruficauda*, *Turdus chiguanco*, *Phrygilus unicolor*, *P. plebejus* y *Carduelis atrata* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

Estado de conservación Geisers del Tatio

Flora. De las 91 especies de flora nativa registradas en este estudio, tres: *Trichocereus atacamensis, Nototriche argentea* y *Azorella compacta* están en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005). UICN (2007) no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-17. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN GÉISERES DEL TATIO. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN (2007)
Trichocereus atacamensis	cardón gigante	V	N/E
Azorella compacta	llareta	V	N/E
		Marticorena (2005)	
Nototriche argentea	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron once especies de mamíferos nativos silvestres (ver Tabla 4-22), cinco de ellos con problemas de conservación. El Reglamento de la Ley de Caza considera En Peligro a nivel nacional a *Vicugna vicugna* y *Lagidium viscacia* e Insuficientemente conocido a *Lycalopex culpaeus, Auliscomis sublimis* y *Abrocoma cinerea*; estas cinco especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) en las mismas categorías, salvo *Vicugna vicugna* y *L. viscacia* en la categoría Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *Vicugna vicugna* En Peligro, *L. viscacia* como frágil y *Abrocoma cinerea* Vulnerable, mientras que las dos especies restantes como Sin Prioridad Inmediata; UICN (2007) clasifica a las cinco especies como de Menor riesgo/preocupación menor. Se registraron cuatro especies de reptiles, las que no se han incluido en ninguna categoría de conservación en la Ley de Caza y no han sido evaluadas por Glade (1993), Núñez et al. (1997) ni UICN (2007). En el área de estudio se registró una especie de anfibio, *Bufo spinulosus* que está considerada como Vulnerable en la Ley de Caza. Glade (1993) la clasifica en la misma categoría mientras que Veloso (2006) y UICN (2007), la consideran de Preocupación menor. De las 35 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Pterocnemia pennata* en la categoría En Peligro, a *Chloephaga melanoptera*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus*, *Vultur gryphus* y *Fulica gigantea* en la

categoría de Vulnerable. El Libro Rojo (Glade 1993) también incluye a estas siete especies en alguna categoría de conservación aunque difiere la clasificación de *Larus serranus* a la que consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres de estas especies como Casi amenazadas (*Pterocnemia pennata*, *Phoenicopterus chilensis* y *Vultur gryphus*), a dos como Vulnerables (*Phoenicoparrus andinus* y *Agriornis andicola*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

TABLA 5-18. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN GÉISERES DEL TATIO. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA NT= CASI AMENAZADA, LR/CD= RIESGO MENOR/DEPENDIENTE DE CONSERVACIÓN.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Auliscomys sublimis	ratón de la puna	I	I	NP	LR/lc
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
Lagidium viscacia	vizcacha	P	V	F	DD
ANFIBIOS				Veloso 2006	
Bufo spinulosus	sapo espinoso	V	V	LC	LC
AVES					
Pterocnemia pennata	suri	P	P		NT
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus	parina grande	V	V		V
Chloephaga melanoptera	piuquén	V	V		LC
Vultur gryphus	cóndor	V	V		NT
Fulica gigantea	tagua gigante	V	V		LC
Larus serranus	gaviota andina	V	R		LC
Agriornis andicola	mero de la puna		N/E		V

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. Las aves *Buteo polyosoma*, *Vultur gryphus*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco femoraliPygochelidon cyanoleuca*, *Muscisaxicola rufivertex*, *M. flavinucha*, *Lessonia oreas*, *Agriornis andicola* y el anfibio *Bufo spinulosus* son consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Tringa flavipes*, *Calidris bairdii*, *Cinclodes atacamensis*, *Asthenes modesta* y *Leptasthenura aegithaloides* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. El mamífero *Lycalopex culpaeus* y las aves *Gallinago andina*, *Bolborhynchus*

aurifrons, *Upucerthia ruficauda*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus* y *Phrygilus atriceps*, son especies consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio los mamíferos *Akodon albiventer*, *Phyllotis magister*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna* y las aves *Pterocnemia pennata, Anas puna*, *Gallinago andina, Larus serranus*, *Tringa flavipes*, *Metriopelia aymara*, *Upucerthia ruficauda, Bolborhynchus aurifrons, Thinocorus orbignyianus*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus*, *Fulica gigantea*, *Phrygilus dorsalis*, *P. unicolor* y *Carduelis atrata* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

4.3. Estado de conservación en cinco áreas de estudio

Flora. De las 181 especies de flora nativa registradas, 10 están consideradas en la categoría de Vulnerable y 171 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005). Es decir un 5,5% de estas especies están amenazadas, una proporción igual a lo documentado a nivel nacional. Estas especies vulnerables representan el 35,7% de las 28 especies clasificadas en esta categoría en Chile y el 14,1% de las 71 especies clasificadas en cualquiera de las categorías.

TABLA 5-19. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN CINCO ÁREAS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA; LR= RIESGO MENOR; NT= CASI AMENAZADA; CD= DEPENDIENTE DE CONSERVACIÓN. *= SENSU MARTICORENA (2005).

ESPECIES / INVENTARIOS	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	EL TATIO	BENOIT (1989)	UICN
Azorella compacta					x	V	N/E
Trichocereus atacamensis				x	x	V	N/E
Nototriche argentea					x	V*	N/E
Nototriche auricoma			x	x		V*	N/E
Nototriche cfr. pulvinata				x		V*	N/E
Nototriche sp. A			x			V*	N/E
Nototriche sp.B			x			V*	N/E
Prosopis alba	x	x				V	LR/nt
Prosopis chilensis	x	x				V	N/E
Prosopis tamarugo	x					V	LR/cd
ESPECIES NATIVAS REGISTRADAS	22	33	29	91	91	10	2

TABLA 5-20. NÚMERO DE ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS PRIORITARIOS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

CATEGORÍA	VALLE DE QILLAGUA	OASIS CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	GEISERS DE TATIO	TOTAL	TOTAL NACIONAL
En peligro							11
Vulnerable	3	2	3	3	3	10	28
Rara							32
Total especies en EC	3	2	3	3	3	10	71
Especies nativas registradas	22	33	29	91	91	181	

Fauna.

MAMÍFEROS. De los 25 mamíferos registrados en el área de estudio 11 están considerados en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de Caza; seis En Peligro a nivel nacional, representando el 35,3% de los mamíferos clasificados en esta categoría en Chile, uno Vulnerable que representa el 9,1% de total nacional en esta categoría y cuatro como Insuficientemente conocido los que representan el 57,1% del total nacional. Estas 11 especies representan el 22,9% de las especies clasificadas en alguna categoría de conservación. Tres especies están consideradas en alguna categoría de conservación por otros autores, dos en la categoría Frágil por Jofre & Marquet (1998) y una Vulnerable por UICN (2007).

REPTILES. Se registraron 13 especies de reptiles, cinco de las cuales presentan problemas de conservación según el Reglamento de la Ley de Caza, encontrándose todas ellas clasificadas en la categoría Rara, lo que representa el 10,2% de las especies de reptiles clasificadas en esta categoría y el 5,4% de los clasificados a nivel nacional. Una más reciente clasificación de este taxón se realizó en 1997 (Núñez et al 1997), clasificándose en esa oportunidad a 98 de reptiles, frente a lo cual las especies encontradas con problemas de conservación en este estudio corresponderían solo al 5,1% del total nacional.

ANFIBIOS. Se registraron tres especies de anfibios, de los cuales solo *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en el Reglamento de la Ley de Caza lo que correspondería al 16,7% de las especies clasificadas en esta categoría y al 6,7% del total nacional para este taxon. Sin embargo en publicaciones más recientes Díaz-Paez & Ortiz (2003) y Veloso (2006) clasifican a esta especie como Fuera de Peligro y de Preocupación Menor respectivamente. Díaz-Paez & Ortiz (2003) incluyen a *Telmatobius dankoi* como Insuficientemente Conocida y Veloso (2006) considera, tanto a *T. dankoi* como a *T. vilamensis* en la misma categoría.

AVES. De las 90 especies de aves registradas en el área de estudio, 13 especies se consideran amenazadas en el Reglamento de la Ley de Caza, una En peligro que corresponde al 6,7% de las especies de avifauna clasificadas en esta categoría a nivel nacional, 10 Vulnerable correspondientes al 38,5% del total nacional, una Rara, 9,1% del total nacional para esta categoría y una Insuficientemente conocida, 5,9% de las especies a nivel nacional. Las 13 especies con problemas de conservación corresponden al 18,8% de las especies categorizadas a nivel nacional. A éstas se suma una especie considerada como Casi amenazada por UICN (2007).

Folio006414

TABLA 5-21. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS PRIORITARIOS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.1= QUILLAGUA; 2= CALAMA; 3= LAGUNA LEJÍA; 4= VOLCÁN LICANCABUR; 5= GEISERS DEL TATIO. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; LC= PREOCUPACION MENOR; NT= CASI AMENAZADA LR= RIESGO MENOR NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA; F= FRÁGIL.

ESPECIES	1	2	3	4	5	Reglamento Ley de Caza	Glade 1993 Nacional	Glade 1993 Antofagasta		UICN 2007
MAMÍFEROS									Cofré & Marquet 1998	
Chaetophractus nationi				x		P	P	P		VU
Myotis atacamensis	x									VU
Eligmodontia puerulus				x					F	LR/lc
Auliscomys sublimis					x	I	I	I	NP	LR/lc
Ctenomys fulvus			x	x		V	V		NP	LR/lc
Ctenomys opimus				x					F	
Lagidium viscacia				x	x	P	V	P	F	DD
Chinchilla brevicaudata			x			P	P	P	P	CR
Abrocoma cinerea			x	x	x	I	I	I	V	LR/lc
Leopardus colocolo				x		P	P		V	NT
Lycalopex culpaeus			x	x	x	I	I	I	NP	LC
Lycalopex griseus		x				I	I	I	V	lc
Lama guanicoe				x		P	V	P	V	LR/lc
Vicugna vicugna			x	x	x	P	V	P	P	LR/cd
REPTILES									Núñez et al. 1997	
Microlophus theresioides	x	x				R			R	
Liolaemus fabiani				x		R			R	
Liolaemus paulinae		x				R	R	R	R	DD
Liolaemus constanzae				x		R	R	R	R	DD
Phrynosaura audituvelata				x		R	R	R		
ANFIBIOS									Veloso 2006	
Bufo spinulosus				x	x	V	V	V	LC	LC
Telmatobius dankoi		x							DD	DD
Telmatobius vilamensis				x					DD	DD
AVES										
Pterocnemia pennata			x		x	P	P	P		NT
Tinamotis pentlandii				x	x	V	V	V		LC
Phoenicopterus chilensis			x		x	V	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus			x		x	V	V	V		VU
Phoenicoparrus jamesi			x			V	V	V		NT
Chloephaga melanoptera			x		x	V	V	V		LC
Vultur gryphus					x	V	V	R		NT
Falco peregrinus		x				V				LC
Fulica ardesiaca	x	x								NT
Fulica gigantea					x	V	V			LC
Attagis gayi			x			R	R	R		LC
Larus serranus			x		x	V	R	V		LC
Larus modestus	x					V	V	V		LC
Conirostrum tamarugense	x					I				VU
Agriornis andicola					x					VU

Como se aprecia en la Tabla 5-24, el número de especies con problemas de conservación en las cinco áreas es similar para los Oasis de Calama y Quillagua, entre sí, con seis especies respectivamente, y para los tres sitios de estudio del altiplano entre sí con 12 a 16 especies con problemas de conservación incluyendo todas las fuentes de información. Si solo consideramos el Reglamento de la Ley de Caza esta situación se hace aún más similar para ambos grupos.

TABLA 5-22. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN A NIVEL NACIONAL SEGÚN EL REGLAMENTO DE LA LEY DE CAZA. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; F= FUERA DE PELIGRO.

	P	V	R	I	F	Total
Mamíferos	17	11	13	7	0	48
Aves	15	26	11	17	0	69
Reptiles	8	21	49	7	7	92
Anfibios	11	6	14	6	4	41
	51	64	87	37	11	250

TABLA 5-23. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA NORTE SEGÚN EL REGLAMENTO DE LA LEY DE CAZA. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; F= FUERA DE PELIGRO.

	P	V	R	I	F	Total
Mamíferos	9	5	5	5	0	24
Aves	4	17	3	11	0	35
Reptiles	3	8	32	4	3	50
Anfibios	3	1	5	0	0	9
	19	31	45	20	3	118

TABLA 5-24. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS DE PRIORITARIOS EN LA REGION DE ANTOFAGASTA.

FUENTE	CATEGORÍA	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS DE CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	GEISERS DE TATIO	TOTAL ESPECIES	TOTAL NACIONAL
Ley de Caza	En peligro			3	5	3	7	51
	Vulnerable	2	1	6	3	8	12	64
	Rara	1	2	1	3		6	87
	Insuficientemente conocida	1	1	2	2	3	4	37
	Fuera de peligro							11
Total especies en EC Ley de Caza		4	4	12	13	14	29	250
Veloso 2006	Datos insuficientes		1		1		2	
Jofre & Marquet 2008	Frágil				2		2	
UICN 2007	Casi amenazada	1	1				1	
	Vulnerable	1				1	2	
Total especies en EC		6	6	12	16	14	35	
Total especies registradas		26	50	42	48	51	130	

4.4. Conclusiones

Valle de Quillagua

Tres especies de plantas están en la categoría de Vulnerables, *Prosopis alba*, *P. chilensis* y *P. tamarugo* (sensu Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor./ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación.

Según la Ley de Caza no existen mamíferos considerados en Categorías de Conservación, mientras que UICN (2007) consigna a *Myotis atacamensis* en la categoría Vulnerable.

El reptil *Microlophus theresioides*, según la Ley de Caza se consigna como especie beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria, de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara.

De las 23 especies de aves registradas en el área de estudio según la Ley de Caza, *Larus modestus* es categorizada como Vulnerable y *Conirostrum tamarugense* como Inadecuadamente Conocida, mientras que UICN (2007) categoriza a *Conirostrum tamarugense* como Vulnerable y a las restantes como de Preocupación Menor.

Oasis de Calama

Dos especies de plantas están en categoría de Vulnerables, *Prosopis alba* y *P. chilensis* (sensu Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor./ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación.

El reptil *Microlophus theresioides*, según la Ley de Caza se considera como especie de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara. *Liolaemus paulinae* está incluida en la categoría Rara en el Libro Rojo y con

datos insuficientes en UICN (2007), aunque su evaluación está desactualizada, mientras que en el Reglamento de la Ley de Caza como especie de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara.

Licalopex griseus y *L. culpaeus* son considerados Insuficientemente Conocido, mientras que las tres especies de roedores nativos son categorizadas por UICN como de Preocupación Menor.

De las 40 especies de aves registradas en el área de estudio según la Ley de Caza, *Falco peregrinus* es categorizada como Vulnerable y todas son categorizadas por UICN (2007) como de Preocupación Menor.

Laguna Lejía

Tres de las 29 especies de flora nativas registradas, pertenecientes al género *Nototriche* están en la categoría de Vulnerable (Marticorena 2005).

Cinco de las 10 especies de mamíferos nativos silvestres registrados se incluyen en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de caza: *Vicugna vicugna y Chinchilla brevicaudata* En Peligro a nivel nacional, *Ctenomys fulvus* Vulnerable y *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* Insuficientemente conocido; Glade (1993) incluye a todas en la misma categoría salvo *V. vicugna* como Vulnerable; Cofre y Marquet (1998) consideran a *V. vicugna* y *C. brevicaudata* En Peligro, y tres como Sin Prioridad Inmediata; UICN (2007) clasifica como Peligro Critico a *C. brevicaudata*, a tres como de Menor riesgo/preocupación menor y a una como de Preocupación menor.

Una de las 30 especies de aves registradas está en la categoría en Peligro, *Pterocnemia pennata*, cinco, *Chloephaga melanoptera*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus* y *P. jamesi* están en la categoría de Vulnerable y una, *Attagis gayi* en la categoría Rara, según el Reglamento de la Ley de Caza. Glade (1993) considera a siete de estas especies en la misma categoría de conservación y a *L serranus* la consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres especies como Casi amenazadas (*P. pennata*, *P. chilensis* y *P. jamesi*), a una como Vulnerable (*P. andinus*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

Alrededores del Volcán Licancabur

Tres de 91 especies de plantas nativas están en la categoría de Vulnerables, *Trichocereus atacamensis*, *Nototriche auricoma* y *Nototriche* cfr. *Pulvinata* (Benoit 1989, Marticorena 2005).

De las 14 especies de mamíferos, ocho están en alguna categoría de conservación a nivel nacional según el reglamento de la Ley de Caza, siete según el Libro Rojo y cinco según Cofré & Marquet.

De las seis especies de reptiles, tres se consignan en alguna categoría de conservación en el Reglamento de la Ley de Caza, dos según el Libro Rojo (Glade 1993) mientras que UICN (2007), solo considera a una especie.

De las dos especies de anfibios una está considerada como Vulnerable en la Ley de Caza y en Glade (1993). Veloso (2006) y UICN (2007) la consideran de Preocupación menor y a la otra como de Datos Insuficientes.

De las 26 especies de aves una está categorizada como Vulnerable según la Ley de Caza, y según Glade (1993) y todas son categorizadas por UICN (2007) como de Preocupación Menor.

Geisers del Tatio

Tres de las 91 especies de flora nativa registradas, *Trichocereus atacamensis, Nototriche argentea* y *Azorella compacta*, están clasificadas en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005).

Cinco de 11 especies de mamíferos nativos silvestres registrados (ver tabla 4-22) están incluidos en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de caza: *Vicugna vicugna* y *Lagidium viscacia* En Peligro a nivel nacional y *Lycalopex culpaeus, A. sublimis y A. cinerea*; Insuficientemente conocido. Glade (1993) considera a *L. culpaeus*; en la misma categoría y a *V. vicugna* como Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *V. vicugna* En Peligro, *L. viscacia* Frágil, *A. cinerea* Vulnerable y a dos de las especies restantes como Sin Prioridad Inmediata. UICN (2007) clasifica a cinco especies como de Menor riesgo/ preocupación menor.

El anfibio, *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en la Ley de Caza y en Glade (1993). Veloso (2006) y UICN (2007) la consideran de Preocupación menor.

Una de las 35 especies de aves registradas está en la categoría en Peligro, *Pterocnemia pennata*, y seis *Chloephaga melanoptera, Larus serranus, Phoenicopterus chilensis, P. andinus, Vultur gryphus y Fulica gigantea* están en categoría Vulnerable según el Reglamento de la Ley de Caza. Glade (1993) clasifica a una En Peligro, seis como Vulnerables y a *Larus serranus* como Rara. UICN (2007) clasifica a tres Casi amenazadas (*P. pennata*, *P. chilensis* y *V. gryphus*), a dos Vulnerables (*P. andinus* y *A. andicola*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

Cinco áreas de estudio

El número de especies vegetales con problemas de conservación en cada uno de los sitios en estudio es igual para todos salvo por el Oasis de Calama con dos especies en vez de tres.

En relación a la fauna con problemas de conservación, los sitios en estudio albergan porcentajes variables de las especies clasificadas a nivel nacional. En particular los sitios del altiplano albergan entre tres y cinco especies clasificadas En peligro que representan alrededor del 35% de las especies clasificadas en esta categoría, confiriéndoles por lo tanto una alto valor para la conservación de estas especies, aún más cuando se considera, por ejemplo, que en Geisers del Tatio y Laguna Lejía se encuentran ocho (33,3%) y seis (25%) de las 24 especies de mamíferos categorizadas Vulnerables para la zona norte, respectivamente. En el caso de las aves la situación es de mayor importancia aún puesto que las áreas en estudio albergan a 38,5% de las especies de avifauna categorizadas como Vulnerables para Chile, y el 58,2% de las Vulnerables para la zona norte.

Se espera que las diferencias de categorización de las especies chilenas se resuelvan cuando termine el proceso respectivo llevado adelante por CONAMA.

5. OBJETOS DE CONSERVACIÓN

Las actividades humanas que se relacionan con el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, ya sea que éstas se ubiquen dentro de los límites del área de interés o en su zona de influencia, suelen generar impactos que exceden los rangos naturales de variación y con ello afectan la integridad ecológica del sitio. Así, un área de interés puede afectarse por impactos directos o indirectos y en ambos casos el resultado es exceder la capacidad de uso sustentable o sostenible, conduciéndolos a su colapso. Cuando un área de conservación deja de ser funcional requiere manejo o restauración ecológica (Granizo et al. 2006).

5.1. Definición de los objetos naturales de conservación

Los objetos de conservación constituyen elementos bióticos que se incorporan como fundamentos de protección para los terrenos con alto valor para la conservación de la biodiversidad. Un área de conservación es funcional cuando reúne los atributos más adecuados para conservar la diversidad biológica a largo plazo o, como lo manifiestan Poiani & Richter (2000) es un área que "mantiene a las especies, comunidades y/o sistemas de interés focal y a los procesos ecológicos que sustentan, dentro de sus rangos naturales de variación". Los objetos de conservación pueden ser a nivel de comunidades naturales y sistemas ecológicos o ecosistemas, en los que se incluyen los procesos naturales que los mantienen. También puede ser a nivel de especies.

Nivel de comunidades y ecosistemas

Cuando se trabaja con las comunidades naturales, éstas, de acuerdo a Whittaker (1975) se definen como un ensamble de poblaciones de plantas, animales, bacterias y hongos que viven en un entorno e interactúan unos con otros formando un sistema viviente particular. Mientras que un ecosistema sería la suma de comunidades y sus entornos tratados como sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía. Los sistemas ecológicos pueden clasificarse de acuerdo a su fisonomía en zonas de vida (Holdridge 1967), estructura de la vegetación, composición florística o ambos (Grossman et al. 1999).

Nivel de especies

A este nivel podemos trabajar en distintos grados o "filtros" (grueso, medio y fino)

El *filtro grueso* focaliza en la conservación de ecosistemas y puede considerar para ello a las especies "paraguas" (Groves 2003), que son aquellas que por su historia particular tienen influencia sobre otras. Por lo general se trata de especies cuyos rangos de distribución y movimiento son amplios, viven en hábitats heterogéneos y son vulnerables a las actividades humanas.

El *filtro medio* enfoca la conservación de elementos críticos del ecosistema que son importantes para muchas especies, en especial las que probablemente son pasadas por alto por los métodos de filtro fino, como invertebrados, hongos y plantas no vasculares. Los elementos críticos incluyen estructuras, humedales, y procesos como incendios e inundaciones (véase Hunter 2004).

El *filtro fino* considera aquellas especies que no estarían bien conservadas sólo con el filtro grueso, tales como especies en peligro de extinción, aquellas en riesgo dado que presentan poblaciones en declinación o naturalmente raras, o las endémicas. En esta categoría suelen estar también las especies bandera, las que no necesariamente tienen una validez ecológica importante pero que generan un compromiso afectivo inmediato en las personas, y por lo tanto estarán dispuestas a colaborar activamente en su conservación.

Especies focales

Las especies focales sirven como atajos para monitorear o resolver problemas de conservación, ya sea evaluando la magnitud de la perturbación antropogénica, monitoreando las tendencias poblacionales, localizando áreas de alta biodiversidad, delineando un tipo de hábitat o tamaño de área para protección o atrayendo la atención del público. Para la aplicación correcta de los diferentes términos asignados a las especies de interés, a continuación se sintetizan algunos conceptos de especies focales o sustitutas utilizadas para la conservación en base a distintas opiniones (Noss 1990; Stork & Samways 1995, Caro & O'doherty 1999).

Especies indicadoras. Son aquellas que pueden reflejar la calidad y cambios que surjan en su medio ambiente, así como también en aspectos de la composición de la comunidad. Estas especies tienden a ser muy sensibles a contaminantes, alteraciones e inestabilidad de su medio y a las actividades humanas. Tienen la capacidad de representar elementos pequeños, como un arroyo, o reflejar el estado prístino de un lugar. Las especies indicadoras son frecuentemente escogidas para realizar monitoreos, porque representan un uso particular, un ecosistema o un interés de manejo (Soulé & Kohm, 1989) o también porque son fácilmente muestreadas, clasificadas o identificadas. En general la selección de indicadores que informan sobre el estado del ambiente (biodiversidad) debe cumplir algunas de las siguientes características (Noss 1990, Caro & O'doherty 1999): (a) ser suficientemente sensibles para detectar las fases tempranas de cambio, (b) presentar una distribución a una escala geográfica amplia o ampliamente aplicables, (c) ser capaces de proporcionar evaluaciones continuas sobre un rango amplio de perturbación, (d) ser relativamente independientes del tamaño de muestra, (e) ser fáciles y económicas de medir, colectar probar y / o calcular, (f) ser capaces de diferenciar entre ciclos o tendencias naturales y aquellos inducidos por perturbaciones antropogénicas, (g) ser relevantes a fenómenos ecológicos significativos a diferentes niveles de organización. Dado que ningún indicador posee todas estas características, se requiere un conjunto de indicadores complementarios que evalúen aspectos de composición (incluye listas y medidas de la riqueza de especies y de la diversidad genética), estructura (incluye la complejidad de hábitats, abundancias relativas de las especies, patrón de distribución de hábitats, etc.) o de función (incluye flujo genético, perturbaciones, interacciones, etc.) en los diversos niveles de organización (Noss 1990).

Especies paraguas. Son aquellas que presentan requerimientos amplios, principalmente de hábitat y como consecuencia de su requerimiento también engloban los de otras especies que ocupan la misma área.

Especies bandera. Son aquellas que tienen aspecto carismático, populares y atractivas, son usadas para atraer la atención del público, son símbolos que pueden estimular programas y acciones de conservación.

Especies clave. Son especies que cumplen un rol fundamental en el ecosistema y muchas especies dependen de ellas, ya sea por su nivel trófico, producción de recursos alimenticios u otras interacciones dentro de la estructura de la comunidad. La pérdida o cambio de estas especies causa cambios en la estructura del ecosistema e incluso una pérdida de diversidad.

5.2. Estimación del valor de importancia

Para que los objetos de conservación sean efectivos deberán cumplir al menos con tres requisitos: (a) Representar la biodiversidad del ambiente o ecosistema (aquí representada por la riqueza de especies). (b) Considerar los endemismos presentes y (c) Reflejar las amenazas que existen sobre las especies (aquí representada por los estados de conservación). Para ponderar estos factores y calcular el valor de importancia del ambiente específico. Utilizamos la siguiente fórmula:

$$VI = \Sigma (D * 0,5 + E* 0,3 + A * 0,2)/ 10$$

Donde:

VP es el valor de importancia, D la diversidad, E el endemismo y A la amenaza. En fórmula el valor de importancia (VI) se divide por 10 para expresar los resultados en números enteros y el valor máximo teórico es 30.

La diversidad (D), como riqueza de especies, se considera un factor más relevante que los demás, por lo que, en la ponderación, se multiplica por un factor de 0,5. Se discriminan tres niveles:

Baja. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es menor o igual al 20% (< 39 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es menor o igual que el 20% (< 33 especies) de las 168 especies registradas para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Media. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es mayor al 20% y menor al 30% ($\geq$ 39 < 59 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es mayor al 20% de este total y menor al 30% ($\geq$ 33 < 50 especies) de las 168 especies registrados para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alta. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es mayor al 30% (< 98 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es mayor al 30% (< 50 especies) de las 168 especies registrados para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

Los porcentajes considerados son estimativos y discutibles, pero se apoyan en que el número total de especies, plantas y animales, ya sea para la provincia de El Loa o para las cinco áreas, son una expresión de la diversidad gamma, en cambio los ambientes contienen diversidad alfa, la que por definición es una proporción de la primera.

El endemismo (E) se considera un factor de menor peso que la diversidad, pero mayor que el estado de conservación, por lo que se multiplica por un factor de 0,3. Se discriminan tres niveles:

Bajo. Cuando exista menos de un 5% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista menos de un 5% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Medio. Cuando exista entre un 5 y un 8% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista entre un 5 y un 8% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alto. Cuando exista más de un 8% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista más de un 8% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

La amenaza se considera el factor de menor peso por lo que se multiplica por un factor de 0,2. Se discriminan tres niveles:

Baja. Cuando la proporción de plantas y vertebrados terrestres amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida o rara) sea menor a lo documentado para el país (< 5,1 para plantas y < 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Media. Cuando la proporción de plantas y animales amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida, rara) sea igual o similar a lo documentado para el país (similar a 5,1 para plantas y similar a 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alta. Cuando la proporción de plantas y animales amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida, rara) sea mayor a lo documentado para el país (> a 5,1 para plantas y > a 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

Para el total de plantas se siguió a Simonetti (1995) considerando las 3.830 especies de dicotiledóneas y las 1.043 monocotiledóneas (4.873 especies) Para el total de vertebrados terrestres se siguió a (Marín 2004, Veloso 2006, Núñez et al. 1997, Muñoz-Pedreros & Yáñez 2008). Los endemismos y estados de conservación se obtuvieron de (Marticorena 2005, Marticorena & Quezada 1985, Marticorena & Rodríquez 1995, 2001, 2003, 2005, Núñez et al 1997, Benoit 1989, Díaz-Paez & Ortiz (2003), Veloso 2006, UICN 2007, Red Data Book UICN 2007).

5.3. Objetos de conservación

Valor de importancia de los ambientes (filtro grueso)

Desde el punto de vista vegetacional los ambientes con mayor valor de importancia son el Ojalar del desierto de aluviones y el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica (> 21 VI), ambos se localizan en el área Alrededores del Volcán Licancabur y el segundo además en el área Geisers del Tatio (Tabla 5-25). En un segundo grupo de valor están el Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama, el Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua, los Cultivos del Valle de Quillagua y los Humedales altoandinos del Tatio. Los ambientes del Valle de Quillagua, están aparentemente sobrevalorados ya que aunque su riqueza de especies es baja, el valor de importancia es mayor que el de los humedales altoandinos del Tatio. Esto se debe a que en el Valle de Quillagua existen dos especies endémicas y ambas amenazadas (*Prosopis* spp) incrementando su valor, pero como estas especies han sido plantadas en un programa de reforestación consideramos con reserva los valores para este sitio.

Considerando ahora los vertebrados terrestres, cinco ambientes son similares en valoración (> 18 VI): (a) el Ojalar del desierto de aluviones, (b) el tolar de la estepa arbustiva prepuneña (c) el Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica, (d) el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica y (e) el Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama. Nótese que ambientes de alta diversidad como los Humedales altoandinos del Tatio (38 especies) y el Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama (37 especies) no tienen una alta valoración de importancia. Esto se debe a que la propia alta diversidad "diluye" las proporciones de endemismo y amenaza, que no son altas en estos ambientes. En el caso del humedal la diversidad está caracterizada por las especies de aves, ninguna endémica ni amenazada.

Vinculando el valor de importancia, tanto para plantas como vertebrados terrestres, y las salvedades ya indicadas para el Valle de Quillagua, concluimos que los ambientes más relevantes son, en importancia: el Ojalar del desierto de aluviones (Licancabur) y el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica (Licancabur y el Tatio). Agregamos, como ambientes relevantes al Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama (Lejía), Humedales altoandinos del Tatio, Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama y el Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua.

TABLA 5-25. VALOR DE IMPORTANCIA PARA DIFERENTES AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

	AMBIENTES											
PARÁMETROS	Humedales altoandinos del Tatio	Humedal altoandino de laguna Lejía	Ojalar del desierto de aluviones	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del oasis de Quillagua
AREAS	Tatio	Lejia	Licancabur	Tatio	Tatio, Licancabur	Lejia	Licancabur	Tatio, Licancabur	Calama	Calama	Quillagua	Quillagua
Nª especies de plantas	25	6	42	17	34	40	7	45	33	15	12	10
Valor de Diversidad (D)	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1
Nº plantas endémicas	2	0	8	0	0	2	0	5	0	0	1	1
% plantas endémicas	8,0	0	17,4	0	0	5,0	0	11,1	0	0	8,3	10,0
Valor de Endemismo (E)	2	1	3	1	1	2	1	3	1	1	3	3
Nº plantas amenazadas	0	0	1	0	1	3	0	3	2	2	3	3
% plantas amenazadas	0	0	2,2	0	2,9	7,5	0	6,7	6,1	13,3	25,0	30,0
Valor de Amenaza (A)	1	1	1	1	1	2	1	2	2	3	3	3
VI PLANTAS= S D*0,5+E*0,3+A*0,2	**18**	10	**21**	10	**15**	**20**	10	**23**	**17**	14	**20**	**20**
Nª vertebrados terrestres	39	21	16	12	38	26	22	38	50	12	21	9
Valor de Diversidad (D)	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1
Nº vertebrados endémicos	0	0	2	1	2	1	1	2	4	1	1	1
% vertebrados endémicos	0,0	0,0	12,5	8,3	5,3	3,8	4,5	5,3	8,0	8,3	4,8	11,1
Valor de Endemismo (E)	1	1	3	3	2	1	1	2	2	3	1	3
Nº vertebrados amenazadas	11	8	7	6	11	4	6	11	6	2	3	1
% vertebrados amenazados	28,2	38,1	43,8	50,0	28,9	15,4	27,3	28,9	12,0	16,7	14,3	11,1
Valor de Amenaza (A)	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
VI VERTEBRADOS= S D*0,5+E*0,3+A*0,2	**15**	**14**	**20**	**20**	**18**	10	10	**18**	**18**	**16**	10	**16**

Prioridades ecológicas (filtro medio)

Se incluyen en el análisis las prioridades ecológicas, ya indicadas como filtro medio, y enfocados a elementos críticos del ecosistema que son importantes para, prácticamente todas las especies, como son los cuerpos de agua, lénticos y lóticos. Asi, este filtro considera tres prioridades ecológicas: (a) los humedales, (b) las quebradas y (c) desierto florido.

Humedales. Incorpora los elementos críticos para la existencia de biodiversidad y agrupa las charcas, manantiales, arroyos, bofedales que conservará, además invertebrados y plantas acuáticas. Desde este punto de vista todos los humedales estudiados tienen una prioridad ecológica alta: (a) los humedales altoandinos del Tatio, (b) el humedal altoandino de Laguna Lejía, (c) los humedales riparianos del Guatín, (d) el matorral ripariano del desierto absoluto de Calama y (e) matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua.

Quebradas. Estas formaciones crean las condiciones para la existencia de un microhábitat que proporciona sombra, heterogeneidad espacial, microclimas (por la sombra y las diferentes exposiciones al sol). Estas quebradas son relevantes en el Desierto Andino, entre los 1.800 y los 3.500 msm. También el Oasis de Calama (e.g., Ojo de Opache).

Desierto Florido. Considera agrupaciones de especies que comparten el fenómeno ecológico limitado a la ocurrencia ocasional de lluvias que desencadenan su proceso de reproducción. De este modo, su conservación tiene influencia directa sobre otras especies asociadas.

Especies focales (filtro fino)

Valor como especie focal

Para calcular el valor de conservación atribuible a la especie focal se siguió, con modificaciones, a lo usado por Daza (2005) en el Parque Nacional Sajama, Bolivia, a Reca et al. (1994) y a lo considerado en diversos talleres en que ha participado parte del equipo de trabajo para clasificar fauna silvestre (Grigera 2002, Grigera et al. información no publicada). La propuesta metodológica (basada en Muñoz-Pedreros et al. información no publicada) se fundamenta en la integración ponderada de diferentes variables que se agrupan en tres tipos: (a) las variables inherentes a la especie objetivo y que presentarían muy pocas variaciones intrapoblacionales (e.g., endemismo, tamaño corporal, uso del hábitat, estrategia trófica y perceptibilidad), (b) variables no inherentes, que no son atribuibles a la especie objetivo y que tienen una causa antrópica (e.g., amenaza) y (c) variables mixtas, son algunas variables propias de la especie, cuya expresión está condicionada por acciones antrópicas (e.g., distribución geográfica, valor taxonómico). La valoración de realizó en un panel de especialistas empleando el método de Delphi y siguiendo consideraciones de Hess & King (2002). Para esto se reunieron una serie de factores en una fórmula con expresión numérica para obtener el valor como especie focal (Vef).

Vef = Ve + Va + Vd + Vm + Vt + Vs + Vh + Vi + Vp

Donde:

Ve = Valor de endemismo
Va = Valor de amenaza
Vd = Valor de distribución
Vm = Valor de tamaño corporal
Vt = Valor trófico
Vs = Valor de singularidad taxónomica
Vh = Valor de uso del hábitat
Vi = Valor como indicadora de salud ecosistémica
Vp = Valor de perceptibilidad

Valor de endemismo (Ve). Aquí se empleó la información generada en capítulo anterior.

NIVEL DE ENDEMISMO	VE
Endemismo continental	1
Endemismo regional	2
Endemismo del país	3
Endemismo del área	4
Endemismo local	5

Valor de amenaza (Va). Se emplean los estados de conservación en que están clasificadas las especies y analizadas en capítulo anterior.

ESTADO DE CONSERVACIÓN	VA
Rara	1
Insuficientemente conocido	2
Riesgo menor	3
Vulnerable	4
En peligro	5

Valor de distribución (Vd). Se considera la distribución de la especie objetivo, conjugando la distribución continental y nacional. Se asume que la contigüidad geográfica permite el flujo genético interpoblacional disminuyendo su vulnerabilidad.

DISTRIBUCIÓN	VD
Parte de la región neotropical	1
Todo el país o gran parte del país	2
Aproximadamente la mitad del país	3
Zona norte grande	4
Local	5

Valor de tamaño corporal (Vm). Esta variable asume que a mayor masa existe un mayor requerimiento de superficie, y por lo tanto hay menor densidad de individuos.

TAMAÑO CORPORAL	ANIMALES PESO (KG)	PLANTAS FORMAS DE VIDA	VM
Pequeño	< 0,5	Hierbas	1
Mediano	0,5 a 5	Arbustos	3
Grande	> 5	Árboles	5

Valor trófico (Vt). Esta variable, sólo aplicable a vertebrados, se refiere a la estrategia de alimentación de la especie objetivo. Conjuga el nivel trófico que ocupa y su grado de especialización. Desde el punto de vista de la conservación, las especies situadas en los niveles más altos de la cadena trófica son las más afectadas por las acciones humanas, ello debido a que éste está relacionado con el tamaño del ámbito de hogar (e.g., mayor en carnívoros).

NIVEL TRÓFICO	Vt
Herbívoro	1
Omnívoro	2
Insectívoro	3
Frugívoro	4
Carnívoro	5

Valor de singularidad taxonómica (Vs). El valor taxonómico se considera con el fin de priorizar las especies que pertenecen a taxones monotípicos. Cuanto menor sea el número de especies que incluye un taxón, ya sea a nivel de Género, de Familia o de Orden, se asume que es motivo de mayor interés desde el punto de vista científico.

VALOR TAXONÓMICO	Vs
En Géneros con $\geq$ 4 especies	1
En Géneros con >2 y < 4 especies	2
En Género monotípico	3
En Familia monotípica	4
En Orden monotípico	5

Valor de uso del hábitat (Vh). La utilización del hábitat está condicionada por diversos factores, pero para nuestros objetivos consideraremos la heterogeneidad y la complejidad de los hábitats que la especie objetivo utiliza. Es decir la variedad de hábitats, tanto a nivel horizontal como vertical. Una especie será menos vulnerable mientras sea capaz de utilizar toda o una buena parte de hábitats heterogéneos y/o complejos. Es decir mientras ocupe una mayor variedad de estratos y/o ambientes. Este valor se refiere a las diferentes aptitudes de las especies para vivir en diferentes tipos de hábitats

USO DEL HÁBITAT PLANTAS/VERTEBRADOS	Vh
Ruderal/Hábitat generalista	1
Resistente/Hábitat semi generalista	3
Competidora/Hábitat especialista	5

Valor como especie indicadora de salud (Vi). Existen especies que son muy buenas indicadoras del estado del ecosistema, ya sea indicador de perturbación o pristinidad**.** Por ejemplo los anfibios son excelentes indicadores por su alta labilidad a los cambios en su hábitat.

USO DEL HÁBITAT	Vi
Buena indicadora	5
Indicadora intermedia	3
No es indicadora	1

Valor de perceptibilidad (Vp). La definimos como el conjunto de elementos propios del medio y de las plantas o animales en sí, que permiten al observador advertir, en distintos grados, la presencia de una especie determinada, ya sea a través de su percepción visual o auditiva (para la fauna), pudiendo ésta darse en forma directa (al ser posible el avistamiento de un ejemplar) o en forma indirecta (a través de indicios, huellas o signos). De este modo consideramos para esta variable factores como: período de actividad, colorido, mimetismo, tamaño, perceptibilidad acústica, perceptibilidad de indicios, conductas y grado de tolerancia a la presencia humana (Muñoz-Pedreros et al. información no publicada). La perceptibilidad es importante para los monitoreos y una eventual sindicación como especies banderas.

PERCEPTIBILIDAD	Vp
Capacidad críptica. Perceptibilidad muy baja	1
Mimética. Perceptibilidad baja	2
No mimética. Perceptibilidad media baja	3
Sin capacidad críptica. Perceptibilidad media	4
Perceptibilidad alta	5

El cálculo del valor como especie focal consideró tres factores para seleccionar a las especies: (a) todas las especies endémicas, (b) todas las clasificadas en los niveles más graves de amenaza (En Peligro y Vulnerables) y (c) las que tienen una clara característica como especie indicadora del estado del ecosistema en que se encuentra. Así se ingresaron 26 especies de plantas y un género (*Prosopis*) y 40 especies de vertebrados. En las Tablas 5-26 y 5-27 se presentan las evaluaciones, y en la Tabla 5-28 la selección final de las especies después de que fueron sometidas a discusión en un taller de especialistas, donde se consideraron otros factores como singularidad estética (e.g., *Calceolaria stellariifolia*), valor como germoplasma de uso agrícola (e.g., *Solanum sitiens*), especies de valor agrícola (e.g., género *Prosopis*) o participación destacada en el fenómeno del desierto florido (e.g., *Lupinuys oreophilus*). Respecto al valor de algunas especies como indicadoras ecosistémicas, se consideró, para plantas a Daza (2005) en un estudio en el PN Sajama, en Bolivia, en que considera a *Deyeuxia breviaristata* y *Stipa nardioides* como pasto vigoroso que indicaría un adecuado balance trófico con los herbívoros y a *Oxychloe andina* como indicadora de bofedales antiguos. Al revés, como indicadores de perturbación *Deyeuxia curvula* indica un bofedal en proceso de desecamiento y *Distichlis humilis* como indicadora de un bofedal en proceso de salinizacion.

TABLA 5-26. PLANTAS PRESELECCIONADAS COMO ESPECIES FOCALES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. VE= VALOR DE ENDEMISMO, VA= VALOR DE AMENAZA, VD= VALOR DE DISTRIBUCIÓN, VM= FORMA DE VIDA, VST= VALOR DE SINGULARIDAD TAXONÓMICA, VH= VALOR DE USO DE HÁBITAT, VI= VALOR COMO INDICADORA, VP= VALOR DE PERCEPTIBILIDAD, VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Ve	Va	Vd	Vm	Vst	Vh	Vi	Vp	Vef
Azorella compacta	Llareta	2	4	1	3	1	3	1	5	20
Polyachyrus carduoides	Amargura	4	1	3	1	1	1	1	4	16
Trichocline caulescens	S/N	4	1	4	1	1	3	1	3	18
Werneria glaberrima	Poposa	4	1	4	1	1	1	1	3	16
Haplopappus rigidus	Bailahuén	1	1	4	1	1	3	1	5	16
Neuontobothrys linifolius	S/N	3	1	3	1	2	3	1	3	17
Lobivia formosa	S/N	2	1	3	3	1	5	3	5	23
Neoporteria aricensis	Escondido	4	1	4	3	1	3	1	2	19
Opuntia conoidea	S/N	4	2	4	3	1	3	1	5	23
Tephrocactus atacamensis	Chuchampe	4	1	4	3	1	3	1	5	22
Trichocereus atacamensis	Cardón Gigante	4	4	4	5	1	5	1	5	29
Reicheella andicola	S/N	2	1	4	1	3	3	1	3	18
Adesmia aphylla	Anaguaya	4	1	3	3	1	3	1	5	21
Adesmia atacamensis	Tano - tano	4	1	3	3	1	3	1	4	20
Adesmia kingii	Anaguaya	3	1	3	3	1	1	1	4	17
Nototriche argentea	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Nototriche auricoma	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Nototriche pulvinata	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Prosopis alba	Algarrobo blanco	2	4	1	5	1	1	5	5	24
Prosopis chilensis	Algarrobo	2	4	1	5	1	1	5	5	24
Prosopis spp	Tamarugo	4	4	4	5	1	1	1	5	25
Distichlis humilis	Grama salada	1	1	1	1	1	3	5	3	16
Junellia tridactyla	S/N	4	1	4	1	1	5	1	3	20
Festuca orthophylla	Ichu, Paja brava	1	1	1	1	1	3	5	5	18
Calceolaria stellariifolia	Capachito	4	1	4	1	1	5	3	3	22
Lupinus oreophilus	Salcarai	4	1	4	3	1	1	1	5	20

Folio006431

TABLA 5-27. VERTEBRADOS PRESELECCIONADOS COMO ESPECIES FOCALES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. VE= VALOR DE ENDEMISMO, VA= VALOR DE AMENAZA, VD= VALOR DE DISTRIBUCIÓN, VM= VALOR DE TAMAÑO CORPORAL, VT= VALOR TRÓFICO, VS= VALOR DE SINGULARIDAD TAXONÓMICA, VH= VALOR DE USO DE HÁBITAT, VI= VALOR COMO INDICADORA, VP= VALOR DE PERCEPTIBILIDAD, VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	Ve	Va	Vd	Vm	Vt	Vs	Vh	Vi	Vp	Vef
MAMÍFEROS											
Chaetophractus nationi	quirquincho de la puna	1	5	1	3	2	2	3	3	1	21
Myotis atacamensis	murciélago oreja de ratón	3	4	3	1	3	1	1	1	3	20
Eligmodontia puerulus	ratita de pie sedoso	1	1	4	1	2	2	1	1	2	15
Auliscomys sublimis	pericote de la puna	1	1	4	1	1	2	1	1	2	14
Phyllotis magister	lauchón orejudo grande	3	1	3	1	1	1	1	1	2	14
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla	1	1	4	1	1	2	1	1	3	15
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	1	4	4	1	1	1	3	5	2	22
Ctenomys opimus	tuco tuco de la puna	1	1	4	1	1	1	3	5	2	19
Lagidium viscacia	vizcacha	1	5	3	3	1	2	1	5	5	26
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	1	5	4	3	1	2	1	5	3	25
Leopardus colocolo	gato colocolo	1	5	1	5	5	1	3	5	4	30
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	1	1	1	5	5	1	1	5	5	25
Lycalopex griseus	zorro chilla	1	1	1	5	5	1	1	5	5	25
Lama guanicoe	guanaco	1	5	1	5	1	1	1	3	5	23
Vicugna vicugna	vicuña	1	5	1	5	1	3	1	3	5	25
AVES											
Attagis gayi	perdicita cordillerana	1	2	1	3	1	2	3	3	3	19
Chloephaga melanoptera	piuquén	1	4	3	3	1	1	1	1	5	20
Conirostrum tamarugense	comesebo del Tamarugal	1	4	5	1	3	1	1	1	3	20
Falco peregrinus	halcón peregrino	1	4	1	3	5	1	1	5	5	26
Fulica ardesiaca	tagua andina	1	1	4	3	1	1	5	3	5	24
Fulica gigantea	tagua gigante	1	4	4	3	1	1	5	3	5	27
Larus modestus	gaviota garuma	1	4	3	1	5	1	1	1	5	22
Larus serranus	gaviota andina	1	4	2	1	5	1	1	1	5	21
Phoenicoparrus andinus	parina grande	1	4	4	5	1	2	5	5	5	32
Phoenicoparrus jamesi	parina chica	1	4	4	5	1	2	5	5	5	32
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	1	4	3	5	5	2	5	5	5	35
Pterocnemia pennata	suri	1	5	4	5	1	3	3	5	5	32
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	1	4	4	3	2	2	1	1	3	21
Vultur gryphus	cóndor	1	4	1	5	5	2	1	3	5	27
REPTILES											
Microlophus theresioides	corredor de Tereza	4	2	5	1	3	1	3	1	5	25
Liolaemus barbarae	lagartija de Bárbara	5	1	5	1	3	1	3	1	5	25
Liolaemus constanzae	lagartija de Constanza	1	2	5	1	3	1	3	1	2	19
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	5	2	5	1	3	1	3	1	5	26
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	5	2	5	1	3	1	3	1	5	26
Liolaemus puritamensis	lagartija de Puritama	5	1	5	1	3	1	3	1	5	25
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	5	2	5	1	3	1	3	1	1	22
Phrynosaura reichei	dragón de Reich	5	1	5	1	3	1	3	1	1	21
ANFIBIOS											
Bufo spinulosus	bufo espinoso	1	4	3	1	3	1	5	5	3	26
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko	5	1	5	1	3	1	5	5	3	29
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama	5	1	5	1	3	1	5	5	3	29

TABLA 5-28. SELECCIÓN FINAL DE ESPECIES FOCALES. VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL. NA= NÚMERO DE AMBIENTES EN QUE LA ESPECIE FOCAL ESTÁ PRESENTE. AMBIENTES= LOS NÚMEROS SON CÓDIGOS DE LOS NOMBRES DE LOS AMBIENTES, PRESENTADOS DEBAJO DE ESTA TABLA.

PLANTAS	NOMBRE VULGAR	Vef	NA	Ambientes	Áreas
Azorella compacta	llareta	20	2	2,3	Tatio
Lobivia formosa	sin nombre vulgar	23	1	4	Tatio
Opuntia conoidea	sin nombre vulgar	23	4	2,3,4,5	Tatio, Licancabur
Trichocereus atacamensis	cardón gigante	29	1	5	Licancabur
Adesmia atacamensis	tano - tano	20	1	5	Licancabur
Lupinus oreophilus	salcarai	20	1	5	Licancabur
Prosopis spp	tamarugos	25	4	9,10,11,12	Quillagua, Calama
Calceolaria stellariifolia	capachito	22	1	1	Lejía
Junellia tridactyla	sin nombre vulgar	20	2	1,2	Lejía, Tatio
VERTEBRADOS	NOMBRE VULGAR	Vef	NA	Ambientes	
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	22	2	3,5,7	Lejía, Licancabur
Lagidium viscacia	vizcacha	26	3	1,3	Tatio, Licancabur
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	25	1	1	Lejía
Vicugna vicugna	vicuña	25	4	1,3,4,6	Lejía, Licancabur, Tatio
Larus modestus	gaviota garuma	22	1	12	Quillagua
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	22	2	3,4	Tatio, Licancabur
Falco peregrinus	halcón peregrino	26	2	9,10	Calama
Fulica gigantea	tagua gigante	27	1	6	Tatio
Phoenicoparrus spp	parinas	32	1	7	Lejía
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	35	2	6,7	Lejía
Pterocnemia pennata	suri	32	2	1,4	Lejía, Tatio
Microlophus theresioides	corredor de Tereza	25	4	9,10,11,12	Quillagua, Calama
Liolaemus barbarae	lagartija de Bárbara	25	1	3	Tatio, Licancabur
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	26	1	5	Licancabur
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	26	1	9	Calama
Liolaemus puritamensis	lagartija de Puritama	25	1	1, 3	Lejía, Licancabur
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	22	1	5	Licancabur
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko	29	1	9	Calama
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama	29	1	8	Licancabur

CÓDIGO	AMBIENTES
1	Pajonal de la Estepa Subdesertica de la Puna de Atacama
2	Pajonal/Tolar de la Estepa Altoandina Altiplánica
3	Pajonal/Tolar de la Estepa Altoandina Subdesértica
4	Tolar de la Estepa Arbustiva Prepuneña
5	Ojalar del Desierto de Aluviones
6	Humedales Altoandinos de El Tatio
7	Humedal Altoandino Lacustre de Laguna Lejía
8	Humedales Riparianos de Guatín
9	Matorral Ripariano del Desierto Absoluto de Calama
10	Cultivos del Oasis de Calama
11	Matorral Ripariano del Desierto Absoluto de Quillagua
12	Cultivos del Oasis de Quillagua

Si observamos, ahora, la conservación de la diversidad desde la perspectiva de las cinco áreas de estudio dos de ellas, Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio, son las que presentan los mayores créditos en una eventual priorización por los siguientes motivos: (a) Si focalizamos sobre la vegetación, Licancabur reúne dos de los ambientes con mayor valor de importancia: el ojalar del desierto de aluviones y el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica. Ambos contienen la mayor riqueza de especies de plantas (46 y 45 respectivamente), el mayor número de plantas endémicas (ocho y cinco respectivamente) y el mayor número de especies de plantas focales (cuatro y tres respectivamente). (b) Si focalizamos sobre los vertebrados todos presentan una valoración de importancia similar (entre 17 y 21), asimismo en diversidad de especies destacan los géiseres del Tatio ya que en sus ambientes de humedales altoandinos, existe la mayor riqueza de especies (38) con una especie endémica, 12 amenazadas y tres especies focales (Anexo 4-3, 4-4 y 4-5).

Respecto a los filtros medio, los humedales y las quebradas están presentes en las cinco áreas, sin embargo son más frecuentes en el área Alrededores del Volcán Licancabur. Esta misma área también posee el fenómeno de desierto florido, que ocurre, principalmente, en el ojalar del desierto de aluviones (también en el pajonal/tolar), donde florece extensamente *Lupinus oreophilus* (salcarai).

En relación al Valle de Quillagua y Oasis de Calama consideramos que, pese a los argumentos antes desplegados, cada uno de ellos pueden ser objetos de conservación en sí mismos por las prioridades ecológicas que representan. Por un lado, se deben considerar las comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales, las que podríamos reunir en el concepto más amplio de oasis. Y por otro lado, al sistema hídrico río Loa y su zona ribereña. Ambos son sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía y están inmersos en una matriz hostil como es el desierto absoluto. Finalmente existen especies de alto interés como el anfibio endémico local ya nombrado (*Telmatobius dankoi*) al que se debe agregar *Solanum sitens*, planta de la familia de los tomates, también endémica local, que se distribuye solamente en el borde del desierto absoluto, de la cual no existen más de 500 plantas y que es actualmente usada en el mejoramiento de los tomates de uso agrícola. Es una planta de gran potencial y está considerada como Vulnerable, aunque esta categoría podría revisarse (L. Faundez com. per.).

En conclusión los seis ambientes seleccionados (Tabla 5-29) son de alto valor para la conservación de la biodiversidad y cada una de las cinco áreas de estudio contiene al menos uno de estos ambientes. En el capítulo subsiguiente examinaremos los usos, amenazas y protección legal a que están sometidos los objetos de conservación, lo que permitirá agregar más antecedentes para una propuesta final.

TABLA 5-29. CARACTEIZACIÓN DE LOS SEIS AMBIENTES DE ALTO VALOR DE IMPORTANCIA EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA

AMBIENTE	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales altoandinos del Tatio	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua
Áreas donde está presente	**Licancabur**	**Licancabur Tatio**	**Lejía**	**Tatio**	**Calama**	**Quillagua**
PLANTAS						
Nº especies	42	45	40	25	33	12
Nº especies endémicas	8	5	2	2	0	1
Nº especies amenazadas	1	3	3	0	2	3
Nº especies focales	4	3	2	0	1	1
VERTEBRADOS TERRESTRES						
Nº especies	16	38	26	39	50	21
Nº especies endémicas	2	2	1	0	4	1
Nº especies amenazadas	7	11	5	11	6	3
Nº especies focales	2	0	8	3	4	2
Total especies	58	83	66	64	83	33
Total especies endémicas	10	7	3	2	4	2
Total especies amenazadas	8	14	8	11	8	6
Valor de importancia plantas/vertebrados **FILTRO GRUESO**	21/20	23/18	20/10	18/15	17/18	20/10
Prioridades ecológicas **FILTRO MEDIO**	3	0	0	1	1	1
Total especies focales **FILTRO FINO**	6	3	10	3	5	3

5.4. Objetos de conservación en las cinco áreas

En la Tabla 5-30 se presenta el resumen con los objetos de conservación seleccionados, considerando los filtros grueso, medio y fino.

TABLA 5-30. OBJETOS DE CONSERVACIÓN PARA CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. *= PLANTA, **= VERTEBRADO.

ÁREAS	OBJETOS DE CONSERVACIÓN		
	FILTRO GRUESO (AMBIENTES)	FILTRO MEDIO (PRIORIDADES ECOLÓGICAS)	FILTRO FINO (ESPECIES FOCALES)
Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	*Prosopis spp** *Microlophus theresioides*** *Larus modestus***
Oasis de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	*Prosopis spp** *Microlophus teresioides*** *Falco peregrinus*** *Liolaemus paulinae*** *Telmatobius dankoi***
Laguna Lejía	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales altoandinos lacustres de Laguna Lejía	*Calceolaria stellariifolia** *Junellia tridactila** *Ctenomys fulvus*** *Chinchilla brevicaudata*** *Vicugna vicugna*** *Phoenicoparrus spp*** *Phoenicopterus chilensis** *Pterocnemia pennata***
Alrededores del volcán Licancabur	Ojalar del desierto de aluviones Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales ribereños del Guatín Desierto florido Cañones	*Opuntia conoidea** *Trichocereus atacamensis** *Adesmia atacamensis** *Lupinus oreophilus** *Ctenomys fulvus*** *Lagidium viscacia*** *Vicugna vicugna*** *Tinamotis pentlandii*** *Liolaemus barbarae*** *Liolaemus fabiani*** *Liolaemus puritamensis*** *Phrynosaura audituvelata*** *Telmatobius vilamensis***
Géiseres del Tatio	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica Humedales altoandinos del Tatio	Humedales altoandinos	*Azorella compacta** *Lobivia formosa** *Opuntia conoidea** *Trichocereus atacamensis** *Junellia tridáctila** *Lagidium viscacia*** *Vicugna vicugna*** *Tinamotis pentlandii*** *Fulica gigantea*** *Phoenicopterus chilensis** *Pterocnemia pennata*** *Liolaemus barbarae***

5.5. Consideraciones finales

Para implementar programas de conservación de la biodiversidad es fundamental tener claro y presente los mecanismos que pueden extinguir las especies o disminuir sus tamaños poblacionales. Gilpin & Soulé (1986) han propuesto un modelo, del vórtice de extinciones, que señala que: (a) a medida que las poblaciones y su tamaño poblacional efectivo se hace más pequeño, la población se hace más vulnerable a variaciones ambientales y factores de pérdida de variabilidad genética que tienden a reducir aún más el tamaño de la población; (b) las poblaciones reducidas presentan una mayor depresión por autocruzamiento (expresión de genes nocivos por cruces entre individuos emparentados o genéticamente muy similares), menor variabilidad genética y mayor sensibilidad a los cambios ambientales, disminuyendo aún más el tamaño poblacional, en lo que constituye un verdadero vórtice que lleva, finalmente, a la extinción. Por esto deben considerarse en los objetos de conservación, no sólo aquellas especies que cumplen con los “requisitos” para ser priorizadas, como ya vimos, sino que debe prestarse cuidadosa atención a las especies que están en los anillos más externos del vórtice de extinciones; es decir, aquellas que recién comienzan a ingresar a categorías críticas de amenaza. La extinción a que se refiere el modelo es aplicable tanto a la extinción local (en un área o región específica), como a la extinción global (en el ámbito mundial). Los factores ambientales que desencadenan este vórtice son, entre otros: (a) destrucción del hábitat, (b) fragmentación del hábitat, (c) degradación del ambiente, (d) variaciones del ambiente (naturales o inducidas antrópicamente), (e) sobrecaptura y (f) efecto de las especies invasoras. Algunos de estos factores son los que analizaremos en el siguiente capítulo de usos y amenazas.

Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua. Filtro grueso y Filtro medio.

Prosopis spp. Filtro fino.

Microlophus theresioides. Filtro fino.

CAPÍTULO VI
ESTUDIO DE PAISAJE

CAPÍTULO VI ESTUDIO DE PAISAJE

1. INTRODUCCIÓN

El paisaje es la expresión espacial y visual del medio y puede identificarse como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas. Es un recurso natural escaso, valioso y con demanda creciente, fácilmente depreciable y difícilmente renovable, por lo que merece especial consideración al momento de evaluar impactos ambientales negativos en un proyecto determinado. A su vez el estudio del paisaje debe ser considerado dentro de la planificación física de la planificación, puesto que forma parte de los recursos naturales del medio físico y como tal es de carácter limitado y está expuesto a deterioro. El paisaje visual considera la estética y la capacidad de percepción por un observador. Para evaluar el paisaje existen diferentes métodos y procedimientos, en este caso se va utilizar un método mixto con valoración directa de subjetividad representativa y análisis posterior indirecto con análisis de componentes principales de acuerdo a lo descrito por Muñoz-Pedreros 2004.

2. METODOLOGÍA

2.1. Registro de imágenes

Para realizar la evaluación de la calidad visual del paisaje, se registraron imágenes de forma dirigida desde los caminos existentes al interior de los límites del área de estudio, utilizando una cámara fotográfica digital Cannon EOS-Rebel. Los caminos corresponden a la principal ruta de accesibilidad, concentración y flujo de observadores en el área. Para no afectar la posterior percepción del paisaje, se controlaron las condiciones en que se realizó la observación (e.g., posición, movimiento, distancia del observador en relación al paisaje) y las condiciones de visibilidad (e.g., cielo despejado que permitiera una iluminación óptima) (véase detalles en Escribano et al. 1991 y Muñoz-Pedreros 2004).

2.2. Definición y asignación de unidades homogéneas de paisaje

Para facilitar la evaluación del paisaje y disponer de una buena base para ordenar el territorio, se dividió en unidades homogéneas según su contenido paisajístico. Las unidades de paisaje (UP), entendidas como una agregación ordenada y coherente de las partes elementales, fueron definidas como unidades irregulares, según los criterios establecidos por MOPT (1992). Para esto se analizaron las imágenes registradas en función de los descriptores que presentaran (e.g., tipo de vegetación predominante en primer plano, vegetación en segundo orden de importancia, relieve y construcciones). La asignación de las UP al territorio se realizó a partir del desarrollo de una cartografía descriptiva.

2.3. Análisis de la calidad visual del paisaje

Para determinar la calidad visual del paisaje, se utilizó el método mixto con valoración directa de subjetividad representativa y análisis posterior indirecto, con análisis de componentes,

desarrollado por Muñoz-Pedreros et al. (1993), y generado a partir de una modificación al método de subjetividad controlada elaborado por Fines (1968).

TABLA 8.-1. LISTA DE ADJETIVOS JERARQUIZADOS (SENSU MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993) Y SU CORRELACIÓN CON LA ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (SENSU FINES 1968), VP= VALOR DEL PAISAJE.

ESCALA DE CALIFICATIVOS (MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993)		ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (FINES 1968)		ESCALA DE CALIFICATIVOS (MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993)		ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (FINES 1968)	
VP	Adjetivo	VP	Categoría	VP	Adjetivo	VP	Categoría
1 2 3 4 5	Insoportable Horrible Desagradable Pésimo Feo	0 0,25 0,5 0,75 1	FEO	16 17 18 19 20	Interesante Grato Agradable Conservado Singular	4,1 5 6 7 8	DISTINGUIDO
6 7 8 9 10	Triste Pobre Frío Monótono Sin interés	1,10 1,25 1,50 1,75 2	SIN INTERÉS	21 22 23 24 25	Variado Estimulante Bonito Hermoso Precioso	8,1 10 12 14 16	FANTÁSTICO
11 12 13 14 15	Común Sencillo Pasable Regular Aceptable	2,1 2,50 3,00 3,50 4	AGRADABLE	26 27 28 29 30	Estupendo Soberbio Maravilloso Fantástico Espectacular	16,1 20 24 28 32	ESPECTACULAR

En el análisis directo, los paisajes registrados fueron expuestos con una cadencia de 20 segundos, a un panel de evaluadores con las características propuestas por Muñoz-Pedreros et al. (2000), es decir; quince integrantes subdivididos en: cinco exigentes en paisaje (profesionales relacionados con el sector turismo y gestión de recursos naturales), cinco transformadores del paisaje (profesionales, ingenieros y otos profesionales relacionados con el sector silvoagropecuario) y cinco personas con experiencia en evaluación de paisajes (postgraduados en ciencias ambientales y manejo de recursos naturales), que actuaron como grupo control. Se utilizó como instrumento de evaluación una encuesta desarrollada Muñoz-Pedreros et al. (1993) (véase anexo 5), la cual consta de dos partes: una que caracteriza al evaluador a través de un cuestionario estructurado, y otra que es una lista de adjetivos que califica los paisajes a observar y que permite obtener una valoración nominal. Estos adjetivos están agrupados según la escala universal de valores de Fines, lo cual permite asignarle valoración numérica o cuantitativa a la valoración nominal antes mencionada (Tabla 8-1 y 8-2).

TABLA 8-2. ASOCIACIÓN DE LOS VALORES DE CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE (VP) CON VALOR NOMINAL Y VALOR NUMÉRICO (MUÑOZ-PEDREROS 2004).

RANGO DE VP	VALOR NOMINAL	VALOR NUMÉRICO
1– 5	Muy bajo	1
6 – 10	Bajo	2
11 - 15	Medio bajo	3
16 - 20	Medio alto	4
21 - 25	Alto	5
26 - 30	Muy alto	6

2.4. Análisis de la fragilidad visual del paisaje

Con el fin de conocer la vulnerabilidad del paisaje, entendida como su capacidad de respuesta frente al uso (Bolós 1992), se realizó un análisis básico y sólo descriptivo de la fragilidad visual.

Este método entrega la fragilidad visual intrínseca, al considerar factores biofísicos que ponderan la fragilidad visual del punto, y el carácter histórico-cultural que pondera los valores singulares del paisaje según escasez, valor tradicional e interés histórico.

2.5. Capacidad de uso según características de calidad y fragilidad del paisaje.

Finalmente con los valores de fragilidad y calidad del paisaje se proponen categorías de uso del paisaje en el área de estudio basados en la propuesta de Muñoz-Pedreros (2004) (Tabla 8-3)

.

TABLA 8-3 CAPACIDAD DE USO SEGÚN CARACTERISTICAS DE CALIDAD Y FRAGILIDAD DEL PAISAJE (SENSU MUÑOZ-PEDREROS 2004).

Clase	Características		Usos recomendados
	Calidad	Fragilidad	
1	Alta	Alta	Conservación
2	Alta	Media	Turismo /recreación de bajo impacto
3	Alta/media	Baja	Turismo recreación
4	Media	alta/media	Según estudios mas profundos puede incorporarse a 2 ó 1
5	Baja	alta/ media	Según estudios mas profundos puede incorporarse a 6
6	Baja	Baja	Localización de actividades de alto impacto visual

3. RESULTADOS

3.1 Definición de unidades homogéneas de paisaje

Basado en la caracterización del área, las UP fueron definidas como unidades irregulares homogéneas en su contenido. El componente central en su definición fue la geomorfología, que se presentó como de mayor relevancia seguida de los componentes vegetacionales y las intervenciones antrópicas y los cuerpos de agua.

Geomorfológicamente el predio se inserta en una plataforma en que domina un relieve configurado por cordones cerrados y similares en toda la superficie, sin dejar cabida a otras formaciones de importancia visual y que marquen diferencias entre las unidades. Las construcciones existentes son escasas y localizadas aisladamente en puntos específicos. Los cuerpos de agua están representados por esteros y ríos menores con cauces estrechos y poco visibles entre los cerros.

El valle está emplazado en la depresión intermedia a una altura de 807 msm, entre el macizo de la precordillera de Calama, y los valles depositacionales formados por el río Loa, por lo que el paisaje posee diversas formaciones derivadas de la conformación espacial de sus elementos

3.2 Unidades homogéneas de paisaje

La caracterización de los paisajes en terreno y el análisis visual de los descriptores, en 69 imágenes registradas, permitió definir 18 unidades de paisaje (véase Tabla 8-4). Al agrupar las UP de acuerdo a su componente principal, se identificaron ocho macrounidades de paisaje, “Cerros/lomas” (cuatro UP), “Construcción” (una UP), “Hondonada” (una UP), “Matorral/plantación” (dos UP), “Planicies” (dos UP), “Praderas” (tres UP), “Quebrada/valle” (tres UP) y “Río Loa” (dos UP). Siendo según esto la macrounidad “Cerros/lomas” la más representada. Mientras que el paisaje con mayor frecuencia correspondió a “Lomaje desierto absoluto” con diez representaciones.

Las unidades de paisaje descritas para el área de estudio, se distribuyen espacialmente con expresión cartográfica en la carta de unidades de paisaje (UP). Para la construcción del mapa de unidades de paisaje, se utilizó un buffer de 1.000 m desde la ruta de acceso desde Quillagua hasta los Tranques Sloman y Santa Fe, considerando para ello las unidades de paisaje relevantes en el área, las cuales fueron descritas por la profundidad efectiva del campo visual de cada fotografía captada en terreno (ver Fig. 8-1).

TABLA 8-4. UNIDADES DE PAISAJE (UP) PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

COD	UP
CGD	Cerro geoglifos desierto
CDA	Cerros desierto absoluto
LDA	Lomaje desierto absoluto
LDAP	Lomaje desierto absoluto más *Prosopis* sp.
CTS	Construcciones tranque Sloman
HMD	Hondonada meteorito desierto
MR	Matorral ripario
PP	Plantación *Prosopis* sp.
PDA	Planicie desierto absoluto
PDAF	Planicie desierto absoluto más ferrocarril
PCA	Pradera cultivo alfalfa
PCAP	Pradera cultivo alfalfa más *Prosopis* sp.
PGSP	Pradera grama salada con *Prosopis* sp.
QLV	Quebrada Loa con vegetación
QLD	Quebrada río Loa desierto
VLD	Valle río Loa desierto
LVR	Río Loa vegetación riparia
LVRM	Río Loa vegetación riparia/maquina

Se observa en la cartografía que las unidades de paisaje mejor representadas en el territorio, corresponden a las planicies de desierto absoluto, seguido de la unidad quebrada río Loa desierto, que comprende la quebrada como tal y la cuenca visual que la incluye, así como la unidad lomaje desierto absoluto también presenta un alto valor territorial por la superficie que ocupa en el área de estudio.

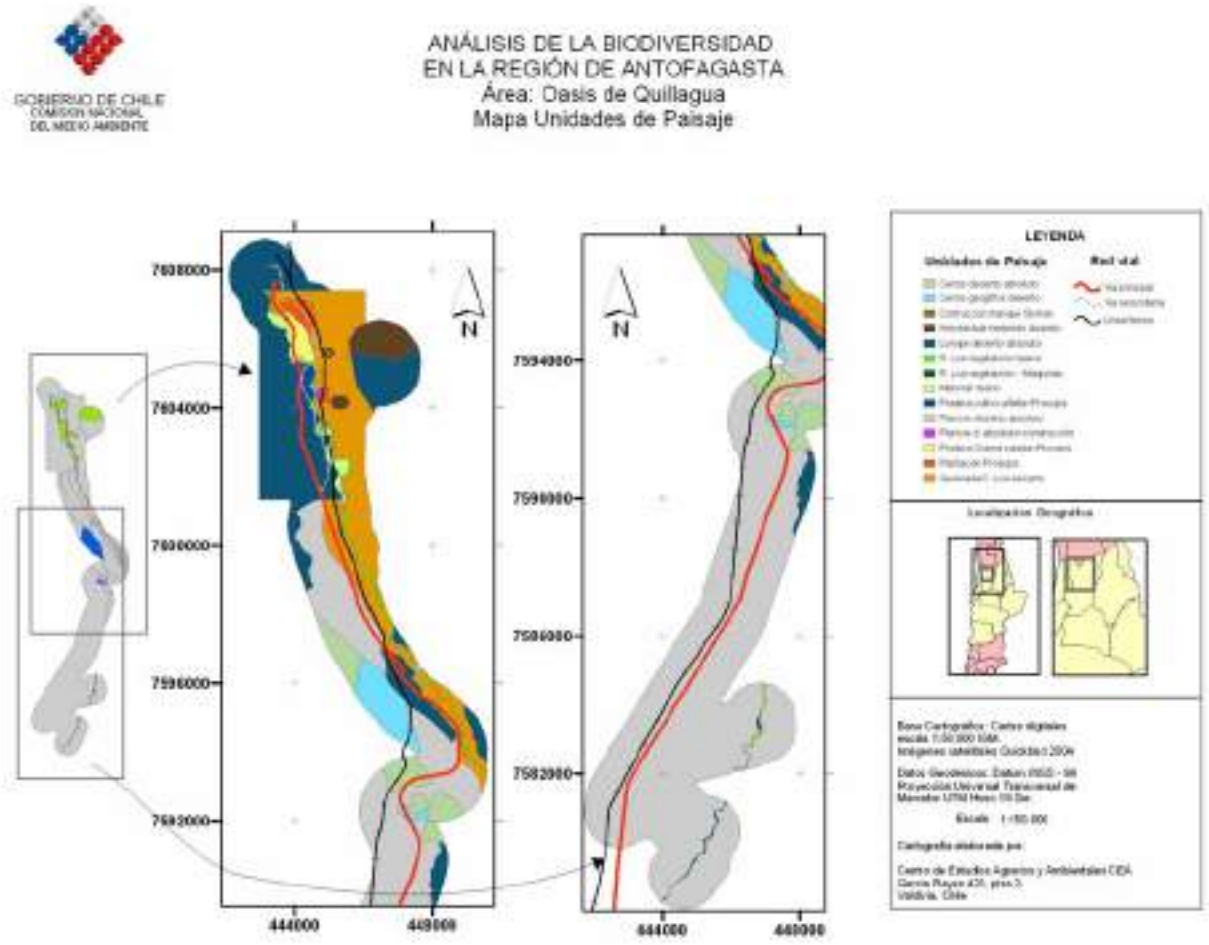


FIGURA 8-1. MAPA DE UNIDADES DE PAISAJE EN EL ÁREA DEL VALLE DE QUILLAGUA.

3.3 Calidad visual del paisaje

Valoración del paisaje

La valoración de la calidad visual se realizó sobre un total de 69 imágenes, conformando una muestra de 18 UP, (véase en anexos). El rango en que se distribuyen los valores de las UP, según la escala de Muñoz-Pedreros et al. (1993a), va de VP=12 (DE=4.2) en el nivel inferior de la baja calidad a VP= 21 (DE=4,9), valoración máxima obtenida por la unidad “Cerro geoglifos desierto” (ver Tabla 5). De acuerdo a esto, una UP posee VP de calidad alta y el resto VP de calidad media.

La desviación de las valoraciones entre las UP caracteriza al área como un territorio con una alta heterogeneidad en su calidad paisajística.

Los valores de calidad visual obtenidos a partir de la valoración de las unidades de paisaje, y clasificados de acuerdo a la metodología propuesta fueron expresados cartográficamente en el territorio del área de estudio (Fig. 8-2).

TABLA 8-5. VALORES DE CALIDAD VISUAL (VP), DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DE) Y ADJETIVO CALIFICATIVO ASOCIADO A LAS UNIDADES DE PAISAJE REGISTRADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO, SEGÚN EL MÉTODO DE MUÑOZ-PEDREROS ET AL. (1993), Y EQUIVALENCIA CON LOS VALORES DEL MÉTODO DE FINES (1968).

	Unidad de paisaje		Sensu Muñoz-Pedreros et al. 1993			Sensu Fines 1968		
Macrounidad	**COD**	**UP**	**VP**	**DE**	**adjetivo**	**VP EF**	**CATEGORIA**	**CALIDAD**
Cerros/lomas	CGD	Cerro geoglifos desierto	21	4,9	variado	8,10	fantástico	ALTA
	CDA	Cerros desierto absoluto	12	3,7	sencillo	2,50	agradable	MEDIO BAJO
	LDA	Lomaje desierto absoluto	12	3,9	sencillo	2,50	agradable	MEDIA BAJO
	LDAP	Lomaje desierto absoluto más *Prosopis*	14	5,6	regular	3,50	agradable	MEDIA BAJO
Construcción	CTS	Construcciones tranque Sloman	15	4,2	aceptable	4,00	agradable	MEDIO BAJO
Hondonada	HMD	Hondonada meteorito desierto	17	4,0	grato	5,00	distinguido	MEDIO ALTO
Matorral plantación	MR	Matorral ripario	16	3,9	interesante	4,10	distinguido	MEDIO ALTO
	PP	Plantación *Prosopis*	16	4,0	interesante	4,10	distinguido	MEDIO ALTO
Planicies	PDA	Planicie desierto absoluto	12	4,2	sencillo	2,50	agradable	MEDIO BAJO
	PDAF	Planicie desierto absoluto más construcción	15	4,8	aceptable	4,00	agradable	MEDIO BAJO
Pradera	PCA	Pradera cultivo alfalfa	17	3,3	grato	5,00	distinguido	MEDIO ALTO
	PCAP	Pradera cultivo alfalfa más *Prosopis*	16	2,9	interesante	4,10	distinguido	MEDIO ALTO
	PGSP	Pradera grama salada con *Prosopis*	15	3,6	aceptable	4,00	agradable	MEDIO BAJO
Quebrada /valle	QLV	Quebrada Loa con vegetación	19	4,0	conservado	7,00	distinguido	MEDIO ALTO
	QLD	Quebrada Loa desierto	15	5,3	aceptable	4,00	agradable	MEDIO BAJO
	VLD	Valle Loa desierto	17	4,4	grato	5,00	distinguido	MEDIO ALTO
Río Loa	LVR	Río Loa vegetación riparia	17	3,1	grato	5,00	distinguido	MEDIO ALTO
	LVRM	Río Loa vegetación riparia/maquina	17	3,7	grato	5,00	distinguido	MEDIO ALTO

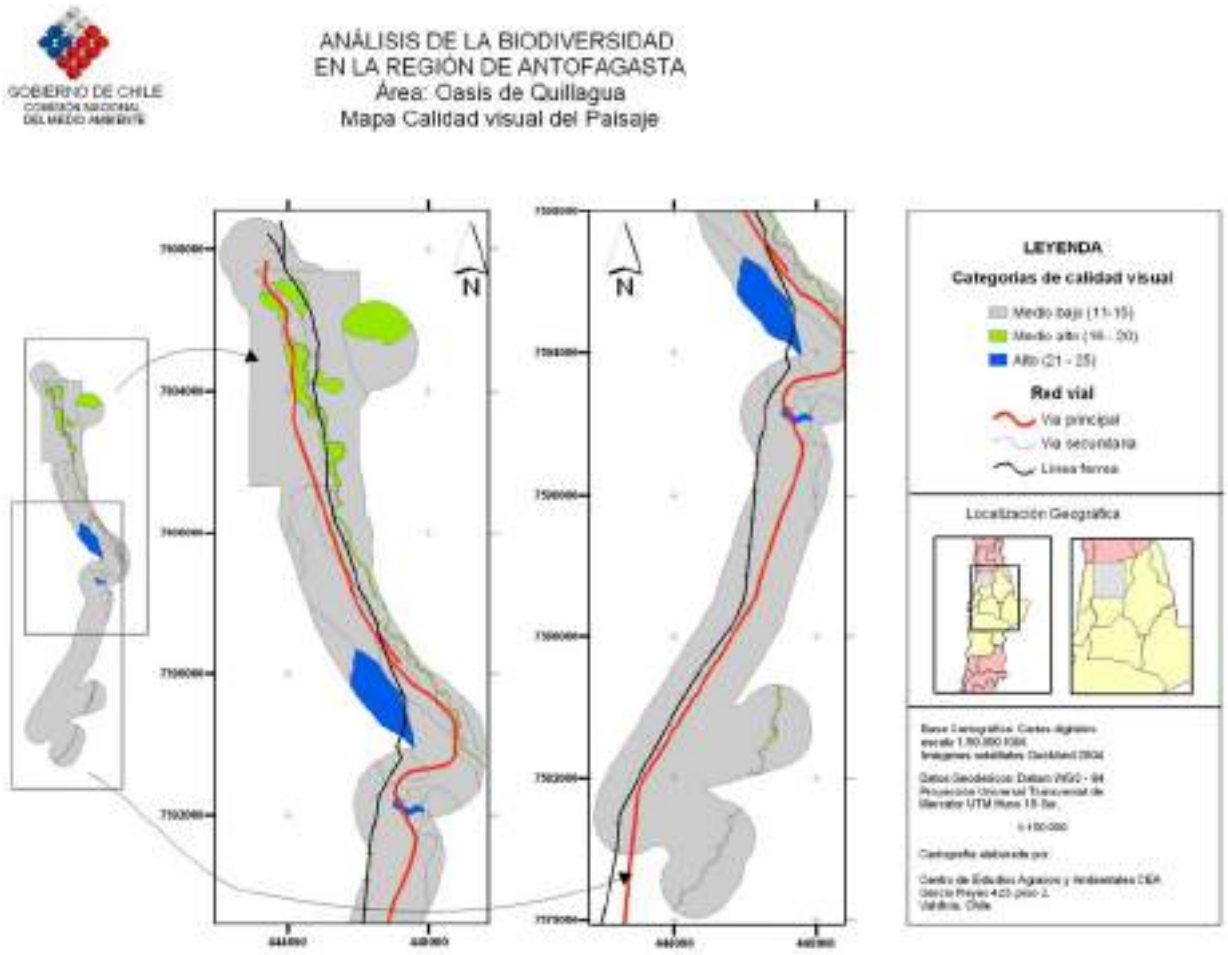


FIGURA 8-2. MAPA DE LA CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE EN EL ÁREA DEL VALLE DE QUILLAGUA.

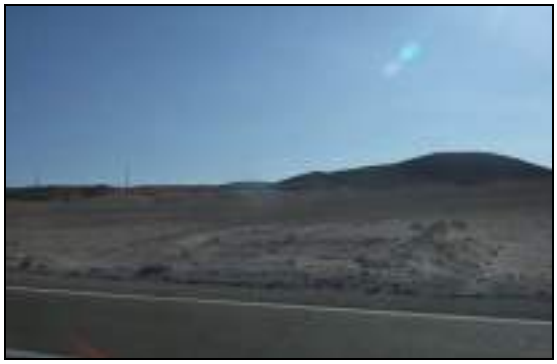
En el mapa de calidad visual del paisaje, puede observarse que la mayor parte del territorio, presenta una calidad medio bajo, mientras que las calidades medio alto y alto se asocian a las unidades de paisaje, quebrada Loa con vegetación, hondonada meteorito desierto, valle río Loa con vegetación, pradera cultivo alfalfa y a cerros geoglifos desierto, respectivamente.

Al agrupar las UP y sus valores de acuerdo a las macrounidades de paisaje que representan, el rango en que se distribuyen los valores fluctúa entre VP=14 y VP=17, lo que no varía demasiado en cuanto al comportamiento de las unidades de paisaje. Las mejor evaluadas fueron “Río Loa”, “Quebrada/valle” y “Hondonada” con VP=17 correspondiente a grato, las macrounidades “matorral /pradera” y “plantación” comparten el adjetivo interesante con VP=16, a su vez “cerros/lomajes” y construcción comparten VP=15, considerado “aceptable” la unidad de valoración mas baja correspondió a “planicies” con VP=14 descrito como “regular”. En la Fig. 8-3 se muestran algunas de las fotografías evaluadas.

Quebrada Loa con vegetación riparia VP=20

Cerro geoglifos desierto VP=21

Cerros desierto absoluto VP=11



Lomaje desierto absoluto VP=10

FIGURA 8-3. UNIDADES DE PAISAJE CON MAYOR Y MENOR VALOR DE CALIDAD VISUAL (VP)

Análisis indirecto

El estudio de las características visuales básicas (véase en anexos) indicó que estos paisajes poseen forma tridimensional, con líneas que marcan bordes claramente definidos, posicionados en pie laderas y llanuras, en su gran mayoría panorámicos o focalizados o en espesura cercana, con diversidad de texturas, dispersos con elementos que se distribuyen al azar o densos con elementos dispuestos en grupos, y con alto grado de contraste, claros y brillantes

3.4 Fragilidad visual del paisaje

Del análisis de los factores biofísicos en las fotografías evaluadas se desprende que el área de estudio tiene de la capacidad media de absorber ciertas alteraciones en el paisaje, sin embargo al adicionar el factor histórico cultural, os paisajes se transforman en áreas de alta fragilidad, destacan en este sentido las “hondonadas de meteorito”, las construcciones “Tranque Sloman” y el “cerro con geoglifos”, en donde la vegetación no aporta para el análisis.

En los paisajes que sí toma importancia la vegetación, cabe destacar que en la mayoría del área, salvo las plantaciones de especies arbóreas no superan el 30% de cobertura, con especies leñosas. Sin embargo las especies herbáceas poseen gran cohesión y con esto dan

mayor capacidad de absorción visual. Desde el punto de vista de la accesibilidad, en su mayoría los paisajes están asociados a vías de acceso y movilización.

3.5 Capacidad de uso del paisaje

Se esboza en base a los resultados integrados que el área cuenta con un potencial para desarrollar actividades turísticas, a su vez aquellos paisajes que se encuentran en la categoría 6 poseen una alta capacidad de absorción visual. Sin embargo al tratarse el área de estudio de un macro paisaje continuo y de mucha profundidad, debe estimarse con mayor exactitud este resultado.

De acuerdo a la ponderación de los resultados, se observa que la unidad de paisaje que presenta capacidad de uso para actividades de alto impacto visual corresponde a lomaje desierto absoluto y planicie desierto absoluto, siendo de todos modos relevante el emplazamiento de dichas actividades, ya que estas unidades presentan escasa absorción visual, dado por su carácter panorámico y por la falta de cobertura vegetal.

Por otro lado las unidades que se muestran aptas para el desarrollo de actividades turísticas son todas aquellas que presentan cobertura vegetal, y que le adicionan calidad visual al paisaje, mientras que las unidades cerro geoglifos desierto, construcciones tranque Sloman y hondonada meteorito desierto corresponden a las unidades que obtuvieron mayor calidad visual y su uso está destinado a la conservación, esto sumado al valor histórico-cultural que poseen estas unidades.

TABLA 8-6. PONDERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO DEL PAISAJE DE ACUERDO A MUÑOZ-PEDREROS (2004). VP= VALOR DE CALIDAD, P= PONDERACION DE LA ESCALA DE USO, VF= VALOR DE FRAGILIDAD, CU= CATEGORIA DE USO.

Unidad de paisaje	VP	P	VF	P	CU
cerro geoglifos desierto	21	alto	3	Alto	1
cerros desierto absoluto	12	medio	2	Medio	5
lomaje desierto absoluto	12	medio	1	Bajo	6
lomaje desierto absoluto más *Prosopis* sp.	14	medio	2	Medio	2
construcciones tranque Sloman	15	medio	3	Alto	1
hondonada meteorito desierto	17	medio	3	Alto	1
matorral ripario	16	medio	2	Medio	2
plantación *Prosopis* sp.	16	medio	2	Medio	2
planicie desierto absoluto	12	medio	1	Bajo	6
planicie desierto absoluto más construcción	15	medio	2	Medio	5
pradera cultivo alfalfa	17	medio	2	Medio	4
pradera cultivo alfalfa más *Prosopis* sp.	16	medio	1	Bajo	3
pradera grama salada con *Prosopis* sp.	15	medio	2	Medio	2
quebrada Loa con vegetacion	19	medio	2	Medio	2
quebrada Loa desierto	15	medio	2	Medio	3
valle Loa desierto	17	medio	2	Medio	2
río Loa vegetación riparia	17	medio	2	Medio	2
río Loa vegetación riparia/maquina	17	medio	2	Medio	2
Calidad /fragilidad promedio	16	M	2	M	

4. CONCLUSIONES

·El rango en que se distribuyen los valores de las Unidades paisajísticas (UP) va de Valor de Paisaje (VP)=12 (DE=4.2) a VP= 21 (DE=4,9). Sólo uno de los paisajes “Cerro geoglifos desierto” supera la valoración (VP=21) catalogándose como paisaje de alta calidad. La desviación de las valoraciones entre las UP caracteriza al área como un territorio con una alta heterogeneidad en su calidad paisajística.

·La calidad visual del Valle de Quillagua se explica por la existencia de zonas de alto contraste con el desierto, además las zonas desérticas aportan gran amplitud visual.

·El paisaje del Valle de Quillagua posee componentes de interés, principalmente histórico-culturales, asociados a su historia y sistema cultural capaces de atraer los visitantes de intereses especiales. Los componentes naturales a su vez proporcionan paisajes poco comunes y de buena calidad.

·En cuanto a su fragilidad y capacidad de uso el oasis presenta restricciones para la realización de actividades de alto impacto visual por lo que se recomienda estudiar en profundidad la idea de conservar sitios de alta fragilidad histórico cultural y natural.

CAPÍTULO VII
USOS Y PROTECCIÓN

CAPÍTULO VII USOS Y PROTECCIÓN

Este capítulo aborda dos componentes, el primero está referido a los usos detectados en las áreas de estudio y las amenazas que conllevan estos usos a su conservación y el segundo a los instrumentos legales y jurídicos actualmente vigentes que podrían asociarse al resguardo de su integridad, otorgándole distintos grados de protección.

USOS Y AMENAZAS EN VALLE DE QUILLAGUA

1. INTRODUCCIÓN

La productividad y fertilidad del Valle de Quillagua ha sido una condición histórica de gran relevancia, considerando su localización en desierto interior, que se caracteriza por ser la de menor vida vegetal en el desierto de Atacama (Gajardo 1994), desde los períodos prehispánicos y hasta nuestra historia reciente, cuando se iniciaron las faenas de extracción de salitre a partir de la segunda mitad del siglo XIX. A comienzos del siglo 20, en pleno auge de esta explotación, Quillagua abastecía de forraje a los animales de las oficinas salitreras de la región de Antofagasta, donde se realizaban hasta siete cortes de alfalfa al año.

Los acontecimientos posteriores que se iniciaron con el decaimiento de la actividad salitrera, el entubamiento y disminución en el aporte de las aguas dulces y la progresiva contaminación que afecta al río Loa a raíz de las actividades antrópicas, han conducido a una degradación ambiental que se manifiesta en los altos contenidos de metales y sales en sus aguas y suelo (De Gregori et al. 2003, De la Torre s/f) mermando dramáticamente su productividad actual. La extracción de agua por las mineras ha provocado, una baja del caudal y una mayor concentración de metales pesados y sales que trae el río Loa, en parte debido el aporte natural que hace el río Salado por su origen volcánico, como a la evaporación propia de las aguas al cruzar el desierto (De Gregori et al. 2003 op cit.).

En el Valle de Quillagua se reconocen dos niveles de terrazas: medio y superior. El nivel medio presenta suelos de topografía plana con pendientes de 1 a 2% y bajo contenido de materia orgánica. Los suelos de las terrazas superiores son de fertilidad moderada a baja y necesitan diversas prácticas de habilitación, lavado y conservación. Ambas unidades, asociadas a las riberas del río Loa constituyen nuestra área objetivo por tener la facultad de presentar cubierta vegetacional.

La reversibilidad que este proceso de deterioro pueda tener en el futuro dependerá de las medidas que se implementen para revertir sus causas y efectos y la voluntad de los distintos actores locales, regionales y nacionales para apoyarlas. Con el propósito de caracterizar las causas del deterioro ambiental y la forma en que se manifiestan sus efectos en la conservación del sitio prioritario, se planteó este trabajo que aborda y analiza el uso actual que se hace del área, haciendo hincapié en las presiones a las cuales está sometida y las amenazas más relevantes que se han identificado que atentan contra su conservación.

Para ello se realizó una recopilación de antecedentes secundarios, observaciones en terreno y la aplicación de dos encuestas de opinión, una cerrada simple dirigida a pobladores locales y otra abierta, dirigida a informantes clave que recogen, cualitativamente, y desde distintos ámbitos, una situación aproximada actual del sitio de interés en relación a sus usos y las presiones a las que está sometido. Cabe destacar que los antecedentes obtenidos de la aplicación de instrumentos tuvo un ámbito de aplicación restringido, no constituyendo un

análisis exhaustivo de la situación sino más bien un ejercicio orientador, que complemente la información de línea de base ambiental, a partir de los cuales se puedan plantear los escenarios, actuales y potenciales en función de las presiones identificadas que estén afectando al sitio prioritario de conservación.

En base a todos estos antecedentes se propone posteriormente una zonificación de usos y orientaciones de manejo que pueda contribuir a la rehabilitación ambiental y conservación del área.

2. AMENAZAS SOBRE EL VALLE DE QUILLAGUA

2.1. Marco teórico y conceptual

Perturbaciones o disturbios

Desde el punto de vista ecológico una perturbación puede ser definida como un evento que provoca el despeje de una porción de sustrato que puede ser colonizado por ciertos organismos (Dayton 1971). Por otro lado Forman & Godron (1986) definen la perturbación (también llamada disturbio) como un evento que causa un cambio significativo del patrón normal de un ecosistema. Finalmente van Andel & van den Bergh (1987) explican la perturbación como un cambio de condiciones que interfiere con el funcionamiento normal de un ecosistema. La alteración del ecosistema dependerá de la extensión, intensidad y frecuencia de esas perturbaciones. De acuerdo al tamaño, pueden clasificarse en: (a) grandes disturbios cuando exceden las 10 hectáreas, (b) medianos de una a 10 hectáreas y (c) pequeños cuando son menores de una hectárea. Según la intensidad o daño que ocasionan se pueden clasificar en: severos, medianos y leves.

Se distinguen dos tipos de perturbaciones (sensu Sousa 1984): las naturales y las antrópicas (generadas por el ser humano). La primera incluye el vulcanismo, los deslizamientos, los movimientos tectónicos, etc., y las segunda la agricultura, la silvicultura, la ganadería, la actividad minera, la expansión urbana, etc.

Por otro lado los ecosistemas pueden estar sometidos a *factores tensionantes*, que son estímulos externos que pueden dañar los sistemas naturales. Cuando esto ocurre hablamos de un *ecosistema tensionado* (sensu Brown & Lugo 1994), ya que ese sistema no puede funcionar normalmente por estar sometidos a estímulos externos (factores tensionantes).

2.2. Un ecosistema perturbado

Un ecosistema tensionado producto de las perturbaciones a que está sometido puede alterarse de diferentes maneras. Por ejemplo (a) disminuyendo su diversidad biológica, (b) perdiendo y/o alterando su suelo (e. g., perdida de nutrientes, contaminación), (c) cambiando su microclima (e. g., humedad, precipitación), (d) disminuyendo el reclutamiento de organismos con disminución del tamaño de las poblaciones, (e) alteración de los cuerpos de agua.

Un ecosistema perturbado ha perdido total o parcialmente sus funciones (productividad, interacciones, polinización, regulación hídrica) y, su estructura (organización espacial de las especies, número de especies, estado de las poblaciones). Barrera-Cataño & Valdés-López

(2007) describen varios ejemplos: (a) áreas perturbadas por la extracción de materiales a cielo abierto, afectándose todos los componentes del ecosistema (e.g., suelo, vegetación y fauna) y las condiciones microclimáticas; (b) áreas perturbadas por tala selectiva afectándose parcialmente los componentes de la biota, suelo, y condiciones microclimáticas; (c) áreas perturbadas por uso y expansión agropecuaria, alterando todos los compartimentos del ecosistema, y las condiciones microclimáticas; (d) áreas perturbadas por expansión y uso urbano, afectando drásticamente todos los componentes ecosistémicos y las condiciones microclimáticas; (e) áreas perturbadas por especies exóticas, alterando todos los compartimentos. En especial la diversidad de especies nativas; (f) áreas perturbadas por procesos erosivos hídrico y/o eólicos, afectando todos los compartimentos, pero principalmente el suelo; (g) áreas perturbadas por descargas de sedimento, afectando, principalmente, el suelo y el agua; (h) áreas perturbadas por descarga de contaminantes, afectando todos los componentes del ecosistema, pero fundamentalmente el agua y el suelo.

2.3. Perturbaciones asimiladas como impactos ambientales

Se entiende por impacto ambiental a la alteración del medio ambiente. Provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. Dicho de otro modo un impacto ambiental es la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo.

Así, si tomamos estos conceptos *sensu lato* podemos asimilar el concepto de perturbación antrópica, con su marco teórico ecológico, al de impacto ambiental. De este modo podemos evaluar, ponderar y clasificar esas perturbaciones, más allá que los ecólogos también lo hacen (véase Sousa 1984), pero al vincular ambos conceptos orientamos el análisis de las perturbaciones/impactos a un problema claramente enfocado al tema de la biodiversidad, que necesita un refuerzo teórico ecológico.

Aclarado esto podemos asumir que las actividades humanas, que se realizan en el área de estudio, y que se relacionan con el uso y aprovechamiento de sus recursos naturales, ya sea que éstas se ubiquen dentro de los límites del área de interés o en su zona de influencia, suelen generar impactos que exceden los rangos naturales de variación y con ello pueden afectan la integridad ecológica del sitio. Así, el área de interés puede afectarse por impactos directos o indirectos y en ambos casos el resultado es exceder la capacidad de uso sustentable o sostenible, conduciéndolos a su eventual colapso. Cuando un área de conservación deja de ser funcional requerirá manejo o restauración ecológica (Granizo et al. 2006).

2.4. Sitio funcional y objetos de conservación

Un área de conservación es funcional cuando reúne los atributos más adecuados para conservar la diversidad biológica a largo plazo o, como lo manifiestan Poiani & Richter (2000) es un área que “mantiene a las especies, comunidades y/o sistemas de interés focal y a los procesos ecológicos que sustentan, dentro de sus rangos naturales de variación”. En otras palabras un sitio será funcional en la medida de cuan tensionado esté el ecosistema.

Por otro lado los objetos de conservación pueden ser especies, comunidades naturales y sistemas ecológicos o ecosistemas, en los que se incluyen los procesos naturales que los mantienen. Los sistemas ecológicos pueden clasificarse de acuerdo a su fisonomía: zonas de vida (Holdridge 1967), estructura de la vegetación, composición florística o ambos (Grossman et al. 1999). En el caso de las comunidades naturales, éstas, de acuerdo a Whittaker (1975) se definen como un ensamble de poblaciones de plantas, animales, bacterias y hongos que viven en un entorno e interactúan unos con otro formando un sistema viviente distinto.

3. AMENZAS AL OBJETO DE CONSERVACIÓN

Las perturbaciones/impactos son una presión que genera daño funcional o degradación de los atributos clave en un objeto de conservación, lo cual disminuye su viabilidad. El conjunto formado por las perturbación/impactos (presiones) y sus factores tensionantes (fuentes de presión), es decir, lo que las ocasiona, es lo que se denomina *amenaza* (contrástese con Granizo et al. 2006). Así una perturbación/impacto puede convertirse, según su régimen y valoración, en una amenaza. Para los objetos de conservación se identificaron las perturbaciones y luego se las calificó (como se describirá más adelante). La pérdida del hábitat provocada por las actividades humanas es la causa principal de la disminución de la biodiversidad. Esta pérdida puede ser total (destrucción de hábitat) o parcial, en este último caso se habla de degradación del hábitat (pérdida de algunas especies, de interacciones ecológicas y procesos ecosistémicos). Entre ambos extremos existe una gama de posibilidades que va desde la pérdida de algunas especies, estructuras y funciones hasta la transformación completa del hábitat (Primack et al. 2001). La viabilidad o integridad ecológica de un objeto de conservación está basado en la idea de que existe un número de atributos ecológicos clave dentro de estos criterios de tamaño, condición y contexto paisajístico.

4. METODOLOGÍA

El enfoque utilizado en la elaboración de este informe implicó el análisis de fuentes secundarias tales como mapas, informes de consultorías, documentos proporcionados por servicios públicos y publicaciones científicas, entre otras existentes en relación al territorio.

En terreno se identificaron las distintas unidades territoriales en las que pudieran identificarse diferentes destinos de uso en al Valle de Quillagua las que básicamente estuvieron constituidas por praderas naturales y matorrales, pradera agrícolas y degradadas y plantaciones de vegetación arbórea nativa, además de la presencia de árboles aislados. Asociado al trabajo de levantamiento de información de la línea de base de biodiversidad se realizaron prospecciones visuales, interactuando con algunos vecinos a fin de complementar estas prospecciones mediante la aplicación de un instrumento. Se debe destacar que el propósito de esta encuesta no constituye un levantamiento exhaustivo de antecedentes de uso sino más posibilitar un contacto más sistemático con lugareños que aporten información de interés y complementaria al trabajo de terreno.

4.1. Descripción de las técnicas utilizadas

En el levantamiento de información se utilizaron los siguientes elementos metodológicos: a) revisión bibliográfica, b) reconocimiento y observación en terreno, y c) encuesta a población

aledaña y entrevistas a informantes claves. Este procedimiento aporta los antecedentes que derivan en el presente informe de usos y amenazas actuales y potenciales a la conservación de las áreas de estudio.

Análisis bibliográfico

Para iniciar y potenciar la búsqueda de información se recurrió a información secundaria, desde la cual se proporciona la información de uso de suelo a nivel de comuna. El análisis de fuentes secundarias incluyó informes de consultorías, documentos proporcionados por servicios públicos y publicaciones científicas, entre otras existentes en relación al territorio.

Reconocimiento y observación en terreno

En terreno se identificaron las distintas unidades territoriales en las que pudieran identificarse diferentes destinos de uso en al Valle de Quillagua y otras áreas naturales cercanas de interés. El reconocimiento en terreno se efectuó en forma paralela y complementaria al levantaminto de la línea de base de biodiversidad, mediante la visita a los lugares de muestreo y el registro de los siguientes aspectos: cubierta vegetal presente en el área, usos productivos, presencia de urbanizaciones y otros elementos que releven ocupación y usos del terreno. Los caminos inmediatos al área fueron recorridos logrando localizar las viviendas y familias que habitan los terrenos cercanos a las áreas de estudio y que pudieran estar ejerciendo presiones de uso sobre ella. Paralelo a ubicar la población adyacente y proceder con el estudio, se realizaron observaciones sistemáticas de su entorno y sus condiciones de vida. Esta técnica, pese a no tener expresión cuantitativa, permitió conocer el estado de sus recursos naturales inmediatos, de sus viviendas, de su distribución, de la eliminación de desechos, entre otras características físicas que complementan la información formalmente recolectada mediante la entrevista. Asociado al trabajo de levantamiento de información de la línea de base de biodiversidad se interactuó con algunos vecinos a fin de complementar estas prospecciones. Se debe destacar que el propósito de esta interacción no constituye un levantamiento exhaustivo de antecedentes sino posibilitar un contacto más sistemático con lugareños que aporten información de interés y complementaria al trabajo de terreno.

Actores identificados e Instrumentos utilizados

Los antecedentes se recabaron mediante una entrevista cerrada, dirigida a habitantes del área (población local) y una entrevista abierta dirigida a actores locales relevantes, quienes por sus cargos o rol en la comunidad pudieran entregar una visión más amplia acerca de la situación actual del territorio. Así, la prospección consideró la aplicación de instrumentos a dos tipos de actores locales; a) pobladores, y b) actor relevante conformado por el profesor de la escuela, encargado de la posta y presidente de la junta de vecinos.

Todos los entrevistados fueron contactados personalmente explicándoseles el marco del estudio y el propósito específico de la entrevista. En el primer caso la encuesta se centró en determinar las actividades productivas del entrevistado, la identificación de sitios con algún valor especial, la identificación de cambios ambientales en el último tiempo y las causas de los cambios ambientales negativos. En el segundo caso la entrevista que correspondió básicamente a un "Sondeo de opinión" pretende conocer las opiniones de los diferentes actores

ante la conservación del área, aportando con aspectos como la determinación de las actividades de mayor impacto, las amenazas presentes y potenciales, la necesidad de estudios y programas a desarrollar, la definición de áreas de restauración o de protección, entre otros aspectos. La información recabada por las entrevistas fue expuesta a análisis de tipo cuantitativa y cualitativa, dependiendo de su origen.

Encuesta a población local y entrevistas a actores relevantes

Atendiendo a los objetivos, la encuesta se estructuró en base a preguntas mayoritariamente semiestructuradas en torno a cuatro grandes ítems de investigación. El primero recoge datos personales del entrevistado, el segundo permite una caracterización económica: actividades productivas, propiedad de terreno, venta de productos y uso de recursos naturales. El tercer item recoge la percepción de sitios con algún valor asignado y su destino de uso. La última parte se relaciona con la percepción de cambios ambientales detectados y la causa de éstos (véase instrumento en anexos). Algunas de las dimensiones evaluadas en dicha entrevista se resumen en la Tabla 7-1.

En relación con la entrevista a actores relevantes la encuesta contiene una identificación del entrevistado y un sondeo de opinión que aborda diferentes temáticas desde su rol local acerca de diversos temas relacionados a la conservación y planificación del área. El sondeo refiere, sobre preguntas mayoritariamente abiertas la identificación de los principales problemas ambientales en la comuna y en el Valle de Quillagua, grado de conocimiento del mismo y sus límites, importancia que atribuye la población al área, impactos sobre ésta y su conservación, actividades productivas asociadas, necesidad de protección y mecanismos de conservación, entre otras. (Véase instrumento en anexos).

Para efectos del informe de uso de suelo, se incluye en este capítulo sólo el análisis de las preguntas vinculadas, no la totalidad de los instrumentos.

TABLA 7-1. ALGUNAS DIMENSIONES EVALUADAS EN LA ENCUESTA REALIZADA A LOS RESIDENTES ALEDAÑOS AL VALLE DE QUILLAGUA Y ÁREAS ADYACENTES. 2007.

Dimensiones	Algunas variables
Antecedentes personales	Sexo Edad Escolaridad
Antecedentes socioeconómico-culturales	Actividad u ocupación Actividad productiva Superficie y titularidad de la propiedad Uso de recursos naturales Ingreso mensual Productos que se comercializan Cantidad y estado de la tierra
Redes sociales	Organizaciones sociales adhesión Acceso a servicios
Percepción	Sitios de valor especial Cambios ambientales y otro tipo Motivo de los cambios

4.2. Mapas conceptuales

Un mapa conceptual es una representación gráfica de información, entendida como una red de conceptos circunscritos a círculo u óvalos que se interrelacionan con flechas. Este resumen esquemático es una estructura de proposiciones, que contienen las ideas más importantes del tema en cuestión. En el mapa conceptual elaborado los conceptos más importantes los ubicamos arriba (causas u orígenes y las perturbaciones/impactos), desprendiéndose hacia abajo los efectos, es decir, las perturbacions/impactos propiamente tales. Todos los componentes fueron unidos con líneas ya que se representan factores conectadas y con sentido. Los mapas conceptuales se elaboraron en base al: (a) análisis bibliográfico, (b) el reconocimiento y observación en terreno, (c) los resultados de las encuestas a población aledaña y (c) las entrevistas a informantes claves.

4.3. Caracterización y valoración de los impactos ambientales

Una vez identificados los impactos ambientales negativos, se describieron en forma cualitativa los efectos que potencialmente pueden afectar el área de estudio y los impactos que los procesos identificados pueden generar en los componentes receptores. Los diferentes impactos identificados y caracterizados, se cuantificaron en forma separada y se contrastaron, en la medida de lo posible y disponible, con normas, estándares o criterios de protección para cada componente ambiental. Para medir el efecto o impacto de las actividades humanas sobre los factores ambientales del área de estudio, se calificó el impacto mediante los criterios, que se definen a continuación: se calculó la (a) importancia, (b) la probabilidad y (c) la magnitud de cada impacto, aplicando la metodología adaptada para la matriz causa-efecto de acuerdo a Conesa (1995):

Importancia del impacto. Se calculó según la siguiente fórmula cuyos componentes se describen en la Tabla 7-15.:

$$Im = (S)\ (I + E + M + T + R + In + P + Re)$$

Probabilidad del impacto. Se estimó la Probabilidad del impacto de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia del impacto, jerarquizando en tres rangos:

1 = Improbable: el impacto ocurrirá con una probabilidad $< 0{,}4$
2 = Probable: el impacto ocurrirá con probabilidad entre 0.4 y 0.8
3 = Cierto: el impacto ocurrirá con probabilidad $> 0{,}8$

Magnitud del impacto. Se estimó la Magnitud (Mg) del impacto, que califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental generado. Se compara el valor impactado de cada recurso, con el valor total del recurso, expresado en porcentaje.

1 = baja (30 – 0 %)
2 = media (31 – 69 %)
3 = alta (70- 100%)

La valoración de cada uno de los factores antes mencionados se efectuó utilizando el método Delphi (descrito en MIDEPLAN 1994) donde cada carácter fluctuó entre los valores 1 y 3 el que

se asigna del consenso y sapiencia del panel de expertos conformado por especialistas de las áreas de: limnología, humedales, ecología, ciencias ambientales, vida silvestre, recursos naturales y estudios de impacto ambiental. Los valores obtenidos se ubicaron frente a cada actividad evaluada para el factor ambiental valorado.

TABLA 7-2. FACTORES PARA ESTIMAR LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

S	Signo		+ = Benéfico o positivo - = Dañino o negativo d = Neutro o desconocido
I	Intensidad	grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa).	1 = Acción mínima 2 = Destrucción media 3 = Destrucción total
E	Extensión	área de influencia teórica del impacto, en relación del proyecto	1 = Puntual 2 = Parcial 3 = Total
M	Momento	tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto	1 = largo plazo (> 5 años) 2 = mediano plazo (1 –5 años) 3 = inmediato (< 1 año)
T	Temporalidad	tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado volvería a condiciones iniciales	1 = fugaz (< 1 año) 2 = temporal (1- 10 años) 3 = permanente (> 10 años)
R	Reversibilidad	posibilidad de restauración del factor afectado	1 = a corto plazo 2 = a mediano plazo 3 = irreversible
In	Interacción	interacción de dos o más efectos simples	1 = indiferente 2 = aditiva 3 = sinérgica
P	Periodicidad	regularidad de manifestación del efecto en el tiempo	1 = indiferente 2 = periódico 3 = contínuoo
Re	Recuperabilidad	posibilidad de restauración del factor afectado mediante medidas correctoras	1 = inmediata (< 1 año) 2 = mitigable (1 – 5 años) 3 = irrecuperable

Una vez obtenida la importancia del impacto se procedió a calificar cada impacto, según la fórmula: Calificación del Impacto Ambiental (CIA)

CIA= Im (Importancia del Impacto) x p (Probabilidad del Impacto).

El valor obtenido, promedio del total de evaluadores, fue finalmente ubicado en la matriz de importancia. Luego se localiza en la matriz el promedio de los evaluadores, en el calculó de la Magnitud (Mg). Finalmente para obtener el *Valor del Impacto Ponderado Total* (VIPT) se multiplicó el valor de la Calificación del Impacto Ambiental (CIA) y el valor de la Magnitud (Mg), correspondiendo el valor final al Impacto Negativo Total, de esta forma el impacto evaluado es el que se ubica en la matriz.

4.4. Objetos naturales de conservación

Para implementar iniciativas de conservación en el área de estudio se espera que la biodiversidad, reflejada en el conjunto de objetos de conservación seleccionados, se mantenga en el futuro, sin embargo, si esta área no se encuentra bien conservada conviene plantearse una evaluación de su integridad ecológica. De acuerdo a Parrich, Braun & Unnasch (2003) un sistema ecológico posee integridad o es viable cuando sus características ecológicas dominantes (composición, estructura, función y procesos ecológicos) se encuentran dentro de sus rangos naturales de variación, y pueden recuperarse de la mayoría de los disturbios causados por la dinámica natural del ecosistema o por disturbios humanos.

Para el análisis de integridad ecológica seguimos a Granizo et al. (2006) por lo que: (a) seleccionamos atributos ecológicos clave, (b) identificamos indicadores para cada atributo ecológico clave, (c) determinamos rangos de variación aceptables para cada atributo ecológico clave, y (d) determinamos el estado actual y el deseado del atributo ecológico clave. Los atributos ecológicos clave corresponden a tres categorías o criterios: tamaño, condición y contexto paisajístico.

> *El tamaño* se consideró como una medida del área o abundancia de las localizaciones del objeto de conservación y consideró el área dinámica mínima o área necesaria para asegurar la supervivencia o restablecimiento del objeto natural después de un disturbio natural.
>
> *La condición* se consideró como una medida integral de la composición, estructura, e interacciones bióticas que caracterizan el área, e incluye atributos internos o inherentes al objeto (reproducción, estructura de edades, composición biológica, estructura física y espacial e interacciones bióticas en las que el objeto de conservación interviene directamente.
>
> *El contexto paisajístico* se consideró como una medida integral de dos atributos: los regímenes y procesos ambientales dominantes que establecen y mantienen la localización del objeto de conservación y la conectividad. Comprendiendo ambos factores extrínsecos al objeto. Los primeros incluyeron regímenes hidrológicos, geomorfológicos, climáticos, de química de nutrientes, disturbios naturales, etc. La conectividad incluyó acceso a hábitats y recursos para completar ciclos de vida, fragmentación, habilidad para la dispersión, migración o colonización. Para más antecedentes véase a Granizo et al. (2006).

En la identificación de los atributos ecológicos clave empezamos con una síntesis del conocimiento ecológico disponible sobre los objetos de conservación. Una parte de este conocimiento fue complementado con este estudio de línea de base. Todo ello se incorporó en el desarrollo de un modelo ecológico, un diagrama simple en el cual se describen los componentes ecológicos más relevantes y sus interacciones para cada objeto de conservación.

4.5. Medidas de mitigación

Del análisis precedente, se elaborarán recomendaciones de acción, que podrán adoptarse para eliminar, minimizar y controlar los impactos negativos sobre los objetos de conservación, considerando los factores y actividades más impactantes.

4.6. Determinación de parámetros significativos y plan de monitoreo

Se entenderá por Parámetro Significativo a cualquier elemento o factor constante en el ambiente, susceptible de ser medido cuantitativamente, y en que su presencia, variación o ausencia detecte procesos, deterioro y pérdida de las características iniciales antes de la ejecución del proyecto (Modificado de MOPT 1994).

Se determinaron indicadores a partir de la información aportada por la línea de base y los parámetros establecidos por la legislación vigente (e.g., Norma Chilena de Calidad del Agua). Se analizó cada indicador como posible parámetro, de forma de establecer un modelo de parámetros a controlar.

Determinados los parámetros significativos se ubicaron en una tabla con la respectiva metodología de muestreo y análisis. Finalmente se estableció la frecuencia y momento de control de los parámetros significativos, de acuerdo a la ley ambiental vigente y los organismos fiscalizadores, estructurándose en una base de datos, que incluye información cualitativa, cuantitativa y gráfica de la evolución del medio.

5. RESULTADOS

5.1. Actores entrevistados

Población aledaña al área

La población entrevistada en Quillagua, estuvo constituida por cinco mujeres y cuatro hombres. Ésta presenta una media de edad de 64 años y un nivel de escolaridad bajo ya que la mayoría no ha completado la enseñanza básica. El tamaño de sus propiedades es, en su mayoría, inferior a una hectárea. Su adherencia a organizaciones comunitarias es muy baja. Esta muestra es un buen indicador de la realidad poblacional de la localidad ya que en su mayoría constituyen adultos mayores. Dos de los entrevistados señalan desarrollar actividades productivas agrícolas, tres son pensionados y otros tres prestan servicios (Tabla 7-3).

Informantes clave

En la tabla siguiente se muestran los tres actores relevantes entrevistados y su percepción respecto a los usos que hace la población local del oasis. Estos fueron el profesor de la escuela, el auxiliar de enfermería encargado de la posta y el presidente de la junta de vecinos. Sólo un entrevistado indica un uso sobre el oasis, mencionando la ganadería y el carbón.

TABLA 7-3. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y USO DE RECURSOS NATURALES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

Sector	Actividad productiva	Superficie propiedad agrícola	Uso de recursos naturales	Ingreso por recursos naturales	Concepto mayores ingresos	Época del año
Quillagua	Servicios	0 a 1 há.	Leña	No	No	No
	Pensionado	0 a 1 há.	Carbón/ madera	No	No	No
	No define	1 a 5 há.	No	No	No	No
	Servicios	0 a 1 há	No	No	No	No
	Pensionado	0 a 1 há	No	No	No	No
	Pensionado	0 a 1 há	No	No	Asociado a pensión asistencial (Aguinaldo)	Septiembre
	Ninguna	0 a 1 há	Leña o carbón/ forraje	Leña o carbón/ forraje	No	No
	Servicios/ agricultura de subsistencia	1 a 5 há.	No	No	Asociado a pensión asistencial (Aguinaldo)	Septiembre
	Agricultura y ganado caprino	1 a 5 há.	Leña	Crianza animales	"Proyectos"	Dic./ abril

TABLA 7-4. IDENTIFICACION DE ACTORES RELEVANTES ENTREVISTADOS E IDENTIFICACIÓN DE USOS EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

Perfil entrevistado	Usos detectados de la población aledaña al oasis
1) Presidente de Junta de Vecinos	Ganado, carbón (poda controlada)
2) Director- Profesor de Escuela Básica de Quillagua. Logia "Oasis Fraternal" de María Elena.	No sabe. Luego declara: "No existe población aledaña".
3) Técnico paramédico; encargado de posta rural de Quillagua.	No. "No existe población aledaña".

5.2. Usos

Uso de Suelo

De acuerdo a los antecedentes bibliográficos de que se dispone (CONAMA 2002, Lam et al. 2001, Bustos 2001) Quillagua cuenta con aproximadamente 150 hectáreas de sistemas agroforestales siendo la superficie agrícola estimada de 50 ha. En 1986 Quillagua contaba con un total de 188,4 ha de tierras cultivables, mientras que en 1999, registraba 120 ha, de las cuales menos de la mitad se consideran cultivables y el resto se encuentra en barbecho o descanso y sólo el 44,9% se consideran cultivables. El uso de suelo se encuentra limitado debido a la mala calidad del agua para el riego, cultivándose principalmente alfalfa. Dado que aun no se dispone de los datos del censo agropecuario del 2007, no se puede precisar mayormente la superficie destinada a estos usos, sin embargo, las prospecciones visuales revelan que la superficie de uso productivo es menor.

En relación con la ganadería Bustos (2001) y Carrasco (2003) indican existencia de ganado, caprino, ovino, cerdos, camélidos y burros, información que no pudo corroborarse en la actualidad ya que no se observaron especies de ganado doméstico, sin embargo, dado que los entrevistados mencionan la producción de forraje y la obtención de ingresos por este concepto se deduce su existencia a un nivel marginal. Esta información podrá actualizarse cuando esté disponible la información del censo agropecuario 2007.

Finalmente, se señala la presencia de especies arbóreas nativas algarrobo, tamarugo y chañar, en una superficie de 40 ha (Bustos 2001), las que habrían constituido cerca de 190 ha en el pasado (PLADECO 2003). Se estima, en base a cartografía de uso de suelo, que la superficie actual podría cubrir un área productiva de alrededor de 6 hectáreas que proporciona leña a la población a través de permisos de poda otorgados por CONAF y una extensión menor de plantaciones jóvenes de las mismas especies.

5.3. Amenazas registradas

Registro de amenazas

Según el análisis bibliográfico y el reconocimiento y observación en terreno se pueden listar las siguientes amenazas, no evaluadas, en el área de estudio:

a) Pérdida de calidad del agua del río Loa

El valle de Quillagua se abastece únicamente de las aguas del río Loa, las que provienen de los derrames sobrantes del riego de Calama y los aportes del río San Salvador. Su caudal anual permanente es de 200 lt/s en general, sin embargo la cantidad de agua disponible varía según los meses críticos de menor pluviometría y este factor incide también en la calidad del agua para riego. La red de riego permiten regar una superficie de 120 ha consideradas cultivables y cubrir, por sistemas de turnos de agua, otros predios sin cultivos.

En esta localidad el aumento de la salinidad de los suelos es mayor que en el curso superior y medio del río Loa. Los niveles freáticos en el curso inferior se encuentran muy superficialmente, lo que se refleja en un nivel salino más alto afectando notablemente a los cultivos. Según Bustos (2001), la salinidad del agua del río fluctúa entre 6.500 y 9.000 mg/lt cuando el agua abunda por el fenómeno del invierno altiplánico. Sin embargo, cuando el río trae poca agua (e.

g., marzo y abril) el análisis de las muestras de agua superficial arroja hasta 13.980 mg/lt. A esta condición de salinidad se pueden agregar los aportes de aguas servidas de porquerizas y corrales de animales (CONAMA com. pers.). La alta salinidad del río Loa se relaciona con dos factores: en primer lugar, por las características químicas propias del río Salado; y, por la disolución de la sedimentación salina en las riberas del río Loa en la zona de Chiu Chiu. Las tendencias históricas de la conductividad en el agua muestran un aumento en el tiempo. De mantenerse dichas tendencias, podría presumirse que el cultivo, incluso de la alfalfa resulte imposible en un plazo no muy lejano.

En febrero de 1997 y, posteriormente en 1999, se evidenció un severo daño ambiental en el río Loa, que se manifestó por la presencia de especies acuáticas muertas, abundante cantidad de espuma y además, una serie de elementos desconocidos que le daban al recurso hídrico una apariencia inusual en su color, textura y olor, entre otras variables. Las investigaciones desarrolladas en esas ocasiones estuvieron dirigidas hacia el análisis de las aguas con el propósito de determinar el tipo de elementos que provocaron la contaminación. Sin embargo, los resultados de dichos análisis se desviaron hacia una polémica pública, y no fueron concluyentes asignándole a causa naturales el origen del daño mencionado. Sin embargo, también se señaló a la actividad minera como responsable. Entre las causas aceptable - dados los resultados mayoritarios y en algunos casos de acuerdo a las metodologías y tecnologías utilizadas – se indica que la contaminación, coincide con el fenómeno climático llamado "invierno boliviano" cuyas altas precipitaciones producen efectos de crecidas donde el volumen y fuerza del agua removiliza sedimentos sólidos disueltos totales (cloruros, sulfatos, sodio, arsénico, etc.) aportados principalmente por el río Salado y depositados por años junto a gran cantidad de masa orgánica, particularmente en algunos lugares de la cuenca del río Loa como el Tranque Sloman, los cuales a la vez serían los causantes de las alteraciones observadas.

Las investigaciones sobre el río Loa y sus implicancias ecológicas, han sido esporádicas, desvinculadas, dispersas y escasas. Ha existido más bien preocupación e inquietud personal de científicos especializados o prospecciones y monitoreos puntuales cuando surge un interés de aprovechamiento del recurso hídrico destinada a alguna acción productiva. Las intervenciones de organismos gubernamentales sólo se producen como reacción ante las contingencias ambientales del río Loa que han generado alarma pública como ha ocurrido en los últimos años (Bustos 2001). Por otro lado el alto contenido de boro de las agua restringe, desde hace un par de años, los cultivos de alfalfa y maíz. También se ha comprobado la presencia de altos índices de arsénico en el agua y es probable que exista además la presencia de elementos utilizados especialmente en la gran minería del cobre. ECONAT (2005) averiguó en terreno que en Quillagua no se les suministra agua del río a los animales debido a que pueden morir.

Para entender este proceso de deterioro de la calidad de agua, en general en el río Loa, se deben considerar los siguientes aspectos (sensu ECONAT 2005):

- Existen, a la vez, aportes naturales y aportes antrópicos de elementos biotóxicos. Los aportes antrópicos ocurrirían, en la forma de emisiones difusas puesto que no existen emisiones puntuales significativas.
- Existe una fuerte interrelación entre la calidad de las aguas superficiales y las aguas subterráneas.

- Existe una importante acumulación de elementos que afectan la calidad de las aguas, tanto sobre el territorio de la cuenca como en los sedimentos del cauce y en los embalses de regulación.
- Existe y ha existido históricamente una fuerte demanda de uso industrial, minero y para agua potable sobre las aguas, la cual determina que la cantidad de **recursos** que fluyen por el río tiendan a ser cada vez menores.
- Existe una relación entre disminución de cantidad y calidad, en el sentido que mientras más es la cantidad de agua extraída para los diversos usos, mayores son las concentraciones de diversos compuestos que afectan la calidad de las aguas.

No obstante lo anterior, además existe una relación inversa entre los aumentos de caudal y la calidad del agua. En particular, durante el fenómeno denominado “Invierno Altiplánico” que ocurre en los meses de verano, particularmente en los meses de febrero o marzo, en vez de una dilución de elementos químicos, se produce un aumento significativo de la presencia de químicos. Ello, produce episodios críticos de mala calidad de aguas. Esto, se debería a un fenómeno complejo que estaría asociado tanto a aportes difusos en la cuenca como a la remoción de sedimentos ricos en elementos tóxicos en los embalses y, probablemente, también en la caja del río.

Un factor adicional que se debe tener en cuenta, es la disposición por décadas de las aguas de rechazo de la Planta de Agua Potable, ubicada en el sector Yalquincha de Calama, en el río Loa. Esta agua de rechazo contenía gran cantidad de arsénico, sulfato de fierro y aluminio. Actualmente se depositan estos desechos en un tranque.

Adicionalmente, el estudio de la DGA (2004) estima las siguientes consideraciones en torno a los factores antrópicos y naturales incidentes en la calidad de las aguas en la cuenca: ”En general, la calidad natural del río es clasificada como de regular a mala, donde exceden la clase de excepción los metales como el cobre, cromo, molibdeno, boro, aluminio, los sólidos disueltos y conductividad eléctrica”.

La parte media de la cuenca posee actividad minera importante cuyos efectos antrópicos han cambiado la calidad natural, las que sumadas a las lixiviaciones naturales de las franjas metalogénicas han ocasionado presencia de metales como el cobre, hierro y cromo. Los factores incidentes en la calidad del agua de la cuenca se pueden dividir en tres zonas geomorfológicas: Altiplano, zona media y desierto: En el Altiplano predominan los factores climáticos y litológicos, en la zona media los efectos de la franja metalogénica F-8, y en la zona de desierto el efecto del suelo rico en componentes inorgánicos.

La calidad natural de los tributarios de la parte media y alta de la cuenca, presenta gran cantidad de metales e iones en solución, los que son de origen natural y cuyo origen está influenciado especialmente por la franja metalogénica F-8.

La existencia de dos franjas metalogénicas F-8 y F-7 son las grandes modificadoras de la calidad natural en la cuenca, en lo referente a metales.

El río Salado provoca una alteración importante en la calidad natural del río Loa debido a que en él existen suelos salinos y surgencia de aguas.

Existen varias recargas de aguas subterráneas en el río Loa que modifican significativamente la calidad natural del río Loa.

La existencia de tranques (Santa Fe y Sloman) modifican la calidad natural del agua del río, introduciendo disminución del oxígeno disuelto, y provocando un aumento de metales e iones concentrados en los sedimentos de estos tranques.

La alta radiación solar contribuye de manera activa a concentrar la mayoría de los parámetros de calidad.

b) Disminución y variación del caudal del río Loa

Durante la segunda mitad del siglo XX, con el auge de la minería del cobre, se habrían producido extracciones crecientes de recursos hídricos para la minería. Ello, habría acarreado una salinización creciente del río que no fue del todo limitante debido a que el Valle de Quillagua estaba especializado en la producción de alfalfa, una especie muy resistente a la salinidad. Junto con ello, se ha producido una disminución de los caudales de la parte baja del río Loa producto de la venta de derechos de aprovechamiento por parte de los agricultores de esta localidad. Con ello, los residentes que aún tienen derechos de agua se ven expuestos a severos déficits entre diciembre y febrero. Durante la visita a terreno se pudo observar como el río Loa aún presentaba un caudal importante durante el mes de agosto, pero según los residentes y el SAG desde diciembre en adelante se produce una fuerte disminución de los caudales incluso llegando a secarse el cauce. El posible agravamiento futuro de los problemas de calidad de agua en Quillagua, puede tener relación con los aspectos de gestión de la cantidad de agua. El sistema de gestión de la calidad de agua vigente, supone que los aspectos de cantidad y calidad son independientes (ECONAT 2005).

c) Pérdida del suelo

Ha existido un proceso de degradación de los suelos del oasis. La actividad agropecuaria de Quillagua ha sufrido en los últimos años un fuerte proceso de desintegración al no existir expectativas de nuevas alternativas de producción agrícola, lo cual ha tenido como consecuencia el abandono de las tierras agrícolas, una disminución de los recursos forestales, el aumento del proceso de desertificación y un empobrecimiento rural generalizado. Muchos predios fueron vendidos a empresas mineras, las cuales los adquirieron por sus derechos de aprovechamiento de aguas superficiales. Una vez adquiridos, las aguas se redestinaron a uso minero. Por ello, gran parte de los suelos no se cultivan. En un estudio realizado para el SAG por ECONAT (2005), en visita a terreno se entrevistó a productores, ex productores y dirigentes vecinales, en que observaron que gran parte de la superficie de los suelos están en descanso, se pudo observar suelos endurecidos por la acumulación de sales y se escucharon las opiniones de los agricultores respecto de como la salinidad del agua limitaba la producción de alfalfa e imposibilitaba prácticamente el desarrollo de cualquier otra especie de mayor nivel de sensibilidad.

d) Pérdida de vegetación

Por los procesos y perturbaciones antes descritos (pérdida de calidad y cantidad de agua, deterioro del suelo), la vegetación está en proceso de deterioro y retroceso. La caja del río Loa y la localidad de Quillagua se encuentran dentro de una zona demarcada como de interés turístico por SERNATUR. El recurso hídrico permite la existencia de las comunidades vegetacionales, en consecuencia de las comunidades y en última instancia del paisaje de atractivo turístico. Por otro lado la proliferación de roedores exóticos (*Rattus* spp.) estarían afectando negativamente la vegetación de *Prosopis*, al tiempo que competirían con la fauna de pequeños mamíferos nativos.

e) Contaminación del suelo

Altas concentraciones de arsénico (202 mg kg^{-1}) y antimonio (11 mg kg^{-1}), en los suelos de Quillagua, que en el caso del arsénico exceden los niveles considerados críticos en el suelo (20-50 mg As kg^{-1}), así como en el caso del antimonio (5–10 mg Sb kg^{-1}) (De Gregori et al. 2003) revelan una crítica limitante a su utilización en actividades productivas. Existen evidencias científicas que vincula la exposición crónica de la población al arsénico con cáncer de piel, otros tipos de cánceres internos, así como enfermedades cardiovasculares serias. Igualmente el antimonio, un elemento no esencial posee un comportamiento químico y toxicidad similar al arsénico. Ambos son agudamente tóxicos para el ser humano y la fauna, exhibiendo efectos crónicos a muy bajas tasas de ingesta. El antimonio es señalado por la EPA como un contaminante prioritario. El origen de ambos contaminantes en el suelo, de acuerdo a De Gregori et al. (2003 op cit) proviene de su irrigación con aguas del río Loa, que recibe como afluente al río Salado, que se relaciona con las aguas geotermales de El Tatio, contaminadas naturalmente con estos elementos, sin embargo, no puede descartarse que también estén contaminadas por los desechos de la actividad minera. Por otro lado la altísima concentración de arsénico en los suelos de Quillagua (202 mg kg^{-1}) puede relacionarse al incremento de la concentración salina en el río Loa producto de la evaporación de agua a lo largo de su escurrimiento en esa extremadamente árida zona.

Amenazas declaradas por encuestados e informantes

Las amenazas detectadas por la encuesta a población aledaña y entrevistas a informantes claves son las que se listan a continuación. Se debe notar que el impacto que cada una de estas actividades tiene en el área no ha sido evaluado y es distintamente valorado por los entrevistados. La mayoría de ellas se ha realizado de manera histórica y sin ningún tipo de control. La lista es: a) salinización del agua del río Loa, b) contaminación química del río Loa, c) disminución del caudal del río Loa, d) carboneo, e) caza y pesca ilegal, f) aumento de roedores exóticos (Tabla 7-5 a Tabla 7-7).

Conexión entre usos y amenazas

Los entrevistados plantean una escasa reflexión en torno a las implicancias de la ocupación humana en el oasis. El único que afirma detectar una implicancia negativa en los usos dados al sector, por parte de la comunidad local, es precisamente un representante del ámbito

comunitario. Sin embargo, su evaluación sobre las consecuencias de la producción de carbón en el entorno es imprecisa (Tabla 7-5).

TABLA 7-5. INFORMACIÓN RELATIVA A CONEXIÓN ENTRE USOS Y AMENAZAS DE LA ZONA DEL VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

Perfil entrevistado	Usos detectados de la población aledaña al oasis (pregunta 13)	Efectos negativos de los usos de la población al oasis (pregunta 14)	Identificación del origen/ responsable del efecto negativo
1) Presidente de Junta de Vecinos	Ganado, carbón (poda controlada)	Sí. "corta de árboles disminuye la vegetación"	Población en general.
2) Director- Profesor de Escuela Básica de Quillagua. Logia "Oasis fraternal" de María Elena.	No sabe. Luego declara: "No existe población aledaña".	No detecta.	
3) Técnico paramédico; Encargado de posta rural de Quillagua.	No. "No existe población aledaña".	No detecta.	

Amenazas sobre la biodiversidad

Las respuestas reflejan indefinición sobre las actividades dañinas y las consecuencias específicas de cada una de ellas sobre la flora y la fauna. Sin embargo, las más destacables de las mencionadas son: la producción de carbón (mencionada por dos entrevistados) y quema de roce (pastizales). Los factores citados son considerados perjudiciales tanto para la flora como para la fauna. En cuanto a la percepción sobre disminución o desaparición de especies silvestres en la zona, los entrevistados dan cuenta de un daño generalizado, que se evidencia especialmente en las especies vegetales y animales relacionadas con el ambiente acuático.

Dos de los tres entrevistados no contestan las preguntas asociadas a los impactos negativos sobre otras dimensiones del ambiente, fuera de la disminución de especies vegetales y animales, en la zona. Sin embargo, el que contesta se refiere a la calidad del agua y el aspecto general del paisaje, alterado en buena medida por la minería y el avance caminero (Tabla 7-6 y 7-7).

TABLA 7-6. AMENAZAS ESPECÍFICAS SOBRE LA BIODIVERSIDAD DEL VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

Perfil entrevistado	Detección de actividades que afectan a la fauna	Detección de actividades que afectan a la vegetación	Percepción de problemas de conservación de especies	Percepción de desaparición de especies	Causa de disminución o desaparición de especies
1) Presidente de Junta de Vecinos	"Al no producir el oasis, no se le entrega alimento primario a las aves y otros seres vivos. Todo por falta de agua".	"La producción de carbón afecta a los árboles".	Sí (No aparecen descritos)	-Aves: Sietecolores, Picaflor, tórtola - Flora: Panul (comestible, crecía a orilla de canal) y apio.	Contaminación del agua. "La producción de carbón produce gas, afectando a personas y animales" (dentro de la respuesta a las amenazas a la fauna).
2) Director-Profesor de Escuela Básica de Quillagua. Logia "Oasis fraternal" de María Elena.	"La quema de pastizales y producción de carbón…"	"La quema de pastizales y producción de carbón produce contaminación"	Sí.	- Camarón de río. - Aves del río y peces.	-Camarón: Contaminación de río y falta de respeto a la veda. -Aves y peces: Contaminaciones ocasionales (por minería) "La quema de pastizales y producción de carbón… y las basuras acumuladas, el viento las acarrea al río"
3) Técnico paramédico;: encargado de posta rural de Quillagua.	"La producción de carbón y las basuras que se acumulan en el río"	"Quema de vegetación y producción de carbón"	Sí.	- Camarón de río. - Aves del río y peces.	(*ilegible*…) del río. - Contaminación ocasional (por mineras).

TABLA 7-7. OTROS ELEMENTOS DEL ECOSISTEMA AFECTADOS NEGATIVAMENTE POR USOS DEL ÁREA. LAS PREGUNTAS PUEDEN VERSE EN EL ANEXO 1. SEPTIEMBRE 2007.

Informante	Elementos modificados	Causas de modificación
1)	a) Paisaje b) Agua	a) "Caminos y torres de alta tensión" b) Sequía (¿)
2)	No contesta	No contesta
3)	No contesta	No contesta.

5.4. Clasificación de Factores tensionantes Perturbaciones e Impactos

En la tabla siguiente (Tabla 7-8) se muestran los factores tensionantes, perturbaciones e impactos ocasionados en el Valle de Quillagua.

TABLA 7-8. CLASIFICACIÓN DE FACTORES TENSIONANTES, PERTURBACIONES E IMPACTOS EN VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

FACTORES TENSIONANTES	PERTURBACIÓN	IMPACTO AMBIENTAL
Inadecuado manejo del recurso hídrico	salinización del agua del río Loa	alteración de la biodiversidad acuática
		disminución del uso humano de agua
		disminución de la producción agrícola
		pérdida de suelo
	contaminación química del río Loa	alteración de la biodiversidad acuática
		disminución del uso humano de agua
		disminución de la producción agrícola
		alteración de la producción ganadera
	disminución del caudal del río Loa	alteración de la biodiversidad acuática
		disminución del uso humano de agua
		disminución de la producción agrícola
		alteración de la flora nativa
		alteración de la fauna nativa
		alteración del paisaje
	contaminación química del suelo del oasis	alteración de la flora nativa
		alteración de la fauna nativa
		disminución de la producción agrícola
		alteración de la producción ganadera
Actividades perturbadoras no controladas	carboneo	alteración de la flora nativa
		alteración de la fauna nativa
		disminución de la calidad del paisaje
	caza ilegal	alteración de la fauna nativa
	aumento roedores exóticos	alteración de la flora nativa
		alteración de la fauna nativa

De este modo las perturbaciones registrados, no jerarquizados ni evaluados son:

a) salinización del agua del río Loa

b) contaminación química del río Loa

c) disminución del caudal del río Loa

d) contaminación química del suelo del oasis

e) carboneo

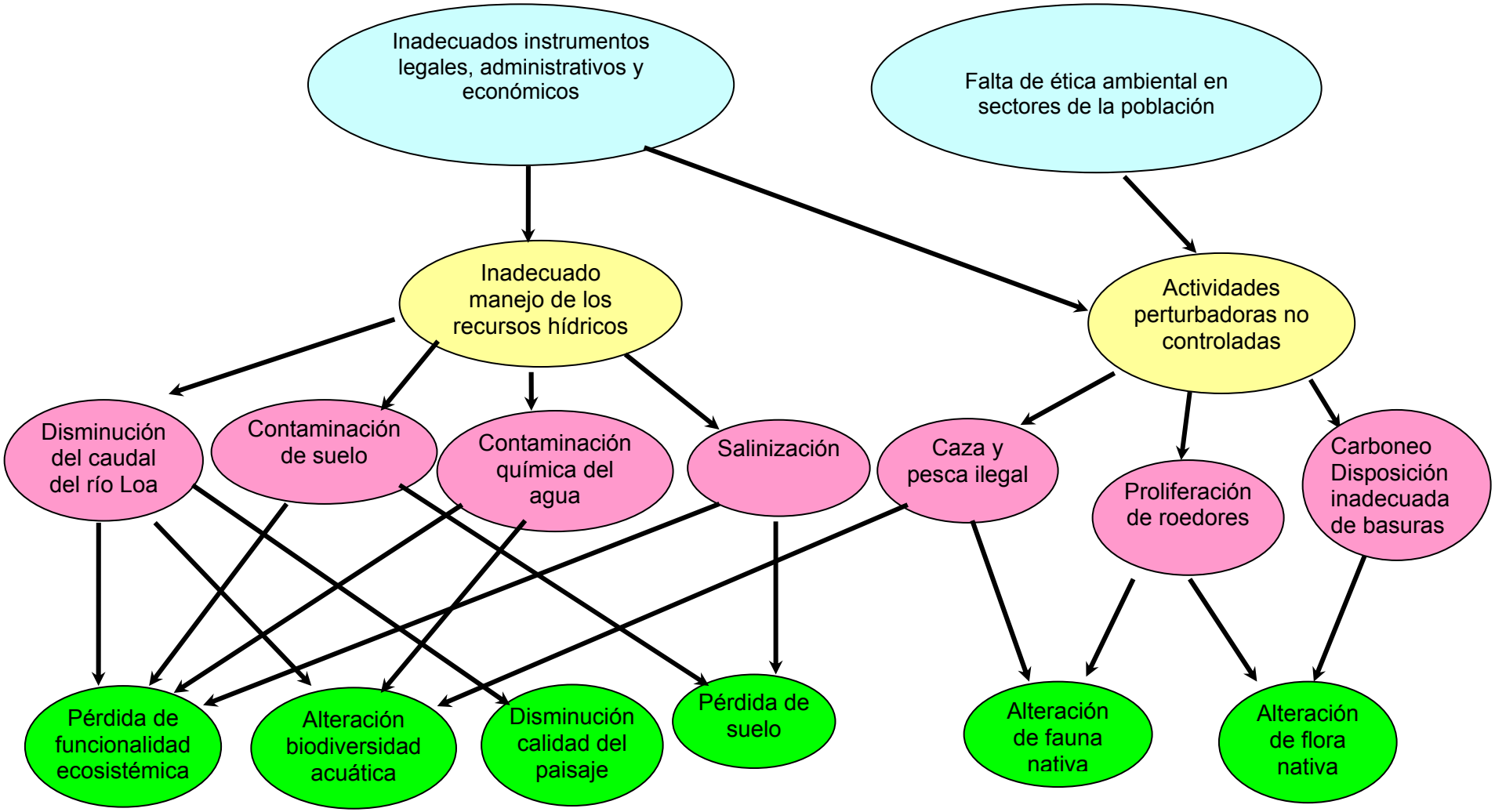
f) caza y pesca ilegal

g) aumento de roedores exóticos

5.5. Mapa conceptual

Se presentan, en el siguiente diagrama el mapa conceptual, los factores tensionantes (óvalos de color amarillo), sus perturbaciones derivadas y a evaluar posteriormente (óvalos morados) y los impactos ambientales relevantes (óvalos verdes). En la parte superior se presentan las causas determinantes que explican el mapa conceptual en conjunto (óvalos celestes).

MAPA CONCEPTUAL



5.6. Valoración de las perturbaciones ambientales

a) Salinización de las aguas del río Loa

Esta perturbación genera impactos muy altos (>174) sobre el suelo y la vegetación, así como sobre las funciones y servicios ecosistémicos como la producción agropecuaria. Tiene impactos medios sobre la vegetación y el uso de agua para uso recreacional (Tabla 7-9).

TABLA 7-9. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN SALINIZACIÓN DEL AGUA DEL RÍO LOA EN EL VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: salinizaci—n de las aguas del r'o Loa														
		Impacto muy bajo	0	43										
		Impacto bajo	44	86										
		Impacto medio	87	130										
		Impacto alto	131	173										
		Impacto muy alto	174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	3	3	3	3	2	2	3	2	21	3	63	3	189
	Usos para vida silvestre	3	3	3	3	2	2	3	2	21	3	63	3	189
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	3	3	3	3	2	2	3	2	21	3	63	3	189
	Contaminaci—n	3	3	3	3	2	2	3	2	21	3	63	3	189
	Salinidad	3	3	3	3	2	2	3	2	21	3	63	3	189
VEGETACIIN	P"rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	3	2	3	3	2	2	3	2	20	2	40	3	120
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	3	2	3	3	2	2	3	2	20	2	40	3	120
	P"rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	2	2	3	3	2	2	3	2	19	2	38	3	114
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	2	2	3	3	2	2	3	2	19	2	38	3	114
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H') y Abundancia (%)	3	2	3	3	2	2	3	2	20	2	40	3	120
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	3	2	3	3	2	2	3	2	20	2	40	3	120
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0
	Aves. Diversidad (H') y abundancia (%)	2	1	3	3	2	1	3	2	17	1	17	3	51
	Micromam'feros. Diversidad (H') y abundancia (%)	2	1	3	3	2	1	3	2	17	1	17	3	51
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	3	2	1	3	2	16	1	16	3	48
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Uso recreacional y tur'stico	2	1	3	3	2	2	3	2	18	2	36	3	108
	Agua para uso recreacional	1	1	3	3	2	2	3	2	17	3	51	3	153
	Productividad silvoagropecuaria	3	2	3	3	2	2	3	2	20	3	60	3	180
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

b) Contaminación química del río Loa

Esta perturbación genera impactos muy altos sobre las características del agua y el suelo, afectando, también, con impactos altos a la fauna y flora acuática y la fauna silvestre. Genera impactos altos sobre la funcionalidad del ecosistema, especialmente sobre la producción agrícola (Tabla 7-10). Si bien la carga química del río Loa tiene un origen natural como se señaló anteriormente, no se descarta que también esté afectada por las actividades mineras en la zona (De Gregori et al. 2003), por lo cual se incorporó como perturbación.

TABLA 7-10. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL AGUA DEL RÍO LOA EN EL VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: contaminacion qu'mica

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	∑	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	3	3	3	3	1	2	3	2	20	3	60	3	180
	Usos para vida silvestre	3	3	3	3	1	2	3	2	20	3	60	3	180
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	2	3	3	3	1	2	3	3	20	2	40	3	120
	Contaminaci—n	2	3	3	3	1	2	3	3	20	3	60	3	180
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIIN	P"rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	2	3	3	3	1	2	3	2	19	2	38	3	114
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	2	3	3	3	1	2	3	2	19	2	38	3	114
	P"rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	3	3	3	3	2	2	3	2	21	3	63	3	189
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	3	3	3	3	2	2	3	2	21	3	63	3	189
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H') y Abundancia (%)	3	3	3	3	2	2	3	2	21	3	63	3	189
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	3	3	3	3	2	2	3	2	21	3	63	3	189
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	1	3	3	3	1	2	3	2	18	2	36	3	108
	Aves. Diversidad (H') y abundancia (%)	1	3	3	3	1	2	3	1	17	2	34	3	102
	Micromam'feros. Diversidad (H') y abundancia (%)	1	3	3	3	1	2	3	1	17	2	34	3	102
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	1	2	3	3	1	2	3	1	16	2	32	2	64
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	2	3	3	3	1	2	3	1	18	3	54	3	162
	Uso recreacional y tur'stico	2	3	3	3	1	2	3	2	19	3	57	3	171
	Agua para uso recreacional	2	3	3	3	1	2	3	2	19	3	57	3	171
	Productividad silvoagropecuaria	3	3	3	3	1	2	3	2	20	3	60	3	180
	Regulaci—n del microclima	1	3	3	3	1	2	3	0	16	1	16	1	16

c) Disminución del caudal del río Loa

Esta perturbación también genera impactos muy altos (>174) sobre el suelo, la vegetación y la fauna, así como sobre las funciones y servicios ecosistémico. El oasis, como humedal, privado de parte de su caudal comprime, no solo su superficie, sino que su propia existencia (Tabla 7-11).

TABLA 7-11. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN DISMINUCIÓN DEL CAUDAL DEL RÍO LOA EN EL VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: alteración caudal río Loa

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re		Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Características físico-químicas	1	3	3	3	2	3	3	2	20	3	60	3	180
	Usos para vida silvestre	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
	Cauce	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
SUELO	Propiedades físico químicas, fertilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Contaminación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
	Degradación de las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
	Degradación de las asociaciones vegetacionales nativas acuática	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H`) y Abundancia (%)	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	2	3	3	3	2	3	3	2	21	3	63	3	189
	Aves. Diversidad (H`) y abundancia (%)	2	3	3	3	2	3	3	2	21	3	63	3	189
	Micromamíferos. Diversidad (H`) y abundancia (%)	2	3	3	3	2	3	3	2	21	3	63	3	189
	Carnívoros. Diversidad (S) y abundancia (%)	1	3	3	3	2	3	3	2	20	3	60	3	180
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
	Uso recreacional y turístico	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
	Agua para uso recreacional	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
	Productividad silvoagropecuaria	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
	Regulación del microclima	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198

d) Contaminación química del suelo del oasis

Esta perturbación genera impactos muy altos (>174) sobre el suelo afectando fuertemente la las posibilidades productivas agrícolas, donde se evidencia el mayor impacto como servicio ecosistémico. La contaminación química del suelo del oasis, dadas las altas concentraciones de los químicos, es una seria limitante a la flora y fauna también. (Tabla 7-12).

TABLA 7-12. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL SUELO EN EL VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: contaminacion química del suelo

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	2	0	2	4	3	12	3	36
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	2	0	2	4	3	12	3	36
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades físico químicas, fertilidad	3	3	3	3	2	3	3	3	23	3	69	3	207
	Contaminación	3	3	3	3	2	3	3	3	23	3	69	3	207
	Salinidad	0	0	0	0	0	3	0	0	3	3	9	3	27
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	2	3	3	3	2	2	3	2	20	2	40	3	120
	Degradación de las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	2	3	3	3	2	2	3	2	20	2	40	3	120
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	2	0	2	4	3	12	3	36
	Degradación de las asociaciones vegetacionales nativas acuática	0	0	0	0	0	2	0	2	4	3	12	3	36
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H´) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	2	0	2	4	3	12	3	36
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	2	0	2	4	3	12	3	36
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	1	3	3	3	1	2	3	2	18	2	36	3	108
	Aves. Diversidad (H´) y abundancia (%)	1	3	3	3	1	2	3	1	17	2	34	3	102
	Micromamíferos. Diversidad (H´) y abundancia (%)	1	3	3	3	2	2	3	2	19	2	38	3	114
	Carnívoros. Diversidad (S) y abundancia (%)	1	2	3	3	2	2	3	1	17	2	34	2	68
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	2	3	3	3	1	2	3	1	18	3	54	3	162
	Uso recreacional y turístico	2	3	3	3	1	2	3	2	19	3	57	3	171
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	1	2	0	2	5	3	15	2	30
	Productividad silvoagropecuaria	3	3	3	3	2	3	3	2	22	3	66	3	198
	Regulación del microclima	1	3	3	3	1	2	3	0	16	1	16	1	16

e) Carboneo

Esta perturbación genera impactos muy bajos (< 43) sobre la cubierta vegetal (especialmente de Prosopis), de las poblaciones de algunas especies de aves y sobre la calidad de paisaje (Tabla 7-13).

TABLA 7-13. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN QUEMA DE VEGETACIÓN POR CARBONEO EN EL VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: carboneo

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIIN	P"rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	2	1	3	3	3	1	2	2	17	3	51	1	51
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P"rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H') y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves. Diversidad (H') y abundancia (%)	1	2	3	3	3	1	2	0	15	1	15	1	15
	Micromam'feros. Diversidad (H') y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	2	1	3	3	3	1	2	2	17	3	51	1	51
	Uso recreacional y tur'stico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad silvoagropecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Folio006478

f) Caza y pesca ilegal

Esta perturbación genera impactos muy bajos (< 43) sobre la fauna silvestre (carnívoros), así como impactos medios (> 87 < 130) sobre las aves y el uso recreacional y turístico. Pero son impactos altos sobre la ictiofauna (Tabla 7-14).

TABLA 7-14. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN CAZA Y PESCA ILEGAL EN EL VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: caza y pesca ilegal		Impacto muy bajo	0	43											
		Impacto bajo	44	86											
		Impacto medio	87	130											
		Impacto alto	131	173											
		Impacto muy alto	174	216											
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	∑	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT	
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIIN	P"rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	P"rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H') y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	3	2	3	2	1	2	2	2	17	3	51	3	153	
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves. Diversidad (H') y abundancia (%)	3	2	3	2	1	2	2	2	17	3	51	2	102	
	Micromam'feros. Diversidad (H') y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	3	1	3	1	1	1	1	2	13	1	13	1	13	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	Uso recreacional y tur'stico	3	3	3	2	1	2	1	2	17	3	51	2	102	
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad silvoagropecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

g) Aumento de roedores exóticos

Esta perturbación genera impactos acotados y muy bajos (< 43) sobre la vegetación de *Prosopis* spp. y la fauna silvestre de algunas especies de aves, impactos bajos sobre los pequeños mamíferos por competencia e impactos bajos sobre el uso recreacional y turístico (Tabla 7-15).

TABLA 7-15. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN POR ROEDORES EXÓTICOS EN EL VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

Impacto: proliferaci—n de roedores		Impacto muy bajo	0	43										
		Impacto bajo	44	86										
		Impacto medio	87	130										
		Impacto alto	131	173										
		Impacto muy alto	174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		I	E	M	T	R	In	P	Re	Σ	Probabilidad	CIA	Magnitud	VIPT
AGUA	Caracter'sticas f'sico-qu'micas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELO	Propiedades f'sico qu'micas, fertilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Contaminaci—n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIïN	P"rdida de cobertura de la vegetaci—n terrestre	2	2	3	3	2	1	2	2	17	2	34	1	34
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	2	2	3	3	2	1	2	2	17	1	17	1	17
	P"rdida de cobertura de la vegetaci—n acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradaci—nde las asociaciones vegetacionales nativas acu‡tica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H') y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves. Diversidad (H') y abundancia (%)	1	2	3	3	2	1	3	2	17	2	34	1	34
	Micromam'feros. Diversidad (H') y abundancia (%)	1	2	3	3	2	2	3	2	18	2	36	2	72
	Carn'voros. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Uso recreacional y tur'stico	2	2	3	3	2	2	3	2	19	2	38	2	76
	Agua para uso recreacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad silvoagropecuaria	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	Regulaci—n del microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.7. Ponderación de las amenazas

El oasis del Quillagua es un ecosistema tensionado y las amenazas más graves son las siguientes perturbaciones (nivel 1) (Tabla 7-16).:

La salinización del agua del río Loa
La contaminación química del río Loa
La disminución del caudal ecológico del río Loa
La contaminación química del suelo

La gran mayoría de estos impactos son muy altos y altos, afectando principalmente los componentes del ecosistema, así como sus funciones y servicios (Tabla 7-17). De este modo el factor tensionante más grave es la inadecuada gestión del recurso hídrico.

Un segundo grupo de amenazas son las siguientes perturbaciones (nivel 2) (Tabla 7-16).

El carboneo
La caza y pesca ilegales
El aumento de roedores exóticos

La gran mayoría de estos impactos afectan diferencialmente los componentes ambientales. El factor tensionante involucrado se refiere a las actividades perturbadoras no controladas.

TABLA 7-16. PERTURBACIÓN Y NIVEL DE AMENAZA SOBRE LOS SISTEMAS AFECTADOS. SEPTIEMBRE 2007.

Perturbación	Nivel de amenaza	SISTEMAS AFECTADOS
Salinización del agua del río Loa	1	I, II, III, IV
Contaminación química del río Loa	1	I, II, III, VI
Disminución del caudal del río Loa	1	I, II, III, IV,VI
Contaminación química del suelo	1	III, IV
Carboneo	2	IV
Caza y pesca ilegal	2	I, II, III,
Aumento de roedores exóticos	2	II, III, IV, VI

Folio006481

TABLA 7-17. EVALUACIÓN DEL VALOR DE IMPACTO PONDERADO TOTAL (VIPT) DE SIETE PERTURBACIONES QUE ACTÚAN EN EL VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

COMPONENTES DEL ECOSISTEMA		salinización del agua del río Loa	contaminación química del río Loa	disminución del caudal del río Loa	carboneo	caza y pesca ilegal	contaminación del suelo	proliferación de roedores exóticos
AGUA	Características físico-químicas	189	180	180	0	0	36	0
	Usos para vida silvestre	189	180	198	0	0	36	0
	Cauce	0	0	198	0	0	0	0
SUELO	Propiedades físico químicas, fertilidad	189	120	0	0	0	207	0
	Contaminación	189	180	0	0	0	207	0
	Salinidad	189	0	0	0	0	27	0
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	120	114	198	51	0	120	34
	Degradación de las asociaciones vegetacionales nativas terrestre	120	114	198	0	0	120	17
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	114	189	198	0	0	36	0
	Degradación de las asociaciones vegetacionales nativas acuática	114	189	198	0	0	36	0
FAUNA	Macrobentos. Diversidad (H`) y Abundancia (%)	120	189	198	0	0	36	0
	Ictiofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	120	189	198	0	153	36	0
	Herpetofauna. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	108	189	0	0	108	0
	Aves. Diversidad (H`) y abundancia (%)	51	102	189	15	102	102	34
	Micromamíferos. Diversidad (H`) y abundancia (%)	51	102	189	0	0	114	72
	Carnívoros. Diversidad (S) y abundancia (%)	48	64	180	0	13	68	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA								
	Calidad del paisaje	0	162	198	51	0	162	0
	Uso recreacional y turístico	108	171	198	0	102	171	76
	Agua para uso recreacional	153	171	198	0	0	30	0
	Productividad silvoagropecuaria	180	180	198	0	0	198	0
	Regulación del microclima	0	16	198	0	0	16	0

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

5.8. Objetos naturales de conservación y su grado de amenaza

En relación al Valle de Quillagua hemos definido dos objetos de conservación. Por un lado, a las **comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales**, las que podríamos reunir en el concepto más amplio de oasis. Y por otro lado al sistema hídrico **río Loa y su zona ribereña**. Ambos son sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía (Groves 2003) y están inmersos en una matriz hostil como es el desierto. En ambos casos los objetos de conservación cumplen, aparentemente, con los requisitos de representar toda el área de estudio, reflejar las amenazas al área y reflejar la escala a la que se está trabajando, siendo útil a la misma (cf. Granizo et al. 2006). De este modo, al establecer las amenazas sobre la conservación de la biodiversidad de estas áreas se podrán proponer medidas para enfrentarlas y mejorar la salud ecosistémica de ellas. Es necesario indicar, sin embargo, que la definición del objeto de conservación puede precisarse más en la medida que se disponga, en el proceso de conservación de mayor información.

Atendiendo a las características del área de estudio, se han definido seis unidades como sistemas relevantes sobre los cuales explicitar las amenazas. Estos sistemas, se definieron como tales, porque expresan adecuadamente la aplicación de estas perturbaciones considerando el objeto de conservación definido con anterioridad y sobre los cuales se expresará el nivel de amenaza en la cartografía, más delante. Los sistemas son:

I.- Cuerpos de agua;
II.- Humedales palustres;
III.- Praderas, cultivos, matorrales;
IV.- Vegetación arbórea;
V.- Desierto;
VI.- Zona urbana

En la Tabla 7-18 Se muestra el número total de amenazas por sistema, disgregado en los diferentes niveles. Puede apreciarse que el sistema más afectado es la vegetación arbórea, con cuatro amenazas de nivel 1 y dos de nivel 2. Le siguen en amenaza los cuerpos de agua y humedales adyacentes ambos con tres amenazas de nivel 1. El sistema pradera, cultivos y matorrales presenta dos amenazas de nivel uno. Finalmente el área urbana también presenta dos amenazas de nivel 1 que lo está afectando.

TABLA 7-18. NÚMERO TOTAL DE AMENAZAS, DISGREGADO SEGÚN NIVEL EN VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

SISTEMA	CÓDIGO	Nº AMENAZAS TOTALES	Nº AMENAZAS NIVEL 1	Nº AMENAZAS NIVEL 2
Cuerpos de agua	I	4	3	1
Humedales palustres	II	5	3	2
Praderas, cultivos, matorrales	III	6	4	2
Vegetación arbórea	IV	5	3	2
Desierto	V	0	0	0
Zona Urbana	VI	3	2	1

En síntesis, consideramos que los sistemas I (cuerpo de agua), II (humedales palustres), III (praderas, matorrales y cultivo) y IV (vegetación arbórea) se encuentran sometidos a amenazas de nivel alto, y los sistemas V (desierto) y VI (zona urbana) poseen bajos niveles de amenaza (Tabla 7-19). Siendo relevantes los primeros, ya que incorporan el objeto de conservación.

TABLA 7-19. CLASIFICACIÓN FINAL DE AMENAZAS EN VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

SISTEMA	CÓDIGO	AMENAZA	JUSTIFICACIÓN
Cuerpos de agua	I	Alta	4 perturbaciones, tres de ellas de nivel 1, en el objeto de conservación
Humedales palustres	II	Alta	5 perturbaciones, tres de ellas de nivel 1, en el objeto de conservación
Praderas, cultivos, matorrales	III	Alta	6 perturbaciones, cuatro de ellas de nivel 1, en el objeto de conservación
Vegetación arbórea	IV	Alta	5 perturbaciones, tres de ellas de nivel 1, en el objeto de conservación
Desierto	V	Baja	ninguna perturbación
Zona Urbana	VI	Baja	3 perturbaciones, dos de ellas de nivel 1, pero fuera del objeto de conservación.

5.9. Cartografía de síntesis de amenazas

En la Fig. 7-2 se representa cartográficamente la síntesis de las amenazas que se detectaron y evaluaron en el área de estudio.

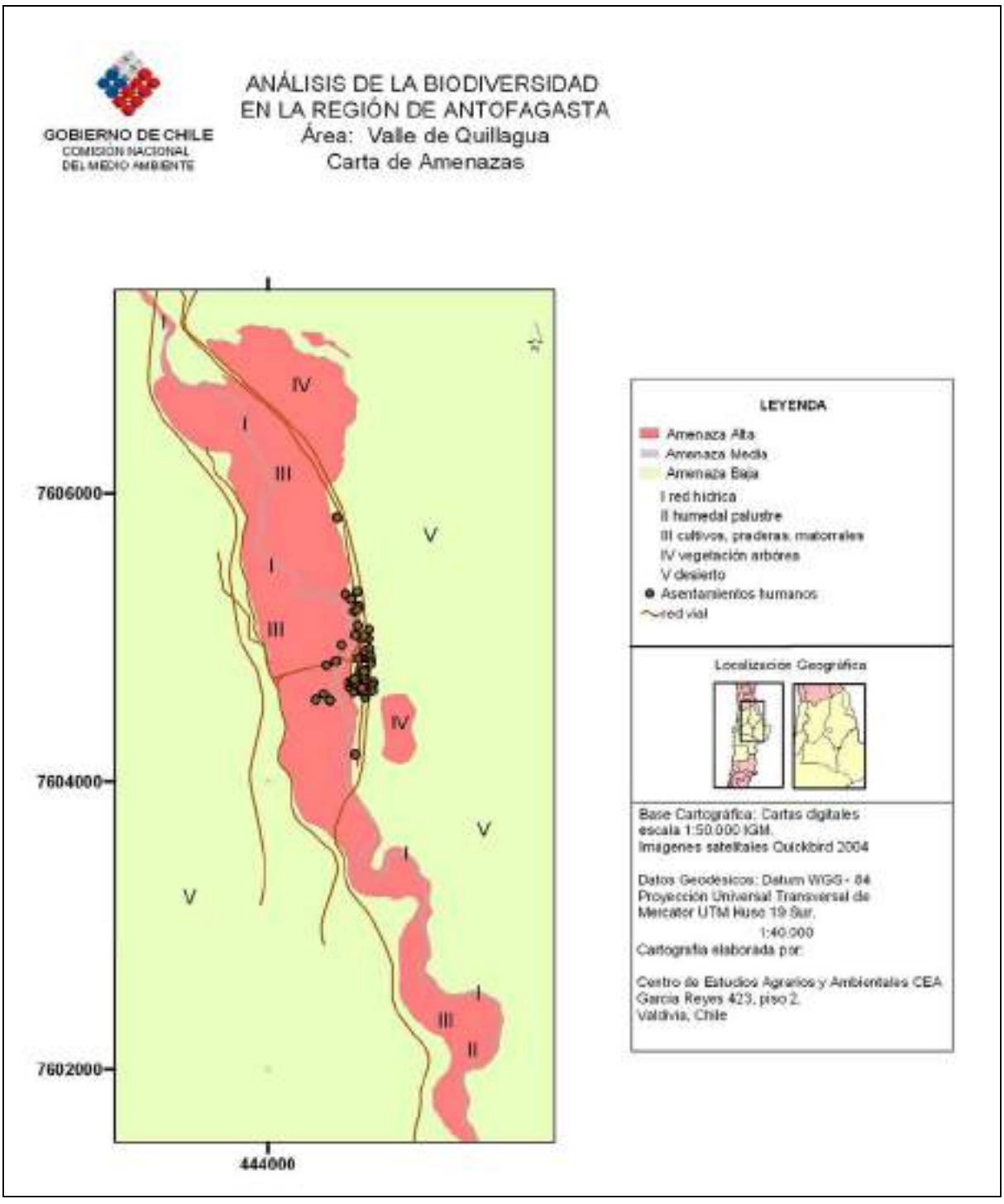


FIGURA 7-2. CARTA DE SINTESIS DE AMENAZAS EN VALLE DE QUILLAGUA. SEPTIEMBRE 2007.

6. CONCLUSIONES

De los resultados anteriormente expuestos y las observaciones realizadas se concluye que, los usos que se realizan en el Valle de Quillagua son principalmente: 1) explotación forestal de leña/carbón a través de los que se señala como poda controlada forestal, 2) agrícola y ganadero de subsistencia. Esta última es mínima y tiende a decrecer con el tiempo dado la migración poblacional y el creciente envejecimiento de ésta. Otro aspecto que restringe la presión de este uso es la propiedad del suelo y de los derechos de agua, los cuales son, en un 90% y un 74% respectivamente, de propiedad de la empresa Soquimich (SQM). De acuerdo a ello, probablemente la presión de uso mayor se dirija a los recursos forestales.

En el Valle de Quillagua los objetos de conservación, sobre los cuales debe focalizarse la conservación de la biodiversidad y la integridad ecosistémica son dos y están definidos por a) el sistema hídrico río Loa y su zona ribereña y b) las comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales que conforman el oasis propiamente tal.

Ambas unidades se encuentran sometidas a fuertes perturbaciones principalmente de origen antrópico, siendo las de mayor intensidad las que derivan en alteraciones en las propiedades de las aguas y caudal del río Loa, así como en la contaminación del suelo. Éstas afectan fuertemente a la totalidad de los componentes del ecosistema.

Las funciones y servicios ecosistémicos que brindan ambos objetos de conservación, se encuentran fuertemente afectados por todas las perturbaciones.

De acuerdo a todos los antecedentes anteriormente expuestos consideramos que el Valle de Quillagua está en un estado crítico de conservación.

ANÁLISIS JURÍDICO E INSTITUCIONAL

1. INTRODUCCIÓN

Si entendemos por legislación ambiental la que reconoce como bien jurídico protegido el resguardo de la integridad de los sistemas ambientales en cuanto a tales, regulando el manejo de los factores que lo componen con una perspectiva global e integradora, veremos que la legislación ambiental en nuestro país no aborda los sistemas ambientales con un enfoque global e integrador. Por otra parte, no existe cuerpo legal alguno que se haga cargo de la protección jurídica de la diversidad biológica de manera explícita, específica y orgánica. Sólo existen normas de carácter sectorial más o menos dispersas y desarticuladas. La mayor aproximación desde una perspectiva global está contenida en la Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

En cuanto al estado de nuestra legislación, la Constitución solo alude a la diversidad biológica en forma indirecta, al imponer al Estado el deber constitucional de "tutelar la preservación de la naturaleza"; al disponer que la ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades "para proteger el medio ambiente", y al señalar como uno de los contenidos de la función social de la propiedad lo que se encuentre exigido por "la conservación del patrimonio ambiental". Este tratamiento constitucional contrasta con el tratamiento brindado a los componentes ambientales minerales e hídricos, respecto de cuyo dominio y apropiación existen normas específicas en la Constitución.

Las diversas regulaciones que abordan objetivos básicos de la conservación misma de la diversidad biológica, han tenido en muchos casos como propósito central el desarrollo de una actividad económica ligada a la explotación de un recurso natural. Así, mientras se mantenga el actual régimen de protección y garantías del derecho de propiedad en Chile, por sobre el bien común, Hermosilla (2004) estima que ello no contribuirá a la efectiva protección y conservación de la biodiversidad. Para que esto ocurra en la realidad, debiera contarse necesariamente con normativas de rango constitucional y de legislación básica del ordenamiento jurídico chileno, que llenen vacíos o modifiquen normas existentes. En conclusión se puede indicar que es un desafío de la legislación lograr, pese a la dispersión entre instituciones, y de las interrelaciones entre los distintos componentes de la biodiversidad, mejorar la actual normativa según los vacíos identificados anteriormente.

Pese a esto existen numerosas normas jurídicas aplicables a la biodiversidad y los objetos de conservación descritos en el capítulo anterior. Por esto se realizó una revisión bibliográfica con un análisis y selección de la normativa legal, acotándola a las características del objeto de conservación y la aplicabilidad al área de estudio son sus sistemas. Con una metodología poco difundida se entregan cartas temáticas para las normativas jurídicas seleccionadas, para proporcionar una visión panorámica del nivel de protección de los sistemas estudiados y así, poder contrastarlos las cartas de amenaza. Esto proporcionará una idea espacial de ambos aspectos, para orientar las posteriores propuestas de preservación y conservación de la biodiversidad.

Tipos de normas jurídicas

El Código Civil de Chile, en su artículo 1° expresa que la Ley es: "Una declaración de la voluntad soberana que, manifestada en la forma prescrita por la Constitución, manda, prohíbe o permite". La expresión "Ley" comprende distintos tipos de normas jurídicas y según su grado de importancia son:

- *La Constitución Política*. Es la ley fundamental del Estado. Ella establece la forma de gobierno, los poderes públicos, sus atribuciones y determina los derechos y garantías de las personas.
- *Las leyes propiamente tales*. Son las normas aprobadas por el Poder Legislativo, según el procedimiento que la Constitución establece, pudiendo ser de distinta clase según la cantidad de votos que necesita para ser aprobada, modificada o derogada.
- *Los decretos con fuerza de ley*. Son normas dictadas por el Presidente de la República sobre materias propias de ley, en virtud de una autorización que le confiere el Congreso Nacional para ello, la que no puede exceder de un año y debe expresar las materias sobre las cuales versa la delegación. Asimismo, el Presidente de la República está autorizado para dictar DFL para fijar el texto refundido, coordinado y sintetizado de las leyes cuando sea conveniente para su mejor ejecución.
- *Los decretos leyes*. Son normas dictadas por el Presidente de la República sobre materias propias de ley, sin autorización alguna del Congreso Nacional.
- *Los tratados internacionales*. Son acuerdos, pactos o contratos, de carácter internacional, que rigen situaciones jurídicas establecidas de común acuerdo por dos o más Estados soberanos.
- *Normas de inferior jerarquía que las leyes*. La potestad reglamentaria le permite al Presidente de la República y otras autoridades dictar un conjunto de normas de inferior jerarquía que las leyes, como los reglamentos, los simples decretos, las instrucciones, los decretos supremos y las resoluciones.

Toda esta legislación se clasificó, de acuerdo con su nivel jerárquico en: (a) normas constitucionales, (b) normas legales y (c) normas reglamentarias.

2. METODOLOGÍA

2.1. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica de la legislación vigente en relación a los temas de biodiversidad, humedales y recursos hídricos, incluyendo normas jurídicas, documentos de análisis, descripción y caracterización de normas así como estudios éditos e inéditos (e.g., Maldonado & Chacón 2000, Environmental Law Institute et al. 2003, Hermosilla 2004). Se recopilaron textos legales (leyes, reglamentos, etc.) de los que se extrajeron los documentos que se refieren a los temas ya indicados. En los trabajos desarrollados por la CONAMA (e. g., CONAMA 1996a, 1996b, 1996c, 1996d, 1997a, 1997b) se describen las competencias ambientales de las diferentes reparticiones del Estado, los procedimientos administrativos, la legislación punitiva y sancionatoria ambiental, y se incluye un diagnóstico del ordenamiento jurídico aplicable a la protección de la diversidad biológica, entre otras. También se

consideraron los estudios de diversos autores (e. g., Gallardo 1985, 1989, Ortiz 1986, 1990, Castillo 1994, Valenzuela 1994, Hermosilla 2004).

2.2. Análisis y selección

Posteriormente se realizó un análisis y selección de la normativa legal, acotándola a las características de interés en el área de estudio (e. g., flora, fauna, paisaje, recursos hídricos, humedales, cuencas). Se seleccionaron las normas orientadas a proteger y conservar en el área de estudio. Se ordenaron jerárquicamente siguiendo la propuesta de Gallardo (1985, 1989) y se describieron y comentaron utilizando la bibliografía recopilada. La legislación ambiental seleccionada se analizó desde un punto de vista de su aplicación en el Valle de Quillagua para describir los factores tensionantes, sus perturbaciones e impactos ambientales relacionados.

2.3. Cartografía

Siguiendo y modificando la metodología usada por Pellet et al. (2005), la legislación seleccionada se expresó cartográficamente, obtenidos de los atributos específicos que la legislación define, generando así tres tipos de cartas:

Carta de normativas jurídicas. Sobre la carta base de cada área se representa la legislación siguiendo las recomendaciones de King (1993), en sistemas de información geográficos visualizando así todos los espacios del territorio que están protegidos desde la perspectiva legal. Como fundamento para la interpretación de la ley, se siguieron los artículos 19 al 24 contenidos en el número 4, Título Preliminar, del código civil chileno.

Carta de competencias institucionales. Se considera la elaboración de un diagrama de instituciones públicas y privadas que proporcionan protección a las áreas de estudio. Con esta información se confeccionará una carta con diferentes niveles de protección, ponderando la superposición de competencias.

Carta de Protección. La carta de síntesis de protección se genera integrando: la carta de normativas jurídicas con la carta de competencias institucionales. Se discrimina en al menos tres niveles de protección según una matriz de ponderación *ad hoc* para este proyecto.

3. RESULTADOS

3.1. Normas constitucionales

Son aquellas normas contenidas en la Constitución Política del Estado. La Constitución Política es importante porque toda norma que se dicte o haya sido dictada debe estar supeditada a sus mandatos (Gallardo 1985). Entre éstos destacan, por estar referidos al ambiente, primero, que es deber del Estado velar porque las personas vivan en un ambiente libre de contaminación y, segundo, tutelar la preservación de la naturaleza.

- El *Artículo 19 Nº 8.* Asegura a todas las personas "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza. La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente".

- El *Artículo 19 Nº 24.* Garantiza el derecho de propiedad y considera entre las funciones sociales de la propiedad la conservación del patrimonio ambiental.
- El *Artículo 21 inciso 1º*. Otorga el "derecho a desarrollar cualquiera actividad económica que no sea contraria a la moral, al orden público o a la seguridad nacional, respetando las normas legales que la regulen".
- El *Artículo 20 inciso 2º.* Consagra el recurso de protección para los casos en que "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación sea afectado por un acto arbitrario e ilegal imputable a una autoridad o persona determinada".

3.2. Normas legales

Son aquellas normas contenidas en las leyes, las que también pueden consistir en leyes aprobatorias de Convenciones Internacionales, de Códigos, de Decretos con Fuerza de Ley y de Decretos Leyes. Dentro de esta categoría se encuentran la mayoría de las leyes más conocidas en especial la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que a su vez, se haya supeditada a la Constitución Política de la República.

Ley de Bases Generales del Medio Ambiente

Ley Nº 19.300 (D.O. 09/03/94) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente. Contiene las normas generales que regulan las materias relacionadas con “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental” (Artículo 1°, Ley N° 19.300 (D.O. 09/03/94). Esta ley y su reglamento son los pilares del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, constituyen el principal instrumento preventivo de gestión ambiental del país y, a través de su aplicación, es posible detectar los impactos ambientales negativos o positivos de los diversos proyectos o actividades, y al mismo tiempo, tomar las medidas necesarias para evitarlos, minimizarlos, repararlos o potenciarlos (Ruíz 1997).

Tratados internacionales

D.S. Nº 531 (23/08/ 1967) del Ministerio de Relaciones Exteriores, referido a La Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América (Convención de Washington). Esta convención fue firmada en Washington el 12 de octubre de 1940, y aprobada por el Congreso Nacional de Chile, fue ratificada por el Presidente de la República, don Eduardo Frei Montalva, y publicada en el Diario Oficial para su cumplimiento como ley de la República en virtud de Decreto Supremo Nº 531 de 23 de agosto de 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores. La Convención está destinada a “proteger y conservar en su medio ambiente natural, ejemplares de todas las especies y géneros de flora y fauna nativas, en número suficiente y en regiones lo bastante vastas para evitar su extinción por cualquier medio al alcance del hombre”. También se orienta a proteger y conservar los paisajes de incomparable belleza, las formaciones geológicas extraordinarias, las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor histórico o científico, y los lugares donde existen condiciones primitivas, en los casos a que esta Convención se refiere.

D.S. Nº 141 (D.O. 25/03/75) del Ministerio de Relaciones Exteriores, referido a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Esta convención tiene como objetivo regular el comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestre. Los países que lo suscriben se comprometen a cooperar internacionalmente, adoptando las medidas administrativas y técnicas necesarias para que la explotación de estas especies no afecte su supervivencia. Se clasifica a las especies amenazadas en tres apéndices que poseen mayo o menor grado de exigencias para autorizar su exportación o importación. En Chile las actividades más relevantes que se han desarrollado en el marco de este convenio son la Ley 19.473 (Ley de caza) y el Nuevo Reglamento de la Ley de Caza (17 de noviembre de 1998).

D.L Nº 3.485 (11/11/1981) y DS Nº 971 del Ministerio de Relaciones Exteriores de 1986. Referidos a la Convención Relativa a Los Humedales de Importancia Internacional, (Convención de Ramsar). La Convención sobre los Humedales es un tratado intergubernamental que se adoptó en la ciudad iraní de Ramsar en 1971, entró en vigencia a finales de 1975 y es el único tratado ambiental mundial que trata de un ecosistema en particular. Los países miembros de la Convención abarcan todas las regiones geográficas del planeta y su misión es "la conservación y el uso racional de los humedales, a través de la acción nacional y mediante la cooperación internacional, a fin de contribuir al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo". Las Partes Contratantes (países miembros) se han comprometido a: (a) Designar por lo menos un humedal que cumpla los criterios para ser inscrito en la Lista de Humedales de Importancia Internacional y a asegurar el mantenimiento de las características ecológicas de cada uno de ellos. (b) Promover el uso racional de todos los humedales de su territorio mediante la planificación nacional del uso del suelo, incluidas la conservación y el manejo de los humedales. (c) Promover la capacitación en materia de investigación, manejo y uso racional de los humedales. (d) Celebrar consultas con otras Partes acerca de la aplicación de la Convención, principalmente con respecto a los humedales transfronterizos, los sistemas hídricos compartidos, las especies compartidas y los proyectos de desarrollo que pudieran afectar humedales (véanse más detalles en Davis 1994, Muñoz-Pedreros 2004). Esta Convención fue ratificada por Chile mediante D.L. Nº 3.485, publicado en el Diario Oficial el 11 de noviembre de 1981. Posteriormente se aprobó un protocolo para enmendar la citada Convención, suscrito en París el 3 de diciembre de 1982, ratificado por Chile mediante Decreto Supremo Nº 971 del Ministerio de Relaciones Exteriores de 1986.

Decreto Nº 1963 (6/5/1995) del Ministerio de Relaciones Exteriores, referido a la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB). Durante el mismo año en la Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, este convenio fue firmado por 152 países y la Unión Europea. Los objetivos del Convenio son: (a) la conservación de la biodiversidad biológica, (b) la utilización sustentable de sus componentes y (c) la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. La CDB fue adoptada en 1992 y entró en vigencia internacional en diciembre de 1993, después de la ratificación de 30 Estados. Chile la ratificó en 1994, pasando a constituir ley de la República desde su publicación en el Diario Oficial el 6 de mayo de 1995.

Leyes y Decretos Leyes

Ley Nº 11.402 (16/12/53) del Ministerio de Obras Públicas. Sobre las obras de defensa y regularización de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros. Dispone que las obras de

defensa y regularización de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros que se realicen con participación fiscal solamente podrán ser ejecutadas y proyectadas por la dirección de obras sanitarias del Ministerio de Obras Públicas "y, si se efectúa por cuenta exclusiva de otras entidades o de particulares, serán autorizadas y vigiladas por la misma repartición…" (Artículo 1º). Agrega que estas obras pueden incluir la reforestación de las hoyas hidrográficas, especialmente en las partes altas, y ser hechas por iniciativa particular o fiscal. Los árboles, que serán plantados por el Fisco, pasan a ser de propiedad del dueño del terreno; pero su explotación se podrá realizar con autorización del organismo competente. En el artículo 5º, menciona que el Fisco pagará estas obras en un 65% y los beneficiados deberán cubrir el 35% restante. Es necesario destacar, que cabe la posibilidad de realizar estudios y ejecutar las obras necesarias para la **recuperación** de terrenos inundados periódicamente, desecación de terrenos pantanosos o vegosos y de limpia y regularización de ríos y esteros" (Artículo 8º), a petición y cuenta exclusiva de los propietarios interesados. Se ha resaltado en negritas el término "recuperación", por cuanto le confiere a la oración un sentido diametralmente opuesto al que posee desde un punto de vista ambiental. En efecto, los terrenos aludidos son o pueden ser parte de un humedal, de acuerdo con la definición presentada por el D.S. Nº 771 (D.O. 11/11/81) que promulga la Convención sobre zonas húmedas de importancia internacional. En ella se entienden como humedal o zonas húmedas aquellas "áreas de ciénagas, pantanos, áreas de musgos o agua, sean éstas naturales o artificiales, permanentes o temporales, de aguas estáticas o corrientes, frescas, con helechos o saladas, incluyendo zonas de agua de mar cuya profundidad no exceda de seis metros durante la marea baja" (Artículo 1, inciso 1). En todo caso, la aplicación de esta ley deberá estar acorde con la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (19.300).

Ley N° 19.473 de 1996 del Ministerio de Agricultura, Ley de Caza. Sustituye la Ley Nº 4.601, sobre caza, y el Artículo 609 del Código Civil. Establece la prohibición de caza y captura para todos los vertebrados nativos de Chile, con la excepción de peces, reptiles marinos, pingüinos y mamíferos marinos (ballenas, delfines, focas, elefantes, lobos y nutrias), los que están protegidos por normas derivadas de la Ley General de Pesca y Acuicultura, bajo tuición de la Subsecretaría de Pesca y del Servicio Nacional de Pesca. Fue implementada mediante el Decreto Supremo N° 05, de enero de 1998. La fauna de vertebrados terrestres que viven en Chile, nativos o exóticos asilvestrados, se agrupan en: (a) Especies cuya caza y captura está prohibida, cuya nómina está contenida en el artículo 4° del Reglamento de la Ley de Caza. (b) Especies de caza autorizada para cazadores con permiso de caza vigente, cuyo listado se señala en el artículo 5° del Reglamento de la Ley de Caza y (c) Especies calificadas como perjudiciales o dañinas cuya nómina se señala en el artículo 6° del Reglamento de la Ley de Caza. Las especies protegidas son aquellas para las cuales se han dictado normas de conservación (prohibición de caza y definición de vedas o cuotas, entre otros), es decir aquellas especies contenidas en los artículos 4° y 5° del Reglamento de la Ley de Caza.

Ley Nº 18.892, de 1989 del Ministerio de Economía. Ley General de Pesca y Acuicultura, en texto refundido, coordinado y sistematizado con sus modificaciones. Dentro de sus atribuciones posee facultades de conservación de los recursos hidrobiológicos comprendidas en prohibiciones o medidas de administración de recursos. Éstas se refieren a: a) Veda biológica, temporales o prohibiciones especiales por especie en un área determinada (Ley 18.892, Art. 3º y 64º); b) Prohibición de captura temporal o permanente de especies protegidas por convenios internacionales de los cuales Chile es parte; c) Fijación de cuotas anuales de captura por especie en un área determinada; fijación de tamaños o pesos mínimos de extracción por especie en un área determinada y sus márgenes de tolerancia; y d) Fijación de las dimensiones

y características de las artes y los aparejos de pesca (Ley 19.079, Art. 1º, Nº 16, Nº 17., Modificado por la Ley Nº 19.849). Regula además la pesca deportiva (Ley 18.892, Art.73, inciso 1º, Ley 19.079, Art.1º, Nº 107).

Ley Nº 18.902/90 del Ministerio de Obras Públicas. Crea la Superintendencia de Servicios Sanitarios, otorgándole la responsabilidad de fiscalizar a los prestadores de servicios sanitarios y el control de los residuos líquidos industriales. Luego la Ley Nº 19.549 modificó ésta Ley otorgando a la SISS las facultades para sancionar las infracciones a la normativa sobre descargas de riles o a los instructivos, órdenes y resoluciones dictados por dicha entidad, tipificándose las infracciones y sanciones del caso.

Ley 19.253 del 5 de octubre de 1993 (Ministerio de Planificación). Promulga la Ley sobre Protección, Fomento y Desarrollo de los Indígenas (Ley Indígena), por medio de la cual el Estado reconoce a los mapuche, aymará, rapa nui, atacameños, quechuas y collas y a los kawéskar y yaganes de los canales australes, estableciendo normas sobre protección, fomento y desarrollo de los indígenas. La ley consagra, entre otras garantías, el derecho a la tierra, su protección y ampliación, la protección de las culturas indígenas y sus lenguas, el derecho a la educación intercultural bilingüe y el derecho a la participación y al desarrollo. Junto a ello, se crea la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.

Ley Nº 18.362 de 1984 del Ministerio de Agricultura. Crea el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) administrado por CONAF, para la conservación (planes de manejo y administración) de los ambientes naturales, terrestres o acuáticos dentro de esas áreas. Está formado por: Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales. Actualmente, la región de Antofagasta posee dos unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), la Reserva Nacional Los Flamencos y el Parque Nacional Llullaillaco. El Parque Nacional Pan de Azúcar también posee parte de su superficie en la región de Antofagasta. Aun cuando un porcentaje relevante del territorio está protegido, no se alcanzan a cubrir todas las áreas representativas de este vasto complejo ecológico que abarca.

Ley Nº 17.288 (D.O. 04/02/70) del Ministerio de Educación. Sobre Monumentos Nacionales. Esta ley señala que el Estado guardará y protegerá los monumentos nacionales a través del Consejo de Monumentos Nacionales; organismo técnico que depende directamente del Ministerio de Educación. Entre otros, pertenecen a la categoría de monumentos nacionales “las piezas u objetos... de formación natural, que existan bajo o sobre la superficie del territorio nacional o en la plataforma submarina de sus aguas jurisdiccionales y cuya conservación interesa a la historia, al arte o a la ciencia” (Artículo 1°, Ley N° 17.288 (D.O. 04/02/70). También establece la categoría de Zonas Típicas o Pintorescas (Art. 29) y los santuarios de la naturaleza. El concepto de *Santuarios de la Naturaleza* es definido por el artículo 31º de la misma ley, donde se señala que son "todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado".

Ley Nº 18.378 (D.O. 29/12/84) del Ministerio de Agricultura. Sobre distritos de conservación de suelos, bosques y aguas; y conservación de la riqueza turística. Señala que pueden crearse "distritos de conservación de suelos, bosques y aguas", en aquellos predios agrícolas ubicados en zonas erosionadas o en inminente riesgo de erosión, donde se deberán aplicar las técnicas y programas de conservación que determine el Ministerio de Agricultura (Artículo 3º). Además

indica técnicas y programas de conservación para su aplicación en los predios agrícolas ubicados en áreas erosionadas o en inminente riesgo de erosión. Además, si se requiere conservar la riqueza turística se podrá establecer la prohibición de cortar los "árboles situados hasta a cien metros (100 m) de las carreteras públicas y de las orillas de ríos y lagos que sean bienes nacionales de uso público, como también, en quebradas u otras áreas no susceptibles de aprovechamiento agrícola o ganadero" (Artículo 4º). Esta situación deberá ser establecida por el Servicio Nacional de Turismo a través de un informe al Presidente de la República.

DFL Nº 3.557 de 1981 del Ministerio de Agricultura. Ley de protección agrícola. Fija medidas que deben adoptar los establecimientos industriales, fabriles, mineros y cualquier otra entidad que manipule productos susceptibles de contaminar la agricultura, tendientes a evitar o impedir la contaminación. Decreta las medidas anteriormente señaladas (Artículos 11º 12º y 13º).

DFL N° 235 de 1999 del Ministerio de Agricultura. Establece sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados. Tiene por objeto estimular la ejecución de prácticas destinadas a la recuperación de suelos, que no pueden ser utilizados eficientemente de modo sustentable en la producción agropecuaria (Art. 2º), a través de una bonificación estatal de los costos netos de las prácticas de manejo y de recuperación de suelos tales como la fertilización fosfatada de corrección, el incremento de la potencialidad productiva de los suelos deficitarios, la adición de enmiendas calcáreas, la limpieza, nivelación y habilitación de suelos, la recuperación y el establecimiento de cubiertas vegetales permanentes, la exclusión de uso de áreas de protección, la estabilización de suelos, la regulación de cauces, el control de la salinidad y de los procesos de desertificación de suelos u otras que persigan el mismo objetivo (Art. 3º). Los incentivos se otorgarán a través del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) (Art. 4º).

DFL Nº 701 (D.O. 28/10/74) del Ministerio de Agricultura. (Texto reemplazado por el artículo primero del D.L. Nº 2.565, de 1979, D.O. 03/.4/79 y modificado por el D.L. Nº 2.691, de 1979, D.O. 16/06/79, Ley Nº 18.959, D.O. 24/02/90 y por el artículo primero de la Ley Nº 19.561, D.O. 16/05/98). Sobre fomento forestal. Esta ley tiene por objeto, de acuerdo con su artículo 1°, “regular la actividad forestal en suelos de aptitud preferentemente forestal y en suelos degradados e incentivar la forestación, en especial, por parte de los pequeños propietarios forestales y aquélla necesaria para la prevención de la degradación, protección y recuperación de los suelos del territorio nacional”. El concepto más significativo de esta ley es el plan de manejo. Éste regula el uso y aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables, al tiempo que asegura, entre otras materias, “la preservación, conservación, mejoramiento y acrecentamiento” de tales recursos.

DFL Nº 1.939 del Ministerio de Bienes Nacionales, D.O. 10.11.1977 Normas sobre adquisición, administración y disposición de bienes del Estado (Con su última modificación Ley 20.062 29.10.2005). Faculta la adquisición, administración y disposición sobre los bienes del Estado o fiscales al Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación. Artículo 15.- Las reservas forestales, Parques Nacionales y los terrenos fiscales cuya ocupación y trabajo en cualquier forma comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse o concederse en uso a organismos del Estado o a personas jurídicas regidas por el Título XXXIII del Libro I del Código Civil, para finalidades de conservación y protección del medio ambiente. Artículo 16.- En los contratos de compraventa de terrenos fiscales rústicos y en los decretos o resoluciones que concedan arrendamientos, actas de radicación o títulos gratuitos de dominio, deberán contemplarse, previo informe del Ministerio de Agricultura, las prohibiciones y obligaciones tanto de índole forestal como de protección o recuperación de terrenos a que se someterá el

beneficiario. Cuando procediere, podrán imponerse obligaciones para la protección del medio ambiente. Artículo 21.- El Ministerio, con consulta o a requerimiento de los Servicios y entidades que tengan a su cargo el cuidado y protección de bosques y del medio ambiente, la preservación de especies animales y vegetales y en general, la defensa del equilibrio ecológico, podrá declarar Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines. Estos terrenos quedarán bajo el cuidado y tuición de los organismos competentes. Los predios que hubieren sido comprendidos en esta declaración no podrán ser destinados a otro objeto ni perderán esta calidad, sino en virtud de decreto del Ministerio, previo informe favorable del Ministerio de Agricultura.

DFL Nº 458 18/12/75 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Ley General de Urbanismo y Construcciones (Con su modificaciones y rectificaciones desde el D.O. 17/09/88 al D.O. 29/09/07, DTO-47 05.06.1992). En el Titulo II, De la Planificación Urbana, Capítulo I indica que se entenderá por Planificación Urbana, para los efectos de la presente ley, el proceso que se efectúa para orientar y regular el desarrollo de los centros urbanos en función de una política nacional, regional y comunal de desarrollo socio-económico. Los objetivos y metas que dicha política nacional establezca para el desarrollo urbano serán incorporados en la planificación urbana en todos sus niveles (Artículo 27º).

El Artículo 41º indica que se entenderá por Planificación Urbana Comunal aquella que promueve el desarrollo armónico del territorio comunal, en especial de sus centros poblados, en concordancia con las metas regionales de desarrollo económico-social. La planificación urbana comunal se realizará por medio del Plan Regulador Comunal. El Plan Regulador es un instrumento constituido por un conjunto de normas sobre adecuadas condiciones de higiene y seguridad en los edificios y espacios urbanos, y de comodidad en la relación funcional entre las zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento. Sus disposiciones se refieren al uso del suelo o zonificación, localización del equipamiento comunitario, estacionamiento, jerarquización de la estructura vial, fijación de límites urbanos, densidades y determinación de prioridades en la urbanización de terrenos para la expansión de la ciudad, en función de la factibilidad de ampliar o dotar de redes sanitarias y energéticas, y demás aspectos urbanísticos.

El Artículo 42º explicita que el Plan Regulador Comunal estará compuesto de: (a) Una Memoria explicativa, que contendrá los antecedentes socio-económicos; los relativos a crecimiento demográfico, desarrollo industrial y demás antecedentes técnicos que sirvieron de base a las proposiciones, y los objetivos, metas y prioridades de las obras básicas proyectadas; (b) Un estudio de factibilidad para ampliar o dotar de agua potable y alcantarillado, en relación con el crecimiento urbano proyectado, estudio que requerirá consulta previa al Servicio Sanitario correspondiente de la Región; (c) Una Ordenanza Local que contendrá las disposiciones reglamentarias pertinentes, y (d) Los planos, que expresan gráficamente las disposiciones sobre uso de suelo, zonificación, equipamiento, relaciones viales, límite urbano, áreas prioritarias de desarrollo urbano, etc.. Para los efectos de su aprobación, modificación y aplicación, estos documentos constituyen un solo cuerpo legal.

El Artículo 47º indica que deberán contar con el Plan Regulador Comunal: (a) las comunas que estén sujetas a Planificación Urbana-Regional o Urbana-Intercomunal; (b) todos aquellos centros poblados de una comuna que tengan una población de 7.000 habitantes o más; (c) aquellos centros poblados de una comuna que sean afectados por una destrucción total o parcial, y (d) aquellos centros poblados de una comuna que la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo respectiva disponga mediante resolución. La referida Secretaría Regional Ministerial podrá encargarse de la confección del Plan, debiendo, en todo caso,

enviarlo a la municipalidad correspondiente para su tramitación de acuerdo al procedimiento señalado en el inciso primero del artículo 43º.

DFL Nº 725/67 del Ministerio de Salud. Código Sanitario. Artículo 73º. Prohíbe descargar las aguas servidas y los residuos industriales o mineros en ríos o lagunas, o en cualquiera otra fuente o masa de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o para balneario, sin que antes se proceda a su depuración en la forma que se señale en los reglamentos. La autoridad sanitaria podrá ordenar la inmediata suspensión de dichas descargas y exigir la ejecución de sistemas de tratamientos satisfactorios destinados impedir toda contaminación.

*DFL Nº 1.122/81 del Ministerio de Obras Públicas. Código de Agua*s. A continuación se cita el texto completo de los artículos que se considera más relevantes para los fines de este informe.

Art. 58º. Cualquiera persona puede explorar con el objeto de alumbrar aguas subterráneas, sujetándose a las normas que establezca la Dirección General de Aguas. Si dentro del plazo establecido en el inciso primero del artículo 142 se hubieren presentado dos o más solicitudes de exploración de aguas subterráneas sobre una misma extensión territorial de bienes nacionales, la Dirección General de Aguas resolverá la adjudicación del área de exploración mediante remate entre los solicitantes. Las bases de remate determinarán la forma en que se llevará a cabo dicho acto, siendo aplicable a su respecto lo dispuesto en los artículos 142, 143 y 144, en lo que corresponda. Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, y siempre que se haya otorgado el permiso para explorar aguas subterráneas, para los efectos de lo señalado en artículo 142 inciso primero, se entenderá que la fecha de presentación de la solicitud para constituir el derecho de aprovechamiento sobre aguas subterráneas, será la de la resolución que otorgue tal permiso. El suelo ajeno sólo se podrá explotar previo acuerdo con el dueño del predio, y en bienes nacionales con la autorización de la Dirección General de Aguas. No se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta, sino con autorización fundada de la Dirección General de Aguas, la que previamente deberá identificar y delimitar dichas zonas.

Art. 61º La resolución que otorgue el derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas establecerá el área de protección en la cual se prohibirá instalar obras similares (área de protección de los pozos).

Art. 62º Si la explotación de aguas subterráneas por algunos usuarios ocasionare perjuicios a los otros titulares de derechos, la Dirección General de Aguas, a petición de uno o más afectados, podrá establecer la reducción temporal del ejercicio de los derechos de aprovechamiento, a prorrata de ellos. Esta medida quedará sin efecto cuando los solicitantes reconsideren su petición o cuando a juicio de dicha Dirección hubieren cesado las causas que la originaron.

Art. 63º La Dirección General de Aguas podrá declarar zonas de prohibición para nuevas explotaciones, mediante resolución fundada en la protección de acuífero, la cual se publicará en el Diario Oficial. La declaración de una zona de prohibición dará origen a una comunidad de aguas formada por todos los usuarios de aguas subterráneas comprendidos en ella. Las zonas que correspondan a acuíferos que alimenten vegas y los llamados bofedales de las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores extracciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa. La Dirección General de Aguas deberá previamente identificar y delimitar dichas zonas. Sin

perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, la Dirección General de Aguas podrá alzar la prohibición de explotar, de acuerdo con el procedimiento indicado en el artículo siguiente.

Art. 65º Serán áreas de restricción aquellos sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en los que exista el riesgo de grave disminución de un determinado acuífero, con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él. Cuando los antecedentes sobre la explotación del acuífero demuestren la conveniencia de declarar área de restricción de conformidad con lo dispuesto en el inciso anterior, la Dirección General de Aguas deberá así decretarlo. Esta medida también podrá ser declarada a petición de cualquier usuario del respectivo sector, si concurren las circunstancias que lo ameriten.Será aplicable al área de restricción lo dispuesto en el artículo precedente. La declaración de un área de restricción dará origen a una comunidad de aguas formada por todos los usuarios de aguas subterráneas comprendidas en ella.

Art. 66º. La Dirección General de Aguas podrá otorgar provisionalmente derechos de aprovechamiento en aquellas zonas que haya declarado de restricción. En dichas zonas, la citada Dirección limitará prudencialmente los nuevos derechos pudiendo incluso dejarlos sin efecto en caso de constatar perjuicios a los derechos ya constituidos.

Art. 67º Los derechos de aprovechamiento otorgados de acuerdo al artículo anterior, se podrán transformar en definitivos una vez transcurridos cinco años de ejercicio efectivo en los términos concedidos, y siempre que los titulares de derechos ya constituidos no demuestren haber sufrido daños. Lo mismo ocurrirá cuando el dueño de los derechos provisionales ejecute obras de recarga artificial que incorporen un caudal equivalente o superior a la extracción que efectúe. La Dirección General de Aguas declarará la calidad de derechos definitivos a petición de los interesados y previa comprobación del cumplimiento de las condiciones establecidas en el inciso precedente.

Artículo 92º Prohíbe botar a los canales substancias, basuras, desperdicios y otros objetos similares, que alteran la calidad de las aguas. Será responsabilidad de las Municipalidades respectivas, establecer las sanciones a las infracciones de este artículo y obtener su aplicación.

De esta manera, los acuíferos que alimentan los humedales altoandinos quedaron protegidos según la forma que se señala en los artículos 58 a 67 que establece que “las zonas que correspondan a acuíferos que alimentan vegas y bofedales de las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores explotaciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa”. Así, “no se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten vegas y bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta sino con autorización fundada de la DGA”. En este mismo ámbito la DGA mediante **Resolución Nº 197 del 24/1/00** declara el agotamiento del río Loa y sus afluentes en la II Región para nuevas extracciones de aguas.

DL Nº 19.821/02 del Ministerio de Obras Públicas. Deroga la Ley Nº 3.133 y modifica la Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales. Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas. Ordena y simplifica los procedimientos administrativos, fortalece las potestades fiscalizadoras y traslada la preocupación estatal desde la gestión de los administrados hacia los resultados que éstos logran alcanzar, en razón de las normas de emisión que deben cumplir.

3.3. Normas reglamentarias

Son aquellas normas contenidas básicamente en Decretos Supremos, donde también se incluyen los reglamentos

DS Nº 30 (D.O. 03/04/97) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Refundido en el D.S. Nº 95 de 2001 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Este reglamento "establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la Participación de la Comunidad, de conformidad con los preceptos de la Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente" (Artículo 1). Entre otras, identifica los proyectos y actividades que deben ser objeto de una declaración o estudio de impacto ambiental y señala los criterios que permiten definir esta situación. También se refiere a los contenidos mínimos que debe incluir un estudio de este tipo, así como el procedimiento para su presentación ante los organismos competentes. Incluye, además, un título completo referido a la participación de la ciudadanía en estos casos.

DS Nº 193 (D.O. 30/10/80) del Ministerio de Agricultura. Reglamento General D.L. 701. Este Decreto señala los procedimientos administrativos necesarios para calificar un terreno como de aptitud preferentemente forestal, así como los criterios que permiten reconocer las áreas susceptibles de ser beneficiadas con el Decreto Ley 701. También, se refiere a las normas y especificaciones técnicas a que deberán ajustarse los estudios y planes de manejo respectivo. A lo anterior, se agrega un título completo referido al procedimiento judicial cuando corresponda aplicar sanciones y multas como producto del incumplimiento de las normas referidas.

DS Nº 259 (D.O. 30/01/80) del Ministerio de Agricultura. Reglamento técnico del D.L. 701, de 1974. Este reglamento trata las normas que rigen para elaborar planes de manejo orientados al bosque nativo. Para asegurar la regeneración del bosque nativo (“el constituido naturalmente por especies autóctonas y que pueden presentarse formando tipos forestales” (artículo 1°, letra b).

D.S. N° 193 (D.O. 29/09/98). Se establecen diferentes métodos de corta, desde voltear todos los árboles de una superficie dada hasta la extracción individual de árboles o grupos pequeños de ellos. Luego, se definen doce tipos forestales y los métodos de corta que pueden ser utilizados en su explotación. Sin embargo, para los efectos de reforestar plantea la posibilidad de reemplazar la especie cortada por otra nativa o introducida, previa aprobación del plan de manejo respectivo. Para efectos de los alcances de esta norma es factible su aplicación a especies nativas como *Prosopis* sp.

DS Nº 192 (D.O. 03/11/98 del Ministerio de Agricultura. Reglamento para el pago de las bonificaciones forestales. Para efectos de los alcances de esta norma es factible su aplicación a especies nativas como *Prosopis* sp. Lo que constituiría un incentivo para su aplicación en el Valle de Quillagua.

DS Nº 1.341 (D.O. 16/12/98) *del Ministerio de Agricultura*. Reglamento que establece normas contables aplicables a los contribuyentes que realizan actividades forestales de conformidad al D.L. 701, de 1974. Igualmente es factible su aplicación en actividades forestales que incluyan las especies nativas mencionadas. Estos últimos dos decretos complementan la operatividad del D.L. 701 como también la de su reglamento.

DS Nº 4.363 (D.O. 31/07/31) del Ministerio de Agricultura. *Ley de bosques.* Entre los elementos más destacables de esta ley, se encuentran los artículos 5º, 10º, 17º y 19º. Según los cuales no se pueden cortar árboles o arbustos nativos en determinados casos, donde se protege la relación agua-suelo-vegetación; el Presidente de la República puede establecer "Reservas de Bosques" y "Parques Nacionales de Turismo", dos figuras cuyos objetivos centrales serían "regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje" (Artículo 10º.); se prohíbe el roce a fuego como método de explotación en los terrenos forestales; y, por último, "se autoriza al Presidente de la República para reglamentar la explotación de las cortezas que contengan sustancias tánicas, saponinas y la recolección de los frutos de árboles y arbustos nativos" (Artículo 19º.), respectivamente.

DS N° 366 (17 de Febrero de 1944) del Ministerio de Tierras y Colonización. Explotación de tamarugo, algarrobo, chañar, guayacán, olivillo, carbón o carbonillo, espino, boldo, maiten, litre, bollen y quillay. Art. 1°.- Se considerarán como forestales para los efectos de la explotación de maderas, leñas y carbones, los terrenos de secano no susceptibles de aprovechamiento agrícola inmediato que se encuentren ubicados entre el límite norte de la provincia de Tarapacá y el río Maipo. Art. 2°.- En la región indicada queda prohibida indefinidamente: a) La descepadura de las siguientes especies: "Tamarugo, algarrobo, chañar, guayacán, olivillo, carbón o carbonillo, espino, boldo, maitén, litre y bollén". La corta o explotaciones de estos árboles y arbustos sólo será permitida durante los meses de Abril, Mayo, Junio y Julio de cada año en toda la área de distribución de esta especie en la República. b) La libre explotación de tamarugos, algarrobos y chañares, siendo menester un permiso escrito del Intendente o Gobernador respectivo para poder hacerlo en las épocas señaladas en el inciso anterior. Para obtener este permiso deberá solicitarse por escrito a la autoridad referida, indicándose si el solicitante es dueño o arrendatario del predio, la densidad del bosque, ubicación y número de árboles que va a explotarse, producto que se tendrá de ellos y demás datos necesarios para la resolución de esta solicitud. Se acompañará a dicha solicitud un plano o croquis del terreno en que se va a efectuar la explotación, relacionando su ubicación con el pueblo o estación más cercana. c) La explotación de tamarugos, algarrobos y chañares que vegetan en terrenos fiscales.

DS 02 de 2005 Ministerio de Agricultura. *Declara Monumento Natural las especies de fauna silvestre* Huemul (Hippocamelus bisulcus), Chinchilla lanígera, costina o chilena (Chinchilla manigera), Chinchilla cordillerana (chinchilla brevicaudata), Cóndor (Vultur gryphus, Picaflor de Arica (Eulidia yarrellii) y Picaflor de Juan Fernández (Scephanoides fernandensis).

N Ch Nº 1.333 de 1987 del Instituto Nacional de Normalización. Regula la calidad del agua para diferentes usos.

DS N° 75 de 2005 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. El Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres, establece las disposiciones que regirán el procedimiento para la clasificación de especies de flora y fauna silvestres en las distintas categorías de conservación a las cuales alude la ley Nº19.300.

DS N° 185 de 1991 del Ministerio de Minería. Reglamenta el funcionamiento de establecimientos emisores de anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico. Establece las normas secundarias de anhídrido sulfuroso: horarias, diarias y anuales a nivel nacional, diferenciadas en zona Norte y Sur del país, con el propósito de protección a los recursos naturales y la salud humana.

DS Nº 594 de 2000 del Ministerio de Salud. Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo Artículo 17. Párrafo 3º De la Disposición de Residuos Industriales. Artículo 17º En ningún caso podrán incorporarse a las napas de agua subterránea de los subsuelos o arrojarse en los canales de regadío, acueductos, ríos, esteros, quebradas, lagos, lagunas, embalses o en masas o en cursos de agua en general, los relaves industriales o mineros o las aguas contaminadas con productos tóxicos de cualquier naturaleza, sin ser previamente sometidos a los tratamientos de neutralización o depuración que prescriba en cada caso la autoridad sanitaria. En ningún caso podrán incorporarse a las napas de agua subterránea de los subsuelos o arrojarse en los canales de regadío, acueductos, ríos, esteros, quebradas, lagos, lagunas.

DS N°148 de 2003 Ministerio de Salud: *Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos*. Este reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.

DS Nº 93 de 1995 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión. Procedimiento para la dictación de normas de calidad ambiental primarias y secundarias y el procedimiento y los criterios para la revisión de dichas normas, se sujetarán a las disposiciones del presente reglamento.

DS N° 94 de 1995 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento que fija el Procedimiento y Etapas para Establecer Planes de Prevención y de Descontaminación. El procedimiento para la elaboración de los Planes de Prevención y de Descontaminación, y su proposición a la autoridad para su establecimiento, conforme a lo dispuesto en el inciso final del artículo cuarenta y cuatro de la Ley 19.300, se sujetará a las normas del presente reglamento.

DS Nº 90 de 2000 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. Esta norma tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de los contaminantes asociados a los residuos líquidos que descargan a estos cuerpos receptores. En ella se establece la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos industriales líquidos descargados por las fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile. Establece que será la Dirección General de Aguas quien determinará el caudal disponible para dilución en un cuerpo receptor, el contenido de captación y el contenido natural del cuerpo receptor. La norma clasifica las aguas en cuatro clases: -Clase excepción: por su extraordinaria pureza y escasez forma parte del patrimonio ambiental; -Clase 1: Muy buena calidad. Apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3; -Clase 2: Buena calidad. Agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la clase 3.; -Clase 3: Regular calidad. Agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

DS Nº 46 de 2002 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas. Esta Norma de emisión tiene como objetivo de protección ambiental y prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, mediante el control de la disposición de los residuos líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero, contribuyendo a mantener la calidad de las aguas subterráneas. En ella se determinan las concentraciones máximas de contaminantes permitidas en los residuos líquidos que son

descargados por la fuente emisora, a través del subsuelo, a las zonas saturadas de los acuíferos, mediante obras destinadas a infiltrarlo. Establece que será la Dirección General de Aguas quien determinará la vulnerabilidad del acuífero y el contenido natural del cuerpo receptor. Para esos efectos podrá solicitar los antecedentes que estime conveniente al responsable de la fuente emisora.

DS Nº 609 de 1998 (DO: 20 de julio de 1998) Ministerio de Obras Públicas. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado. (Modificada por DS 3592/2000 y por DS 601/2004). Reemplazó a la Norma Técnica Nch 2.280 de similar contenido. El Decreto tiene por objetivo mejorar la calidad ambiental de las aguas servidas crudas que los servicios públicos de disposición de éstas vierten a los cuerpos de agua terrestres o marítimos, mediante el control de los contaminantes líquidos de origen industrial que se descargan en el alcantarillado. Con lo anterior se logra que se dispongan aguas residuales con un bajo nivel de contaminación, protegiendo así los cuerpos de agua receptores. También busca proteger los sistemas mismos de alcantarillado y las plantas de tratamiento de aguas servidas, así como evitar que elementos contaminantes puedan ser liberados al medio ambiente urbano por accidentes del sistema de alcantarillado. La norma establece límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúen a redes de alcantarillado que no cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas y límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúan a redes de alcantarillado que cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas (25 parámetros). También establece los límites máximos de emisión de elementos contaminantes específicos de diversas actividades productivas, por rubros. La norma establece los sistemas de control, las condiciones para la extracción de muestras, los criterios de cumplimiento o incumplimiento de la norma y los métodos de análisis de las muestras, así como las responsabilidades de fiscalización de instancias públicas tales como la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), Servicios de Salud y Municipalidades.

Normas Secundarias de Calidad Ambiental. Esta norma establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza. Los objetivos de esta norma son: (a) Mantener o recuperar la calidad de las aguas para proteger y contribuir a la conservación de las comunidades acuáticas. (b) Proteger la calidad de las aguas para la bebida de animales sea que vivan en estado silvestre o bajo el cuidado y dependencia del hombre. (c) Proteger la calidad de las aguas para riego de manera de contribuir a la conservación de los suelos y la flora silvestre o cultivada. (d) Proteger cuerpos o cursos de agua de extraordinaria calidad que constituyen parte del patrimonio ambiental. Actualmente está en elaboración la **Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Superficiales Continentales de la Cuenca el río Loa.**

TABLA 7-28. LEGISLACIÓN AMBIENTAL REFERIDA A LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Norma Constitucional	
Artículo 19, Nº 8	Derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.
Artículo 19, Nº 24	Derecho de propiedad.
Artículo 20, inciso 2º	Consagra el Recurso de protección.
Artículo 21, inciso 1º	Derecho a desarrollar cualquiera actividad económica.
Norma Legal	
Ley Nº 19.300	Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.
D.L. Nº 701	Sobre fomento forestal.
Ley Nº 17.288	Sobre Monumentos Nacionales.
Ley Nº 11.402	Sobre las obras de defensa y regularización de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros.
Ley Nº 18.378	Sobre distritos de conservación de suelos, bosques y aguas; y conservación de la riqueza turística.
D.S. Nº 141	Aprueba Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).
D.L. Nº 3.485	Aprueba convención relativa a las zonas de importancia internacional, especialmente como hábitat de las aves acuáticas, firmada en Ramsar, Irán, el 02 de febrero de 1971
Ley Nº 18.892	Ley de Pesca y Acuicultura
Ley N° 19.473	Ley de Caza
Ley Nº 18.362	Sistema Nacional de Areas Silvestres del Estado
Ley Nº 18.892,	Ley de Pesca y Acuicultura
D.F.L Nº 725/67	Código Sanitario
D.F.L Nº 1.122	Código de Aguas
D.L. Nº 3.557	Ley de protección agrícola
D.L. Nº 1.939/77	Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado
D.L. Nº 19.821/02	Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales. Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas
Norma Reglamentaria	

D.S. Nº 30/97	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
D.S. Nº 193/80	Reglamento General D.L. 701.
D.S. Nº 259/80	Reglamento técnico del D.L. 701, de 1974.
D.S. Nº 192/98	Reglamento para el pago de las bonificaciones forestales.
D.S. Nº 1.341/98	Reglamento que establece normas contables aplicables a los contribuyentes que realizan actividades forestales de conformidad al D.L. 701, de 1974.
D.S. Nº 4.363/31	Ley de bosques.
D.S N° 366/44	Explotación de tamarugo, algarrobo, chañar, guayacán, olivillo, carbón o carbonillo, espino, boldo, maiten, litre, bollen y quillay.
D.S. Nº 771	Promulga la Convención sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitats de las aves acuáticas, suscrito en Irán el 02 de febrero de 1971 (Ramsar).
D.S. Nº 971	Protocolo para enmendar la convención sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitats de las aves acuáticas (Ramsar).
D.F.L. N° 235/99	Establece sistema de Incentivos para la recuperación de suelos degradados.
D.S. N° 75/05	Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres
Ch Nº 1.333/87.	Regula la calidad del agua para diferentes usos
D.S. Nº 95/01	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
D.S. 90/00	Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales
D.S. 46/02	Norma de Emisión Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas
Normas Secundarias de Calidad Ambiental.	Norma Secundaria de Calidad Ambiental

3.4. Análisis de la aplicabilidad de la legislación seleccionada.

Atendiendo a las características del área de estudio, se han definido seis unidades como sistemas relevantes sobre los cuales se aplican o no, las normas jurídicas (Fig. 8-1). Estos sistemas, se definieron como tales, por que expresan adecuadamente la aplicación de estas normas considerando el objeto de conservación definido con anterioridad: el Valle de Quillagua, y sobre los cuales se expresarán las normas jurídicas en la cartografía, más delante. Los sistemas son:

I.- Cuerpos de agua;
II.- Humedales palustres;
III.- Praderas, cultivos, matorrales;
IV.- Vegetación arbórea;
V.- Desierto;
VI.- Zona urbana

Normas constitucionales

La constitución no alude en forma explícita a la biodiversidad, lo cual contrasta con el tratamiento que ella da a los componentes ambientales minerales e hídricos, respecto de los cuales existen normas específicas (Valenzuela 1994). Esto es importante porque la Constitución también asegura la propiedad privada y la posibilidad de desarrollar cualquier actividad económica (Artículo 19, números 24 y 21, respectivamente). De este modo, como afirma Valenzuela (1994), en la práctica la diversidad biológica constituye "un objetivo ajeno a la Constitución de 1980" y se puede adquirir libremente la propiedad de sus diversos componentes. En consecuencia, ello abre espacios para hacer un "uso, goce y disposición" de estas propiedades que con mucha frecuencia contrastan con los intereses superiores, más generales y de largo plazo del país (véase Pellet 2005). Mientras se mantenga el actual régimen de protección y garantías del derecho de propiedad en Chile, por sobre el bien común, Hermosilla (2004) estima que ello no contribuirá a la efectiva protección y conservación de la biodiversidad. Para que esto ocurra en la realidad, debiera contarse necesariamente con normativas de rango constitucional y de legislación básica del ordenamiento jurídico chileno, que llenen vacíos o modifiquen normas existentes. Ello implica forzosamente reformas a la Constitución Política del Estado y de Códigos fundamentales como el Civil, de Minería y de Aguas.

Aplicabilidad de los tratados internacionales

En general no existe una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios. Dentro de este contexto, se aprecia la ausencia, en el ordenamiento jurídico actual de manifestaciones concretas del Principio de Precaución, al que obliga, por ejemplo, la adhesión al Convenio sobre Diversidad Biológica (Hermosilla 2004).

Convención de Washington

En la Convención de Washington, la norma más directamente vinculada a la biodiversidad establece que “los límites de los parques nacionales no serán alterados ni enajenada parte alguna de ellos sino por acción de autoridad legislativa competente disposición que entra en claro conflicto con la normativa nacional que indica que “las unidades de manejo serán creadas, alteradas o reclasificadas mediante sendo decretos supremos expendidos por intermedio de los ministerios que señala” agregando que “la pérdida de su condición de tal quedará sujeta a igual procedimiento administrativo. Aunque, si bien es cierto esta ley no entra en vigencia aún, queda la incertidumbre de que cobre tal aplicación una vez que se defina la suerte de la nueva CONAF. La otra disposición conflictiva, dispone que “las riquezas existentes en parques nacionales no se explotarán con fines comerciales así como sus disposiciones en el sentido que monumentos naturales deben ser considerados “inviolables”, con las excepciones establecidas en beneficio de las “investigaciones científicas” debidamente autorizadas o para efectuar inspecciones gubernamentales. Según Hermosilla (2004) el punto crítico radica en que la legislación nacional, para compatibilizar sus normas con los compromisos internacionales asumidos por el país, debiera prohibir la realización de actividades mineras en los parques

nacionales o dictar una ley especial para cada caso y con respecto a los monumentos naturales, protegerlos efectivamente asegurando su inviolabilidad.

Convención de Ramsar

El estado de los humedales en la región de Antofagasta es crítica en los oasis, así como en la zona desértica de altura (Comité Nacional de Humedales de Chile, 2000). Los factores tensionantes son las descargas de aguas residuales (domésticas e industriales) sin tratamiento; la falta de una adecuada planificación y ordenamiento territorial, y uso de aguas sin criterios de sustentabilidad ecológica. Algunas normas han significado un relativo avance en resguardo de estos ecosistemas, tales como las disposiciones de protección de vegas y bofedales de las zonas altiplánicas, como también las recientes normas regulatorias de descargas de residuos líquidos industriales a sistemas de alcantarillado y la que se refiere a los cuerpos de aguas superficiales. Sin embargo, el cumplimiento de la Convención no es adecuada (véase Muñoz-Pedreros 2004) ya que el peso del sistema que privilegia el ejercicio del derecho de dominio sobre las aguas y en beneficio de la actividad minera, por sobre consideraciones de protección a estos ecosistemas (Hermosilla 2004). Así, por ejemplo, las principales fuentes de aguas superficiales y subterráneas han sido entregadas en la Región de Antofagasta conforme a los procedimientos legales vigentes, no respetándose varias recomendaciones de la Convención, como los caudales ecológicos. La utilización de esta agua, principalmente por las demandas del sector minero y del crecimiento urbano, ha producido cambios en los ecosistemas. Así el uso de esta Convención no es alta por la inexistencia de una política nacional operativa, normativa nacional específica en Chile que regule con un enfoque integral los humedales, como asimismo, por falta de un solo organismo estatal que se encargue de su manejo y protección (Montenegro et al., 2001).

Convención de Biodiversidad

En una de sus partes la Convención dispone: "la Conferencia de las Partes examinará sobre la base de estudios que se llevarán a cabo, la cuestión de la responsabilidad y reparación, incluso el reestablecimiento y la indemnización por daños causados a la diversidad biológica, salvo que esa responsabilidad sea una cuestión puramente interna". Existe falta de claridad sobre la materia y el ámbito de los estudios a los que alude el artículo 14 y que estima que éstos deben referirse sólo a materias como la biotecnología o los impactos ambientales que produce la lluvia ácida (UNEP/CBD, 2001). Es decir, busca restringir el ámbito de aplicación de un sistema de responsabilidad en esta materia como posición que no necesariamente se condice con la que tradicionalmente sostienen los países en desarrollo. También resulta patente comprobar la ausencia, dentro de nuestro Derecho Interno, de normativas que recojan el Principio de la precaución. La idea central del principio de precaución es que tanto los intereses privados como los públicos debieran actuar de manera de prevenir el daño ambiental antes que este ocurra; en contraste con las políticas de mitigación y remediación que adoptan una aproximación reactiva.

Aplicabilidad de la normativa referente a los humedales y recursos hídricos

Utilizando como base las normas ya señaladas en los puntos anteriores, se puede describir la situación actual del recurso agua desde el punto de vista de la aplicación de la legislación ambiental; al tiempo que se construye su expresión cartográfica.

Áreas de protección

Acuíferos Protegidos que alimentan vegas y bofedales de la I y II Región

Las áreas de protección son sectores protegidos por ley, estas están asociadas a ciertas áreas que son de importancia para la flora y fauna o bien para el consumo humano o animal de localidades indígenas. Dentro de ellas se pueden distinguir: Acuíferos Protegidos de la I y II Región.

La relación de la Dirección General de Aguas con el tema indígena comienza en concreto en el año 1992, cuando a la luz de las políticas de Gobierno impulsadas por el Presidente Aylwin, se modificaron los artículos 58 y 63 del Código de Aguas en el sentido de prohibir la exploración y explotación de aguas subterráneas en los acuíferos alimentadores de las vegas y bofedales de las ex I y II regiones, que son el sustento de las actividades agroganaderas y de sobrevivencia de las comunidades andinas, como una medida de protección de estos ecosistemas únicos y del manejo y uso ancestral que las comunidades habían hecho de ellos. A partir del año 1993 la DGA comenzó a realizar estudios para identificar y ubicar áreas de vegas y bofedales y delimitar sus acuíferos alimentadores. Es así entonces que en 1996 se dictó la Resolución DGA N° 909 que prohibió la exploración y explotación de las aguas subterráneas antes mencionadas. En la Región Antofagasta se protegieron 167 humedales con una superficie asociada de 2.798 km^2, equivalentes al 2.22% de la superficie total de la Región. En 2006 mediante Resolución DGA Nº 87 se modificó la delimitación de estos acuíferos para la II Región, quedando protegidos 228 humedales y una superficie de 5.149 km^2 equivalentes al 4.07% de la superficie total regional. Aún cuando no existen acuíferos protegidos en la localidad de Quillagua podría haberlos en caso de que existieran y cumplan con los requisitos mencionados.

Política Nacional de Humedales (PNRH)

La propuesta para una Política Nacional de Recursos Hídricos fue elaborada por la Dirección General de Aguas, recogiendo los resultados de numerosos estudios y la experiencia del Servicio adquirida a lo largo de 30 años y sometida a un amplio debate. En ella se identifican los principales desafíos a enfrentar en el futuro próximo, los que se identifican con la demanda, los temas ambientales y la variabilidad climática. En el ámbito ambiental la gestión de los recursos hídricos se centran en los requerimientos hídrico para fines ambientales, para la protección de los ecosistemas y de los valores paisajísticos y turísticos asociados; y la contaminación de las aguas.

Los principales objetivos de la PNRH son: Asegurar la disponibilidad de agua para el abastecimiento de las necesidades básicas de la población y mejorar la eficiencia de uso; localizar los recursos hídricos en aquellas demandas que presentan el mayor beneficio económico, social y medio ambiental para el país; maximizar el aporte de los recursos hídricos al crecimiento del país, a través del desarrollo de las fuentes no utilizadas y del reuso; disminuir

el impacto de la variabilidad hidrológica en la actividad del país; recuperar el pasivo ambiental existente y; minimizar los niveles de conflicto relacionados con el agua En materia ambiental los principales problemas de contaminación que es necesario resolver se refieren a la contaminación por aguas servidas domésticas, la proveniente de efluentes mineros y residuos industriales líquidos (riles) y la contaminación agrícola y difusa de aguas subterráneas. Las líneas de acción que se propone implementar están referidas a 1) Naturaleza jurídica de los derechos de aprovechamiento y acondicionamiento del marco legal. ii) Estructura institucional, gestión integrada y planificación. iii) Medio ambiente y contaminación. iv) Aprovechamiento de los recursos hídricos. v) Administración del agua y organizaciones de usuarios. vi) Evaluación y conocimiento de los recursos hídricos y sistemas de información. vii) Formación técnica y educación al público.

Protección de vegas y bofedales

La Ley Nº19.300, de Bases del Medio Ambiente, de 1994, a través del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, contempla cuatro artículos relativos a las vegas y bofedales, y humedales en general. Artículo 3.- Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:

a) Presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas. Se entenderá que estos proyectos o actividades son significativos cuando se trate de: a.2. Drenaje o desecación de vegas y bofedales ubicados en las Regiones I y II, cualquiera sea su superficie.

Artículo 6.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire. A objeto de evaluar los efectos adversos significativos a que se refiere el inciso anterior, se considerará: n) el volumen, caudal y/o superficie, según corresponda, de recursos hídricos a intervenir y/o explotar en: n.1. vegas y/o bofedales ubicados en las Regiones I y II, que pudieren ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas;

Artículo 77.- En el permiso para efectuar exploraciones de aguas subterráneas en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales, en las Regiones de Tarapacá y Antofagasta, a que se refiere el inciso tercero del artículo 58 del D.F.L. 1.122/81, Código de Aguas, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo.

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para la preservación del bofedal o vega, en consideración a: sus características, su régimen de alimentación, el caudal máximo de agua que se pretende alumbrar, los aprovechamientos existentes de las aguas superficiales y subterráneas que se encuentran en la zona que se va a explorar y la ubicación de los terrenos donde se realizarán los trabajos y la extensión que se desea explorar.

Artículo 78.- En el permiso para realizar nuevas explotaciones o mayores extracciones de aguas subterráneas que las autorizadas, en zonas de prohibición, a que se refiere el artículo 63 del D.F.L. 1.122/81, Código de Aguas, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo.

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para la preservación de acuíferos que alimenten vegas y bofedales en las regiones indicadas, de acuerdo a: las características del acuífero, surégimen de alimentación, el caudal máximo de agua que se pretende explotar y los efectos sobre la recarga artificial del acuífero. Dado que en Quillagua no existen bofedales la aplicación de esta norma podría hacerse a las áreas de vega del oasis.

Derechos de agua

En el año 1997 se firmó entre CONADI y la DGA el convenio a que se refería el artículo 3° T de la Ley 19.253, para la protección, constitución y restablecimiento de los derechos de agua de propiedad ancestral de las comunidades aymara y atacameñas.

A partir del año 1998 la Dirección General de Aguas comenzó a trabajar fuertemente el concepto del Manejo Integrado de los Recursos Hídricos a nivel de cuencas hidrográficas para, en 1999, formular la Política Nacional de Recursos Hídricos. Uno de los pilares fundamentales del proceso de gestión sustentable del agua, es el que se realice sobre la base de la participación de todos los usuarios del agua a través del diálogo y colaboración instaladas en la base de la sociedad, esto es, la gestión del agua con la gente y cerca de la gente. Es por lo anterior que la DGA comenzó a trabajar con las comunidades indígenas de manera integrada y coordinada a nivel nacional, como un sector usuario del recurso hídrico que necesita mayor apoyo a fin de integrar adecuadamente este proceso de manejo de cuencas. Dentro de esta línea de trabajo establecida durante el año 2002 se desarrollaron proyectos y actividades de coordinación. Uno de los proyectos fue el desarrollo de Talleres Participativos con las comunidades indígenas aymara, atacameñas y mapuche. A finales del año 2002 se estableció una mesa permanente de trabajo entre la DGA I Región y CONADI Oficina Norte. Igualmente, en enero de este año se conformó la mesa de trabajo CONADI - Bienes Nacionales - DGA en esa misma Región. Las mesas de trabajo CONADI - DGA y CONADI - DGA - Bienes Nacionales en la II Región, vienen funcionando exitosamente desde el año 2001.

La reclamación de este derecho en Quillagua estaría asociada al componente étnico de la población local y la restitución de derechos ancestrales de uso, si los hubiera.

Aplicabilidad de la normativa referente a la flora y vegetación

Respecto de las especies vegetales, existen varias normas que se refieren desde reglamentar su explotación hasta asegurar la conservación de algunas de ellas.

Ley de bases del Medio Ambiente (Ley Nº19.300 D.O. 09/03/94)

Indica que los organismos competentes del Estado "confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerables, raras e insuficientemente conocidas" (Artículo 38º).

D.S. Nº 259 (D.O. 30/01/80). Reglamento técnico del D.L. 701, de 1974. Este reglamento trata las normas que rigen para elaborar planes de manejo orientados al bosque nativo. Para los efectos de reforestar plantea la posibilidad de su aplicación a especies nativas como *Prosopis.*

D.S. Nº 192 (D.O. 03/11/98). Reglamento para el pago de las bonificaciones forestales. Para efectos de los alcances de esta norma es factible su aplicación a especies nativas como Prosopis sp. lo que constituiría un incentivo para su aplicación en el Valle de Quillagua.

D.S. Nº 1.341 (D.O. 16/12/98). Reglamento que establece normas contables aplicables a los contribuyentes que realizan actividades forestales de conformidad al D.L. 701. Igualmente es factible su aplicación en actividades forestales que incluyan las especies nativas mencionadas.

D.S. Nº 4.363 (D.O. 31/07/31). Ley de bosques. Entre los elementos más destacables de esta ley, se encuentran los artículos 5º, 10º, 17º y 19º. Según los cuales no se pueden cortar árboles o arbustos nativos en determinados casos, donde se protege la relación agua-suelo-vegetación; el Presidente de la República puede establecer "Reservas de Bosques" y "Parques Nacionales de Turismo", dos figuras cuyos objetivos centrales serían "regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje" (Artículo 10º.); se prohíbe el roce a fuego como método de explotación en los terrenos forestales; y, por último, "se autoriza al Presidente de la República para reglamentar la explotación de las cortezas que contengan sustancias tánicas, saponinas y la recolección de los frutos de árboles y arbustos nativos" (Artículo 19º.), respectivamente.

D.S N° 366 (17 de Febrero de 1944) del Ministerio de Tierras y Colonización. Explotación de tamarugo, algarrobo, chañar, guayacán, olivillo, carbón o carbonillo, espino, boldo, maiten, litre, bollen y quillay. Art. 1°.- Se considerarán como forestales para los efectos de la explotación de maderas, leñas y carbones, los terrenos de secano no susceptibles de aprovechamiento agrícola inmediato que se encuentren ubicados entre el límite norte de la provincia de Tarapacá y el río Maipo. Art. 2°.- En la región indicada queda prohibida indefinidamente: a) La descepadura de las siguientes especies: "Tamarugo, algarrobo, chañar, guayacán, olivillo, carbón o carbonillo, espino, boldo, maitén, litre y bollén". La corta o explotaciones de estos árboles y arbustos sólo será permitida durante los meses de Abril, Mayo, Junio y Julio de cada año en toda la área de distribución de esta especie en la República. b) La libre explotación de tamarugos, algarrobos y chañares, siendo menester un permiso escrito del Intendente o Gobernador respectivo para poder hacerlo en las épocas señaladas en el inciso anterior. Para obtener este permiso deberá solicitarse por escrito a la autoridad referida, indicándose si el solicitante es dueño o arrendatario del predio, la densidad del bosque, ubicación y número de árboles que va a explotarse, producto que se tendrá de ellos y demás datos necesarios para la resolución de esta solicitud. Se acompañará a dicha solicitud un plano o croquis del terreno en que se va a efectuar la explotación, relacionando su ubicación con el pueblo o estación más cercana. c) La explotación de tamarugos, algarrobos y chañares que vegetan en terrenos fiscales.

Aplicabilidad de la normativa referente a la fauna silvestre

Ley de bases del Medio Ambiente (Ley Nº 19.300 D.O. 09/03/94)

Indica que los organismos competentes del Estado "confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerables, raras e insuficientemente conocidas" (Artículo 38º).

Ley N° 19.473. Ley de Caza

Aplicada a todos las especies protegidas, aquellas para las cuales se han dictado normas de conservación (prohibición de caza y definición de vedas o cuotas, entre otros), es decir aquellas especies contenidas en los artículos 4° y 5° del Reglamento de la Ley de Caza.

Ley General de Pesca y Acuicultura

Específicamente aplica el DS Nº145/86 que establece veda de extracción del camarón de río (hembras ovíparas) *Cryphiops caementarius,* entre el 1 de diciembre y el 30 de abril y fija su talla mínima de captura de 30 mm (medido desde órbita derecha hasta el extremo posterior del cefalotórax).

Aplicabilidad de la normativa referente al paisaje

Ley Nº 17.288/70 (Monumentos Nacionales)

Esta normativa aplica al Tranque Sloman, declarado monumento nacional.

DL 1.939/77

Faculta la adquisición, administración y disposición sobre los bienes del Estado o fiscales al Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación. En este caso es relevante considerar el que norma la facultad de adquisición, administración y disposición sobre predios fiscales que pueden destinarse para finalidades de conservación y protección del medio ambiente.

Ley Nº 18.378 /84

Esta ley de conservación en predios agrícolas, permite la creación de distritos de conservación de suelos, bosques y aguas y permite la creación de áreas de protección turística.

Ambas normativas permitirían favorecer la conservación de paisajes y áreas naturales que potenciarían el desarrollo turístico de Quillagua, lo que se complementa con el monumento nacional Tranque Sloman.

Resumen de aplicabilidad de normas legales en el Valle de Quillagua

En la Tabla 7-29 se resume la aplicabilidad potencial de las diferentes normas jurídicas a la conservación del Valle de Quillagua, en función de lo anteriormente expuesto. Sólo se consideraron aquellas regulaciones que tienen expresión a través de los sistemas relevantes anteriormente descritos.

TABLA 7-29. APLICABILIDAD DE LAS DIFERENTES NORMAS JURÍDICAS A LA CONSERVACIÓN DEL OBJETO DE CONSERVACIÓN EN ÁREA DE ESTUDIO. 2007.

NORMAS JURÍDICAS	DESCRIPCIÓN	SISTEMA QUE AFECTA	APLICABILIDAD POTENCIAL
Ley Nº 19.300	Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.	I, II, III, IV, V y VI	Alta
L. Nº 19.473/96 Ley de Caza	Establece prohibición de caza y captura de todos los vertebrados nativos de Chile.	I, II, III, IV, V y VI	Alta
DL Nº 3.485 Convención de Ramsar DS Nº 971	Promover el uso racional de todos los humedales de su territorio	I y II	Baja
Ley Nº 11.402	Sobre las obras de defensa y regularización de las riberas y cauces de ríos, lagunas y esteros. Artíc.1. Estas obras pueden incluir la reforestación de las hoyas hidrográficas…	I	Medio
DFL Nº 725 Código sanitario Art. 73	Prohíbe descarga de aguas servidas y residuos industriales o mineros en cuerpos de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o balneario sin que antes sea depurado.	I	Alto
DS Nº 4.363 Ley de bosques Art. Nº 5	Prohíbe la corta o destrucción del arbolado situado a menos de 200 metros de radio de los manantiales que nazcan en terrenos planos no regados.	I, II y IV	Alta
DS Nº 4.363 Ley de bosques Art. Nº 19	Reglamenta la explotación de las cortezas que contengan sustancias tánicas, saponinas y la recolección de los frutos de árboles y arbustos nativos.	III y IV	Baja
DS Nº 4.363 Ley de bosques Art. Nº 10	Podrán establecerse "Reservas de Bosques" y "Parques Nacionales de Turismo", con fines de regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje"	I, II y IV	Alta
DS Nº 90/00 Norma de emisión	Regula la emisión de contaminantes asociados a descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales	I y II	Alta
DS Nº 46/02 Norma de emisión	Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas	I y II (incluye napas)	Alta
Ley Nº 18.892, de 1989 de Pesca y Acuicultura	Establece veda de captura de hembras ovígeras del camarón de río	I	Baja
Ley Nº 17.288/70 (Monumentos Nacionales)	Señala que el Estado guardará y protegerá los monumentos nacionales, a través del Consejo de Monumentos Nacionales; y también, los Santuarios de la Naturaleza.		Aplica al Tranque Sloman
D.F.L Nº 1.122/82 (Código de Aguas)	Regula la exploración en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta. Protege los acuíferos que alimentan los	I	Alta

	humedales altoandinos (Art. 58 a 67) alimentan vegas y bofedales de la Región de Antofagasta prohibiendo mayores explotaciones que las autorizadas y nuevas explotaciones sino con autorización fundada de la DGA.		
Ley Nº 18.378 /84. (de conservación en predios agrícolas)	Permite la creación de distritos de conservación de suelos, bosques y aguas. Permite la creación de áreas de protección turística.	I, II, III y IV	Alta
DL Nº 3.557/81(Ley de protección agrícola)	Fija medidas que deben adoptar los establecimientos industriales, fabriles, mineros y cualquier otra entidad que manipule productos susceptibles de contaminar la agricultura, tendientes a evitar o impedir la contaminación	III	Alta
D F L N° 235/99 Ministerio de Agricultura	Establece sistema de Incentivos para la recuperación de suelos degradados.	III	Alta
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	Faculta la adquisición, administración y disposición sobre los bienes del Estado o fiscales al Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación. Artículo 15.- Las reservas forestales, Parques Nacionales y los terrenos fiscales cuya ocupación comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse para finalidades de conservación y protección del medio ambiente. Artículo 16.- En los contratos de compraventa o concesiones de terrenos fiscales rústicos podrán imponerse al beneficiario obligaciones para la protección del medio ambiente. Artículo 21.- Podrán declararse Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines.	I, II, III y IV	Baja
DL Nº 19.821/02 Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales.	Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas.	I	Alta
D.S. Nº 30/97. D.S. Nº 95/01	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental identificando los proyectos y actividades que deben ser objeto de una declaración o estudio de impacto ambiental y señala los criterios que permiten definir esta situación.	I, II, III, IV, V y VI	Alta
D.S. Nº 193/80. (Reglamento General) D.S. Nº 259/80 (y técnico del D.L. 701) D.S. Nº 192/98. D.S. Nº 1.341/98.	Varios decretos en relación al DL 701 que establecen mecanismos de fomento a su implementación a través de pago de bonificaciones forestales e incentivos contables, los que podrían aplicarse a plantaciones/reforestaciones con especies nativas como tamarugo, chañar y algarrobo.	IV	Alta
D.S N° 366/44	Prohíbe la explotación de tamarugo, algarrobo y chañar	IV	Alta
N Ch Nº 1.333/87.	Regula la calidad del agua para diferentes usos, entre ellos la vida acuática, estableciendo concentraciones máximas permitidas.	I	Alta
D.S. N° 75/05	Reglamenta la Clasificación de Especies Silvestres	I, II, III, IV, V y VI	Alta

3.5. Expresión cartográfica

La expresión cartográfica de las leyes se hizo representando en una carta cada una de las normas jurídicas seleccionadas sobre los sistemas relevantes que tiene injerencia en el objeto de conservación del área de estudio.

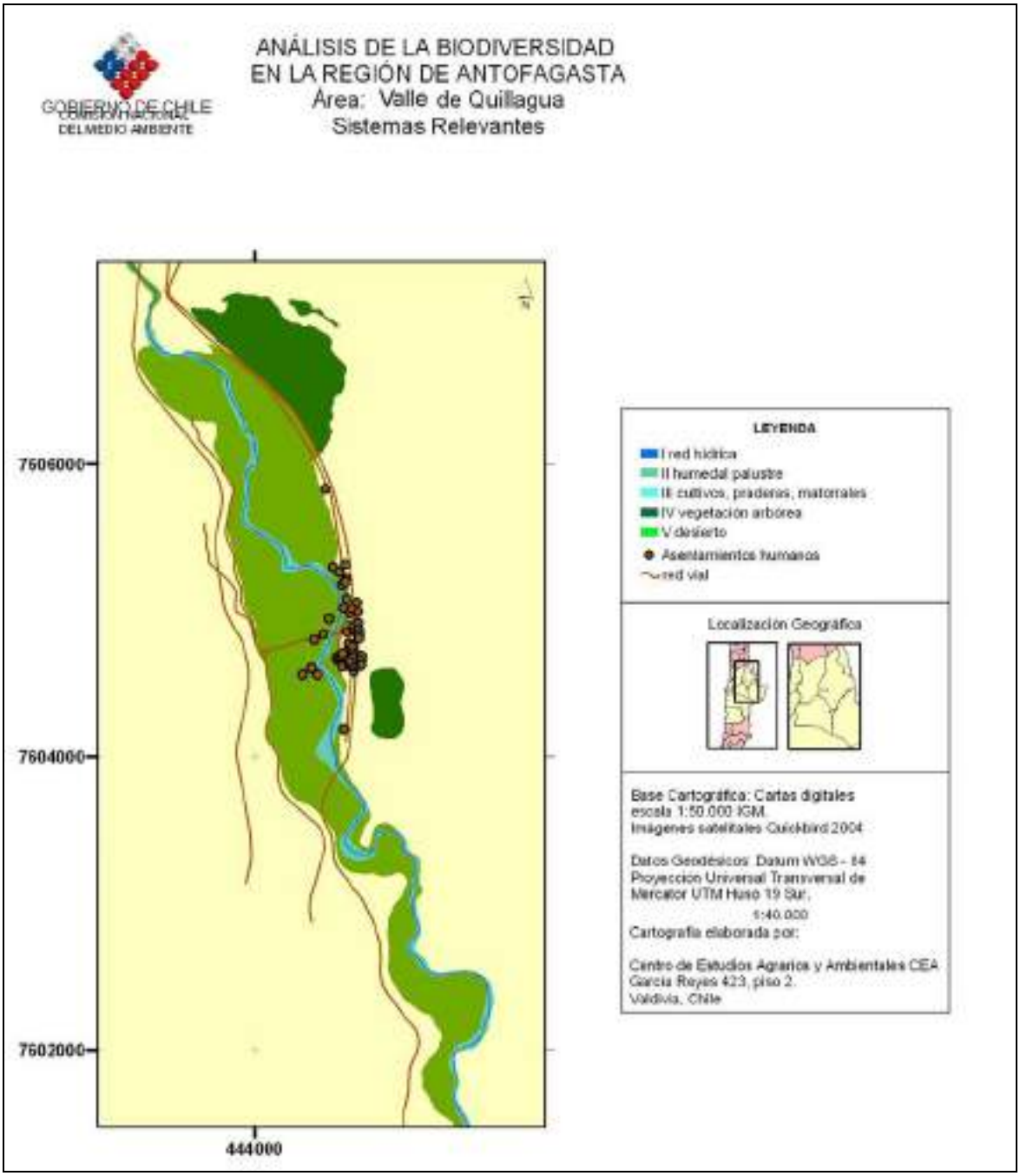


FIGURA 7-2. SISTEMAS RELEVANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN QUILLAGUA. 2007.

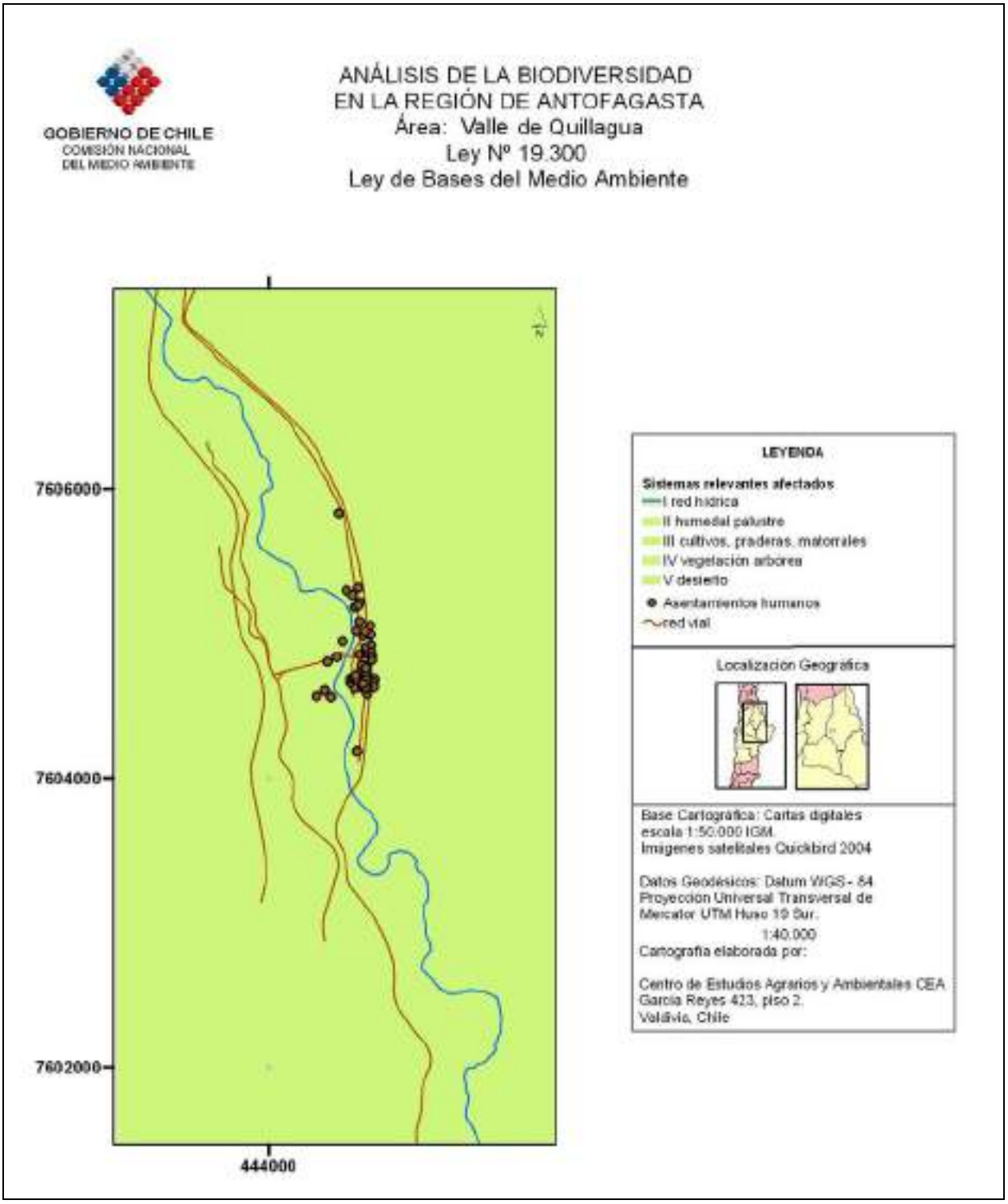


FIGURA 7-3. LEY Nº 19.300 EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007

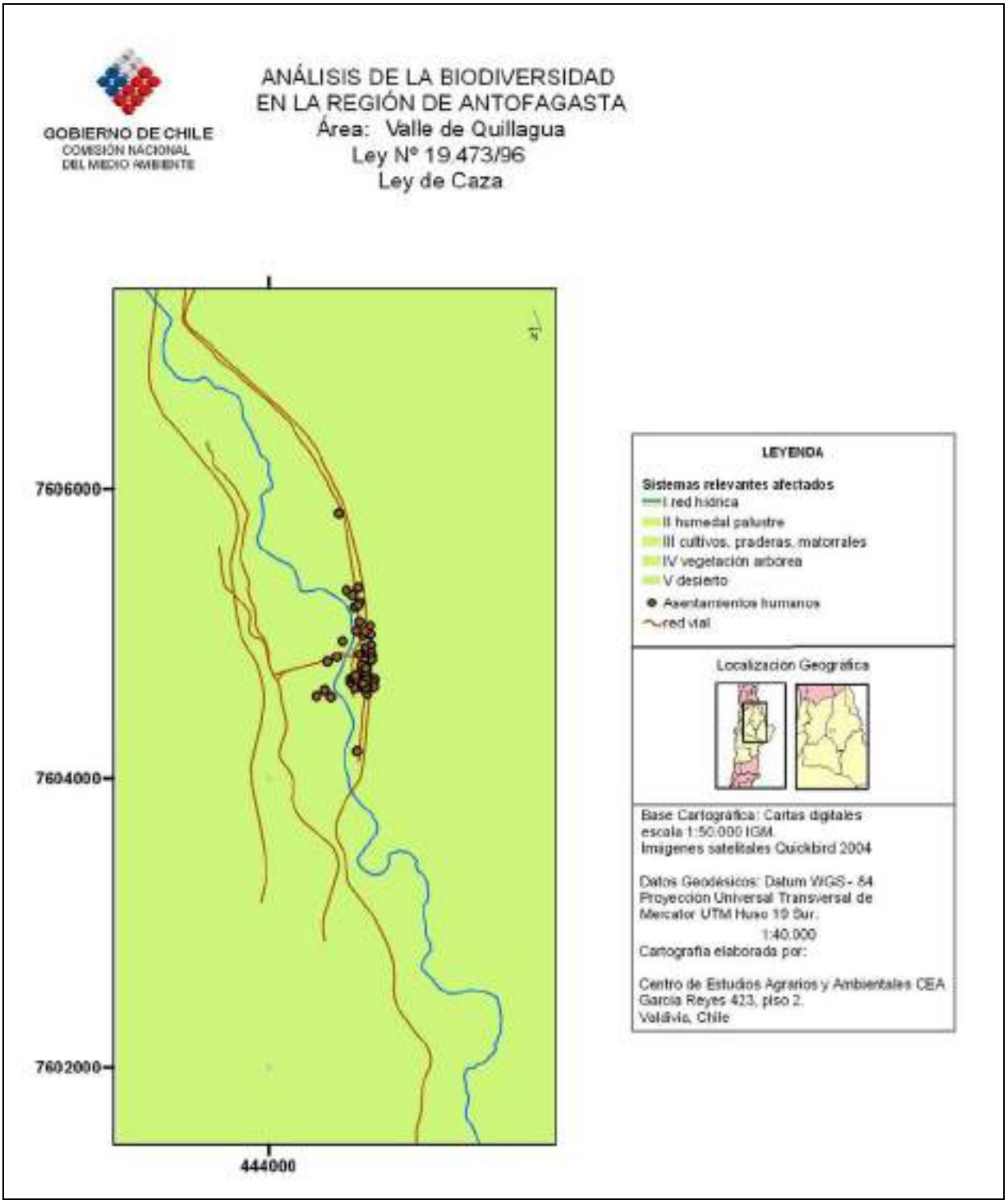


FIGURA 7-4. LEY Nº 19.473/96. LEY DE CAZA EN QUILLAGUA. 2007.

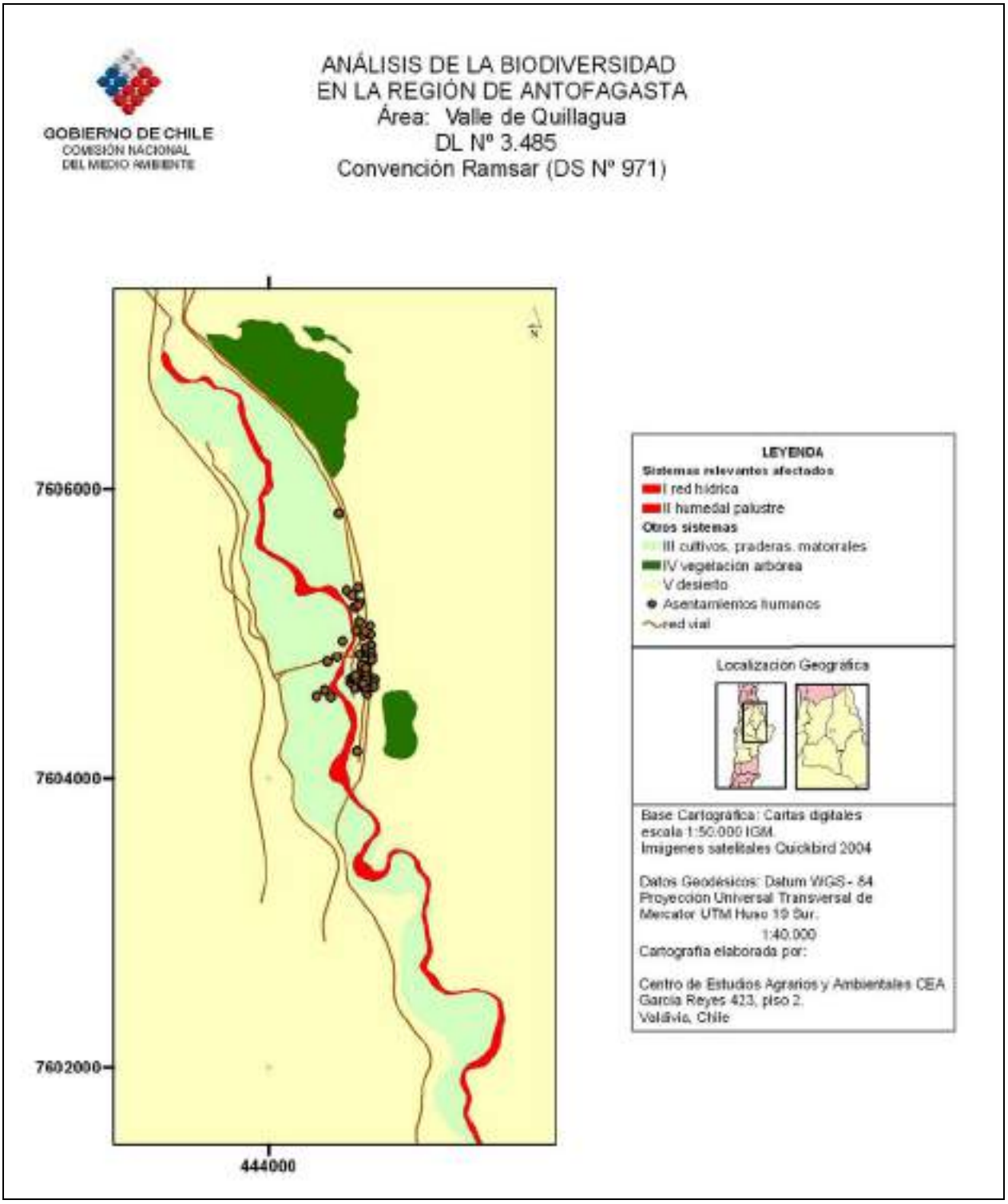


FIGURA 7-5. DL Nº 3.485. CONVENCIÓN DE RAMSAR DS Nº 971 EN QUILLAGUA. 2007

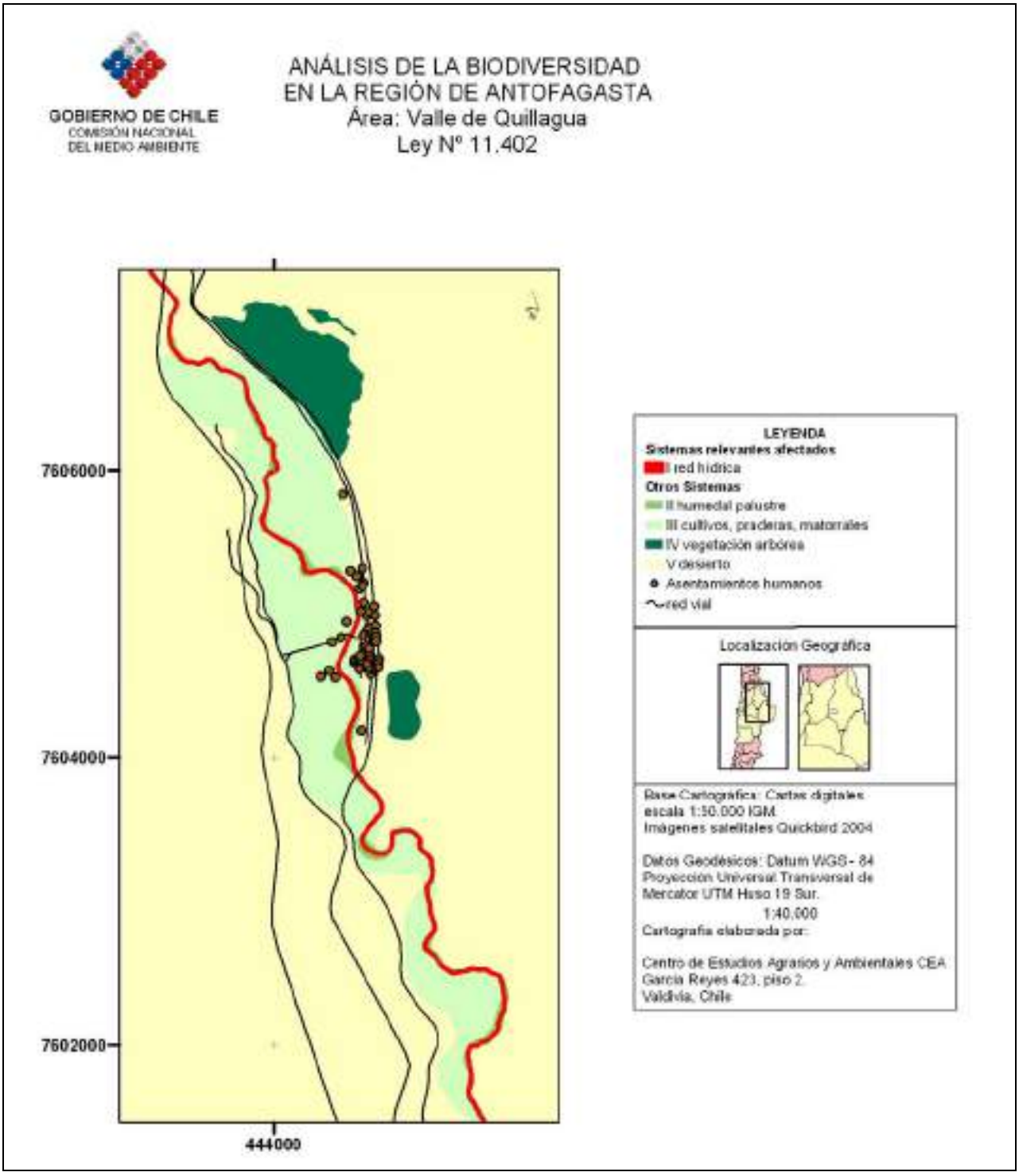


FIGURA 7-6. LEY Nº 11.402 EN QUILLAGUA. 2007

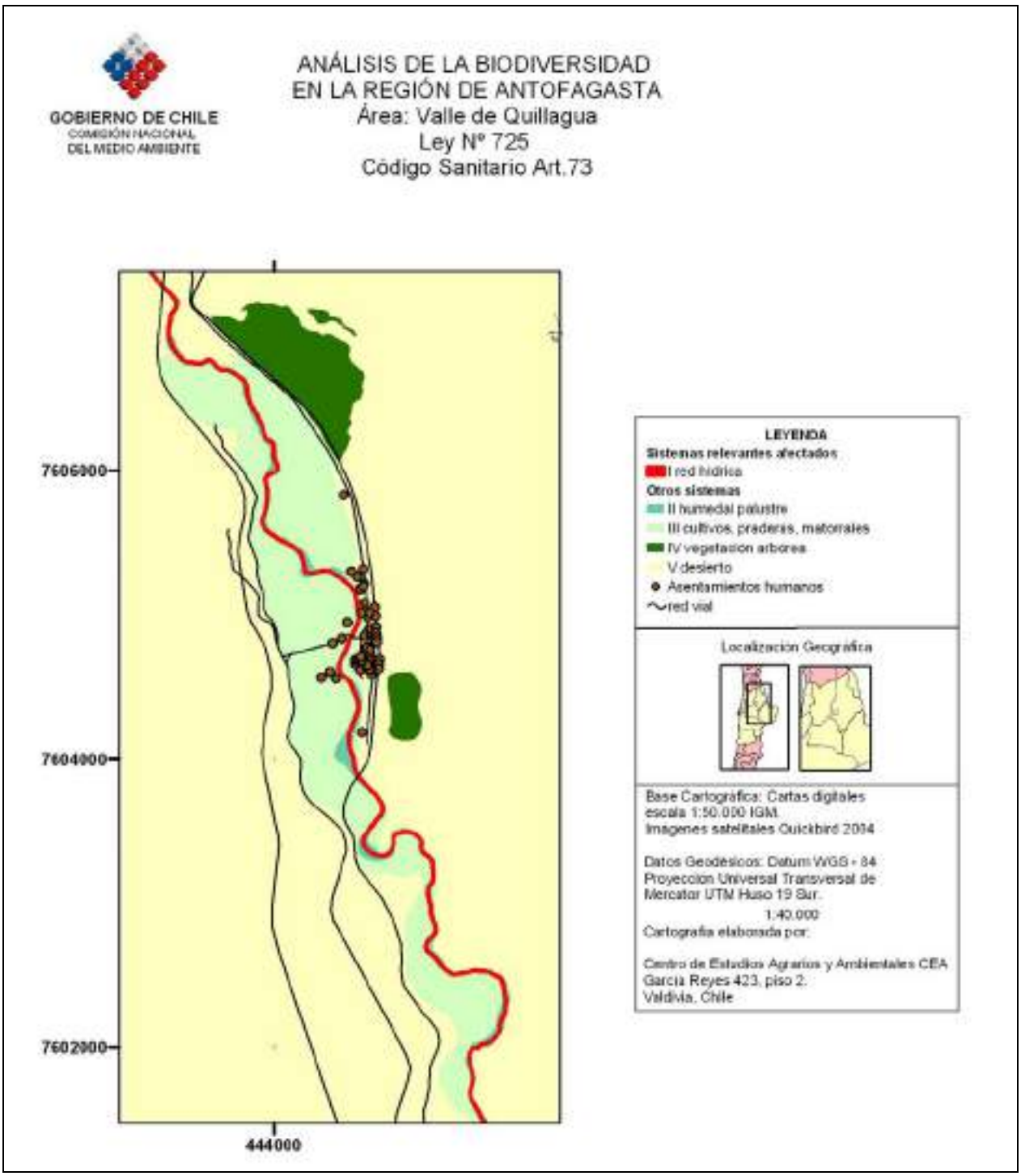


FIGURA 7-7. DFL Nº 725 CÓDIGO SANITARIO. ART. 73 EN QUILLAGUA. 2007.

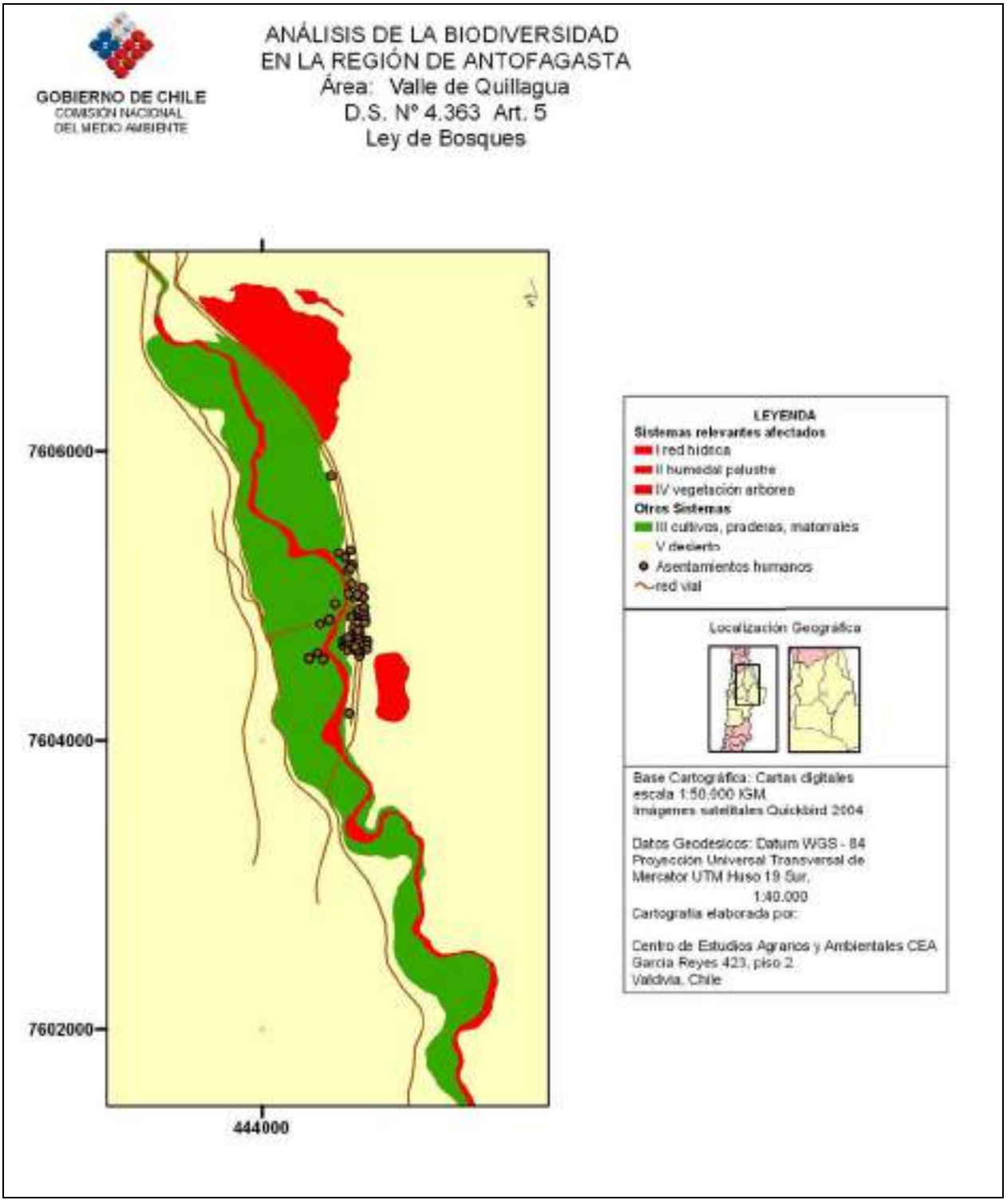


FIGURA 7-8. DS Nº 4.363 LEY DE BOSQUES. ART. Nº 5 EN QUILLAGUA. 2007.

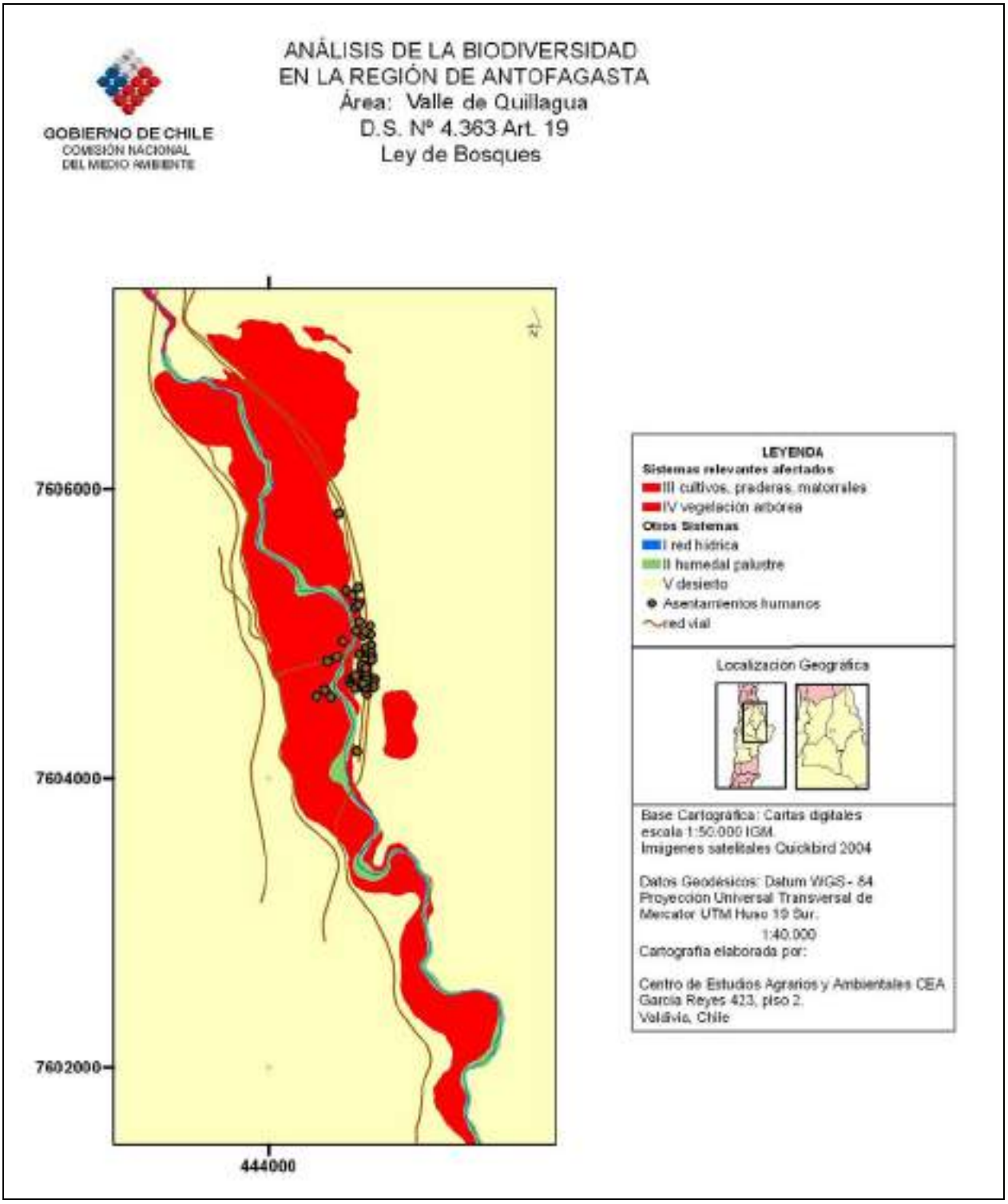


FIGURA 7-9. DS Nº 4.363 LEY DE BOSQUES. ART. Nº 19 EN QUILLAGUA. 2007.

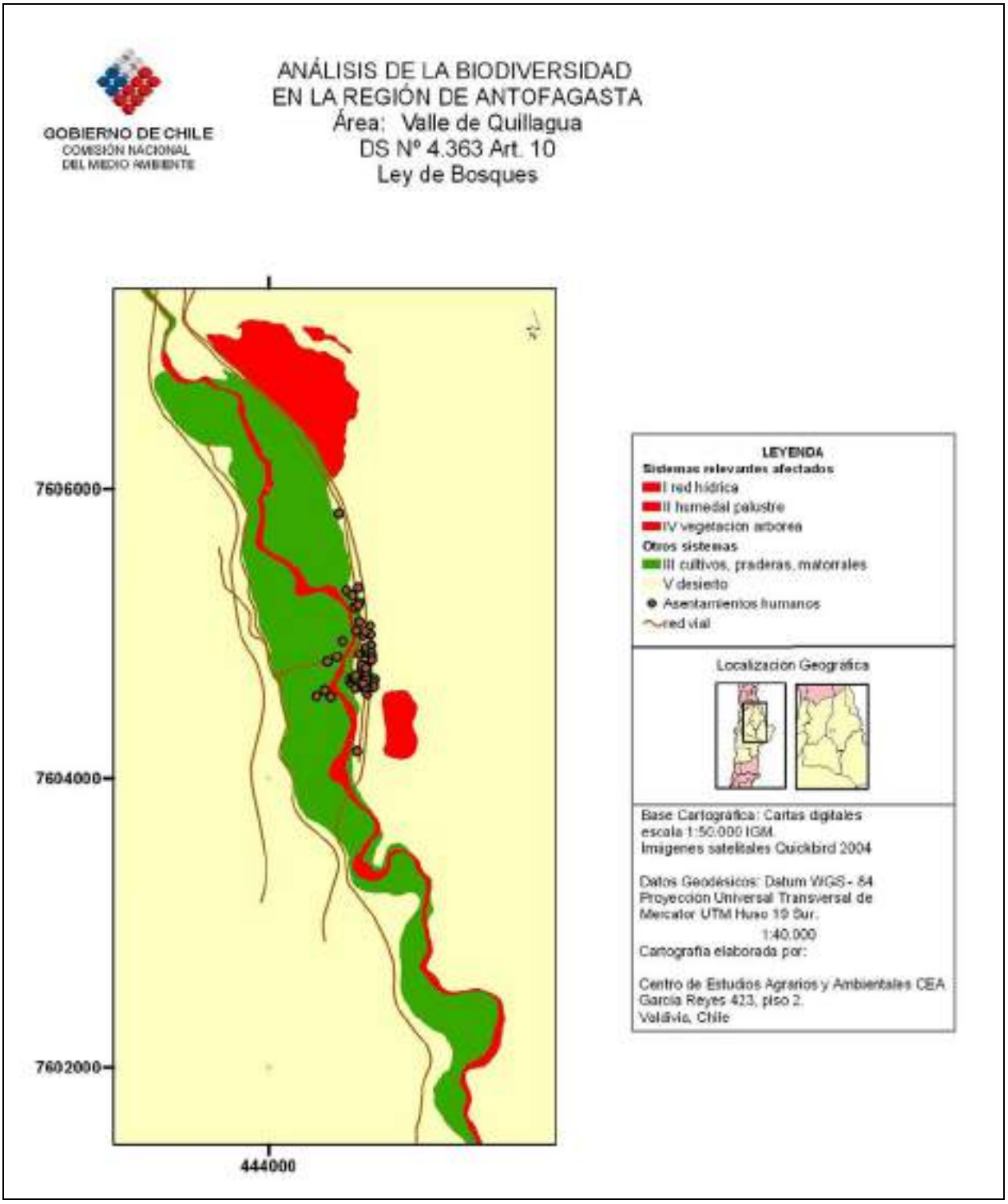


FIGURA 7-10. DS Nº 4.363 LEY DE BOSQUES. ART. Nº 10 QUILLAGUA. 2007.

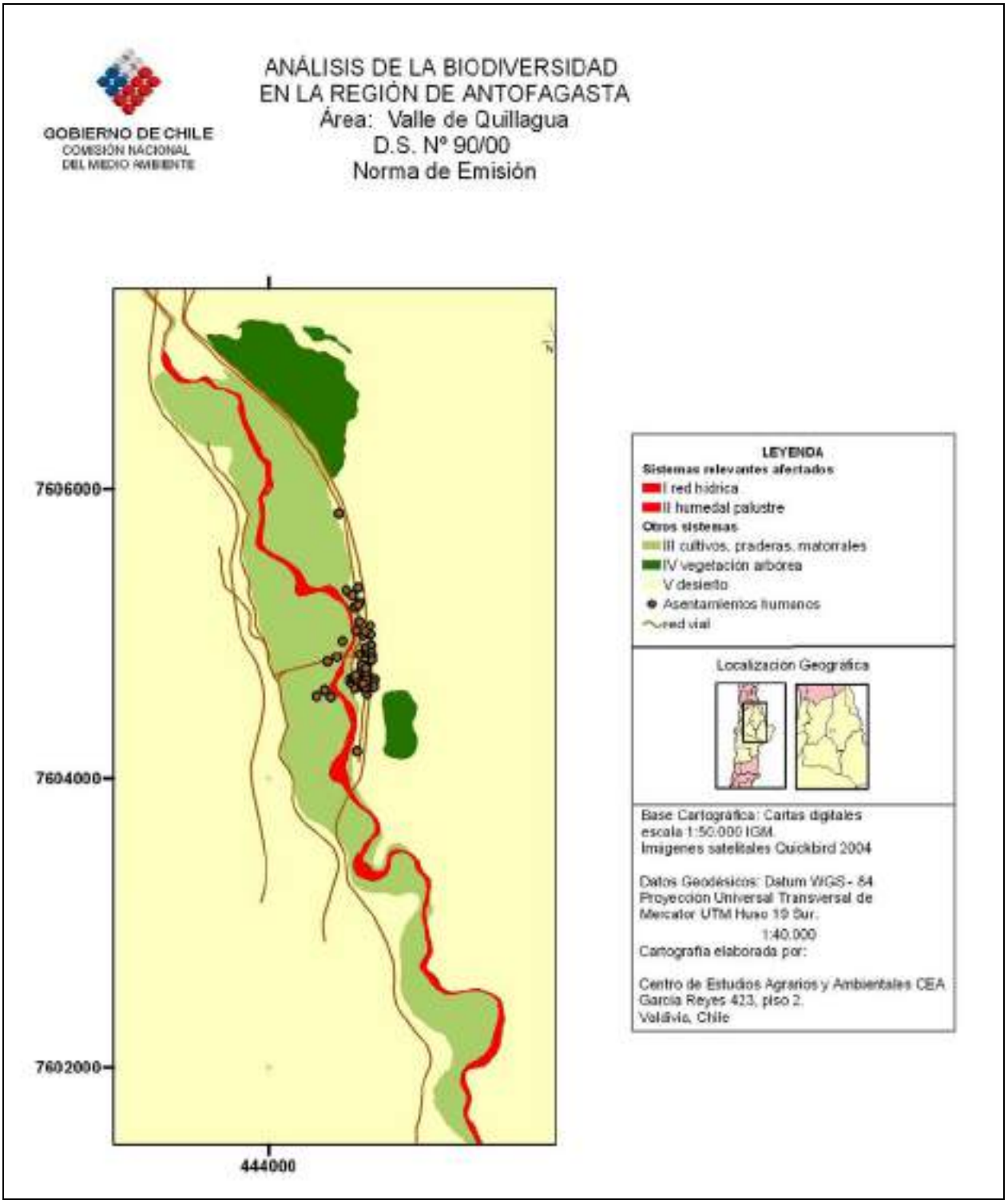


FIGURA 7-11. DS Nº 90/00 NORMA DE EMISIÓN. EN QUILLAGUA. 2007.

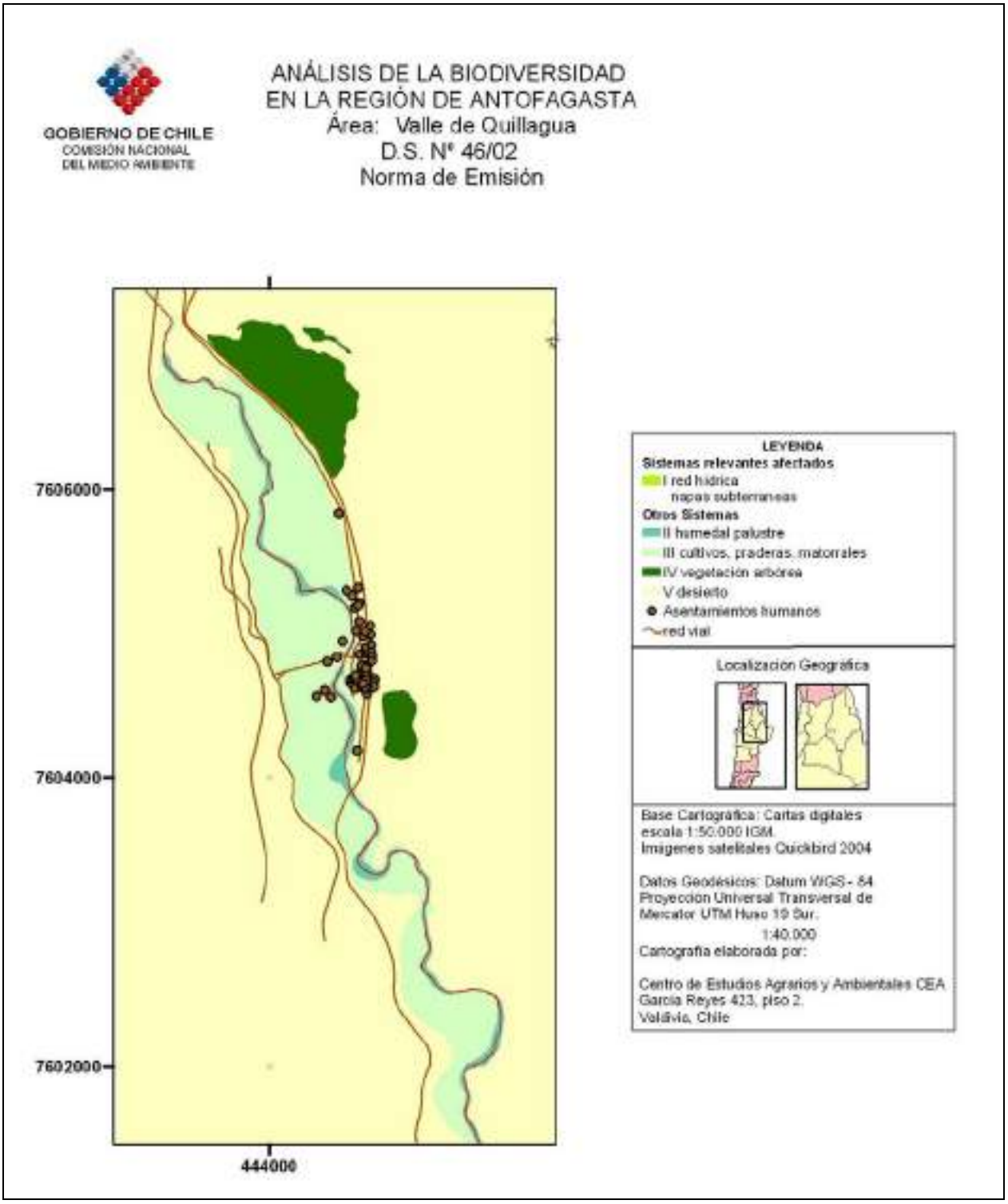


FIGURA 7-12. DS Nº 46/02 NORMA DE EMISIÓN EN QUILLAGUA. 2007.

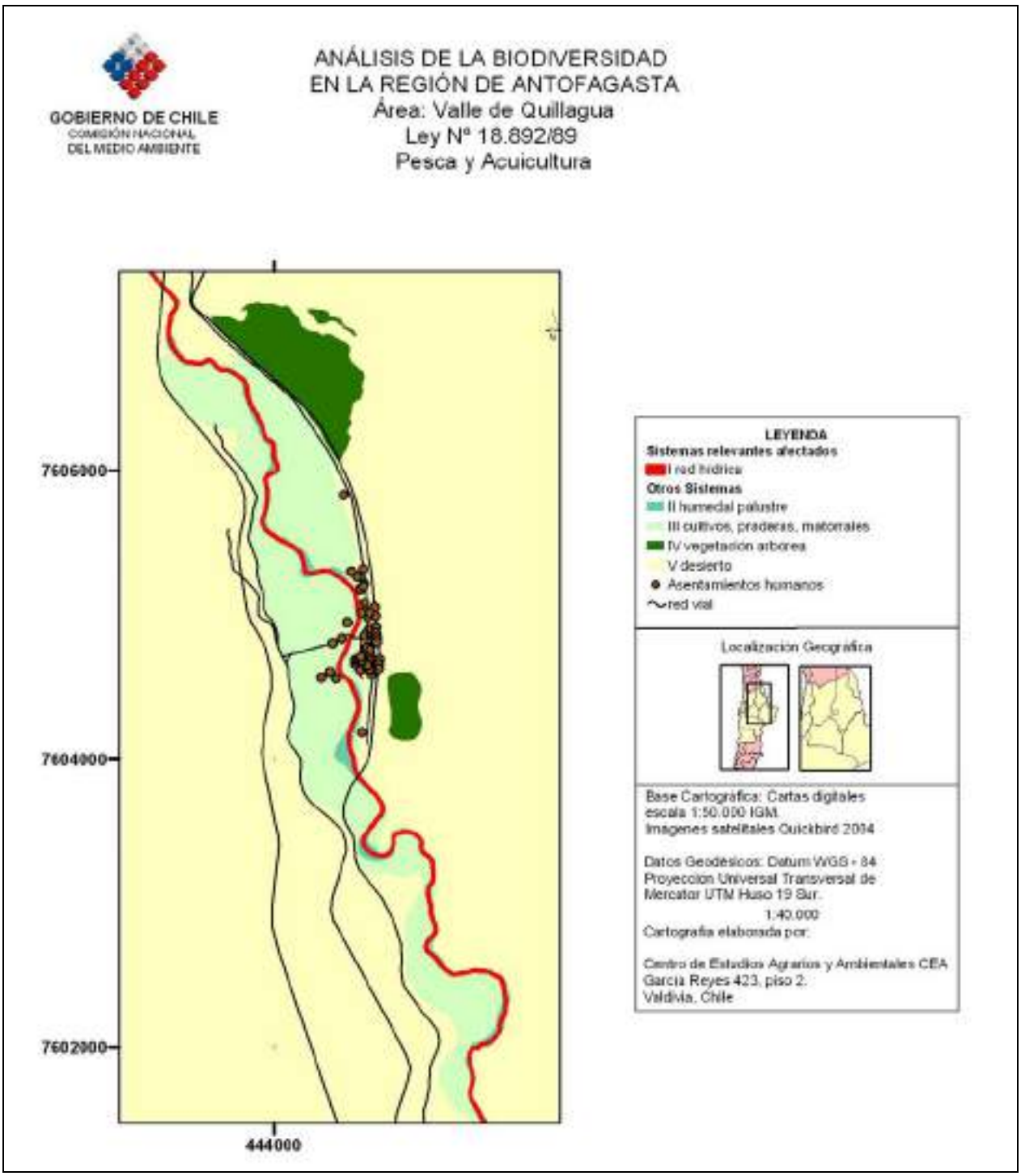


FIGURA 7-13. LEY Nº 18.892, DE 1989 DE PESCA Y ACUICULTURA EN QUILLAGUA. 2007.

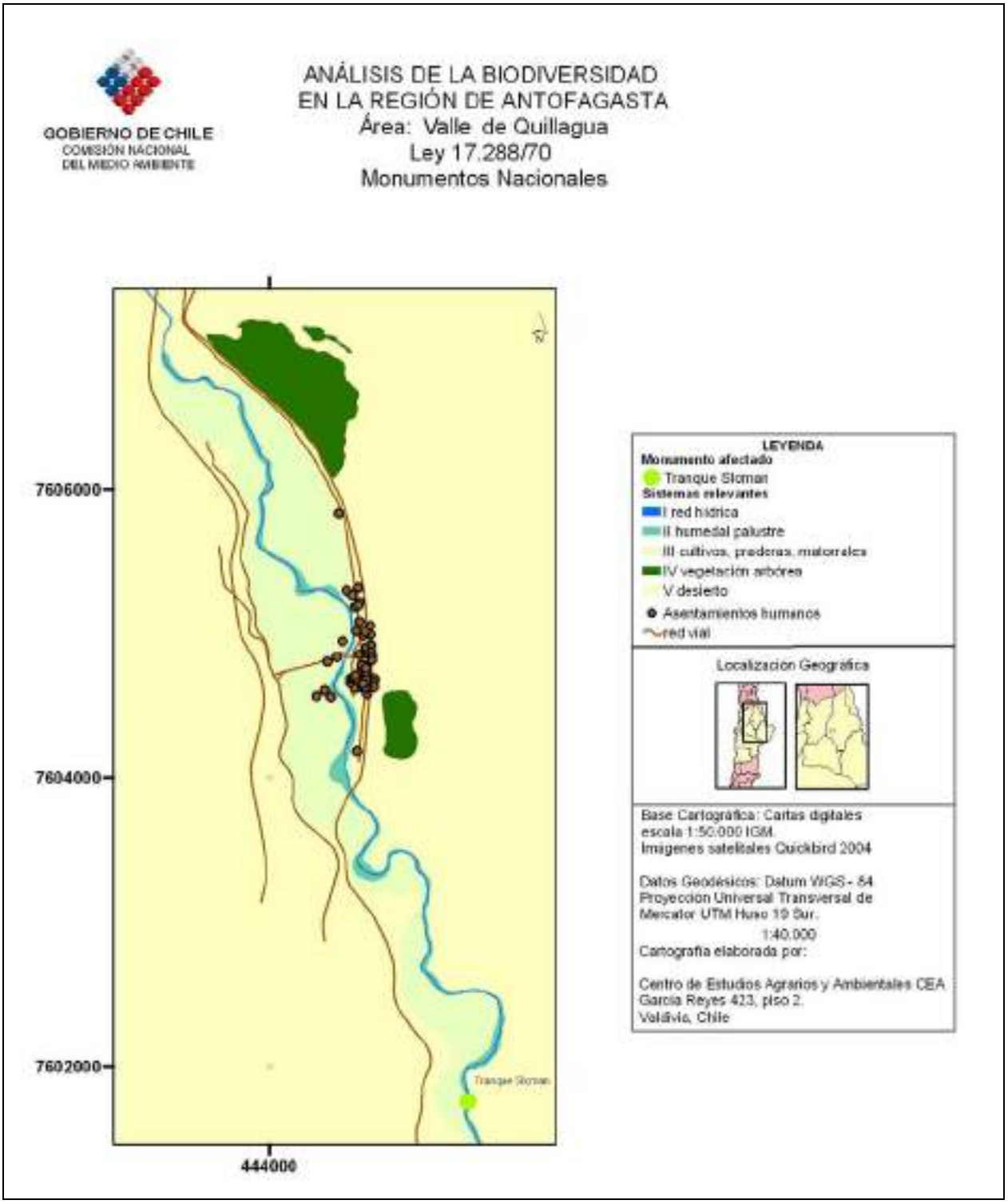


FIGURA 7-14. LEY Nº 17.288/70 MONUMENTOS NACIONALES EN QUILLAGUA. 2007.

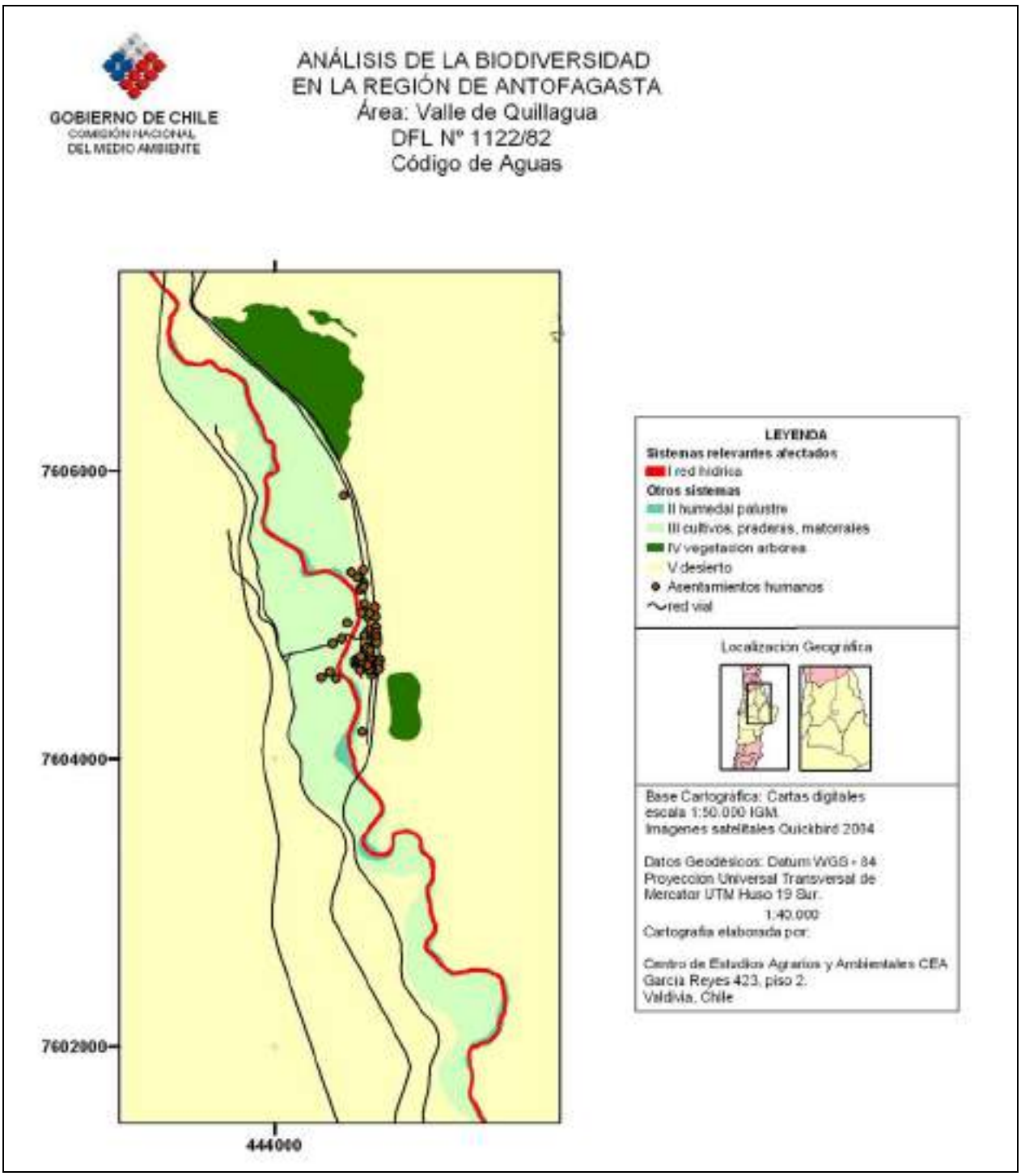


FIGURA 7-15. LEY 1.122/82 (CÓDIGO DE AGUAS) EN QUILLAGUA. 2007.

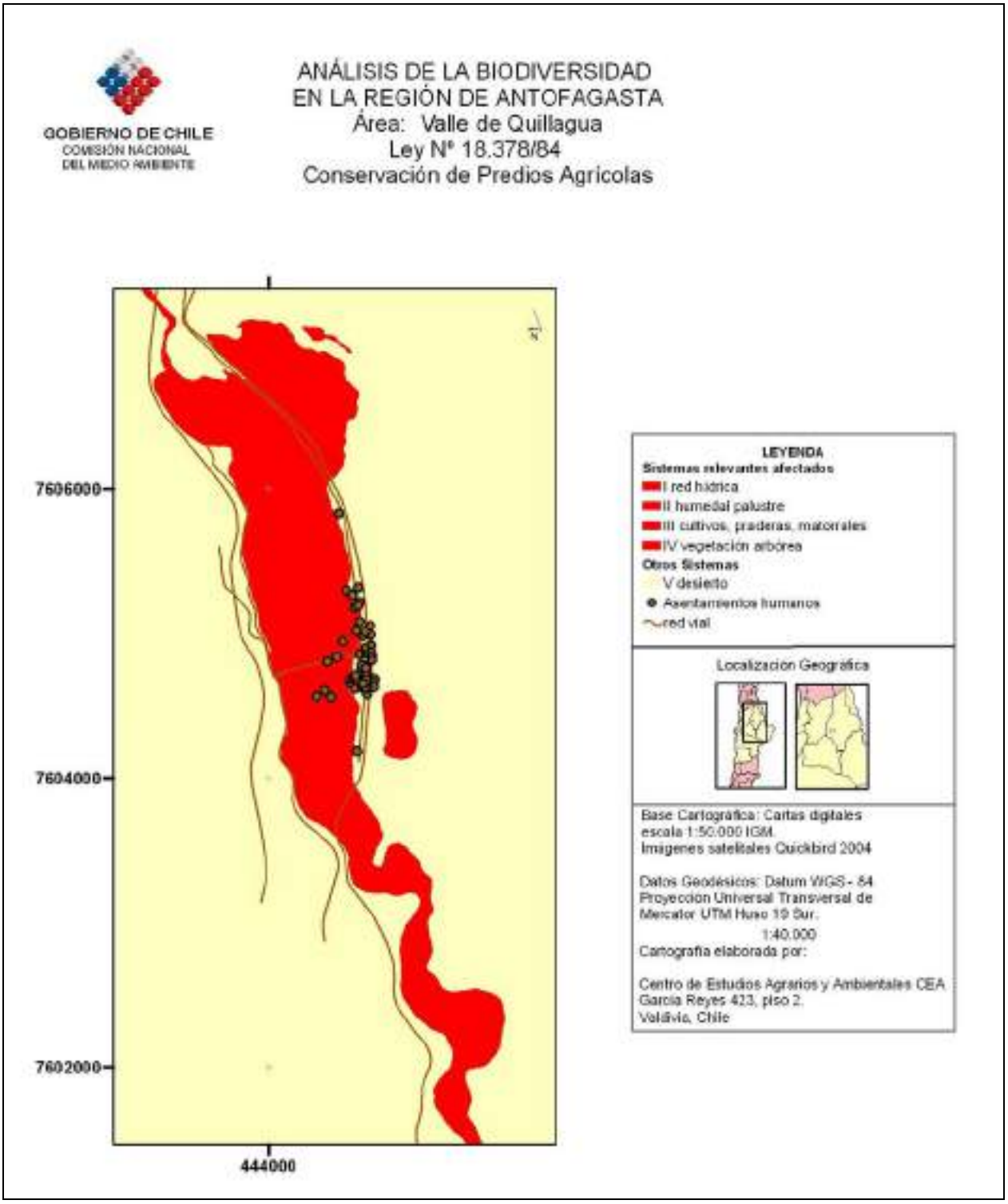


FIGURA 7-16. LEY Nº 18.378 /84 (DE CONSERVACIÓN EN PREDIOS AGRÍCOLAS) EN QUILLAGUA. 2007.

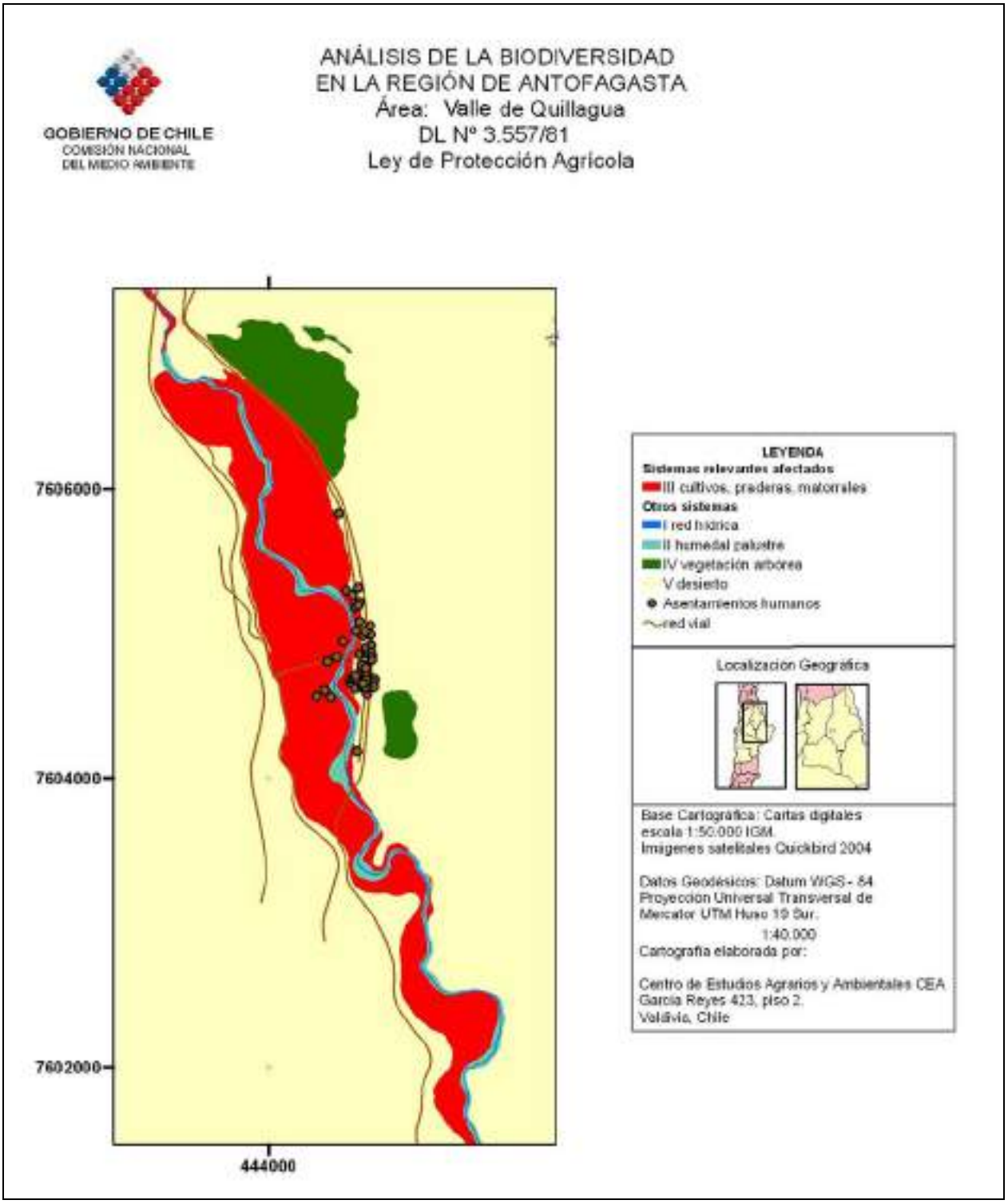


FIGURA 7-17. DL Nº 3.557/81(LEY DE PROTECCIÓN AGRÍCOLA) EN QUILLAGUA. 2007.

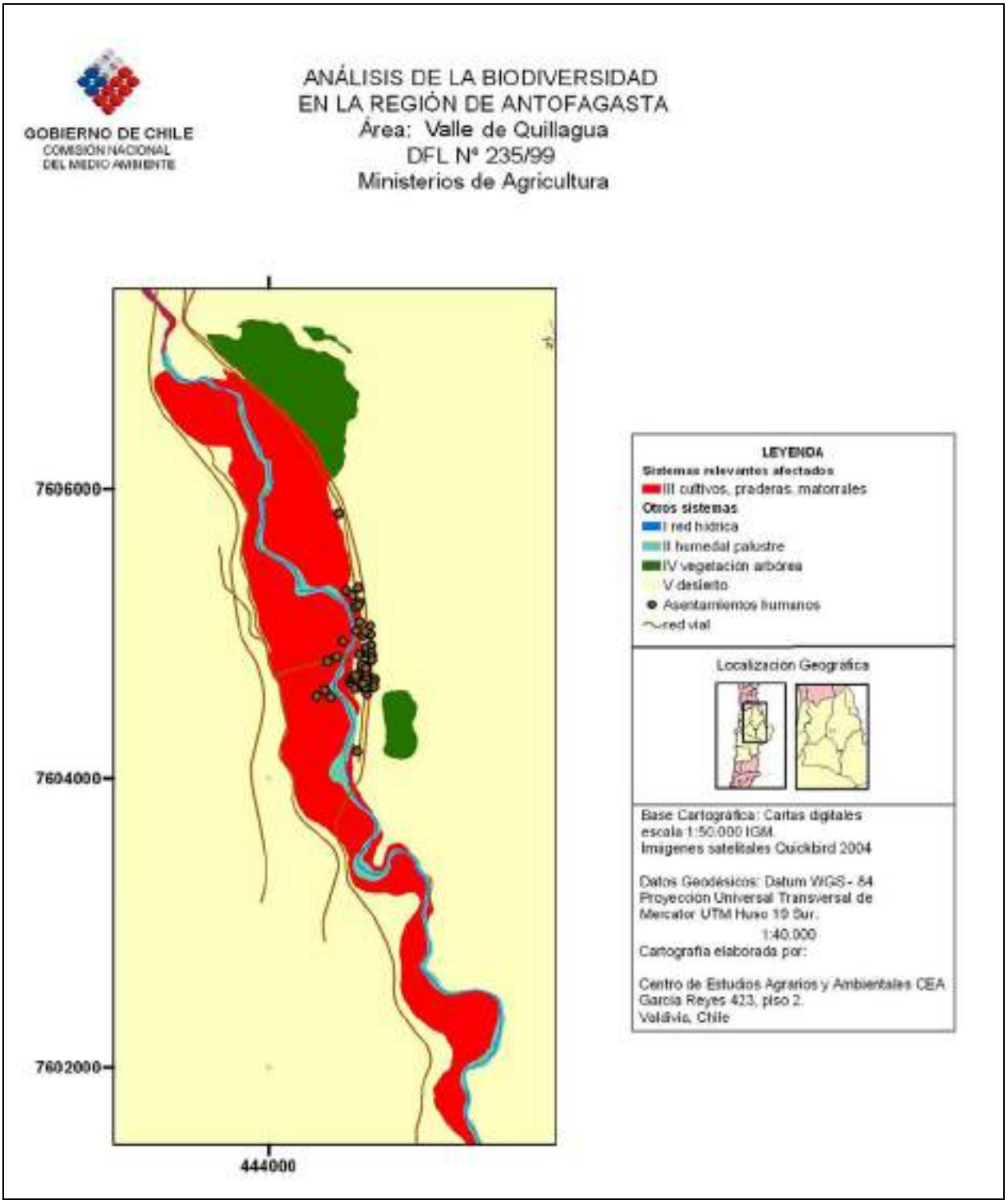


FIGURA 7-18. DFL N° 235/99 MINISTERIO DE AGRICULTURA EN QUILLAGUA. 2007.

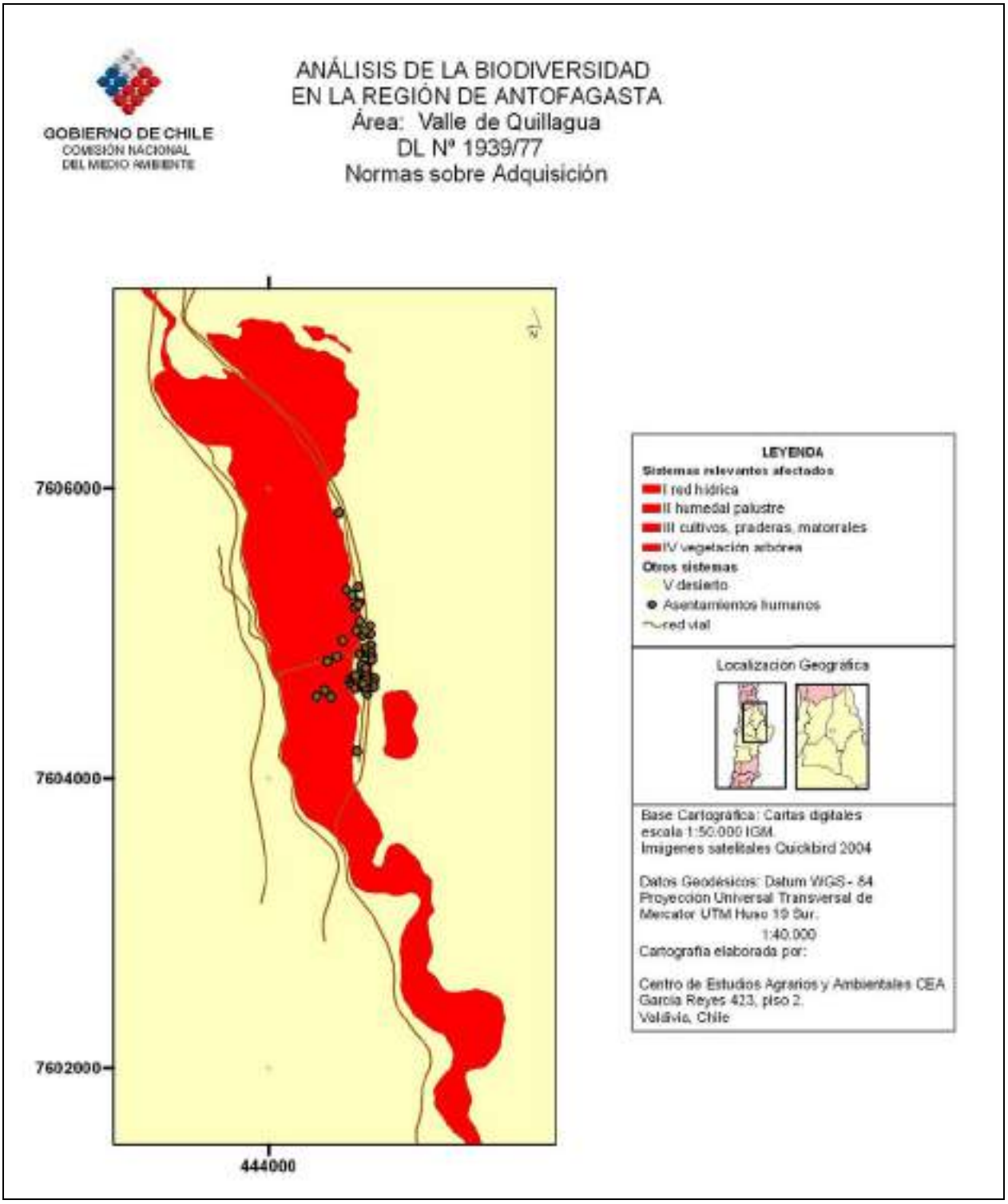


FIGURA 7-19. DL Nº 1.939/77 NORMAS SOBRE ADQUISICIÓN, ADM. BIENES DEL ESTADO EN QUILLAGUA. 2007.

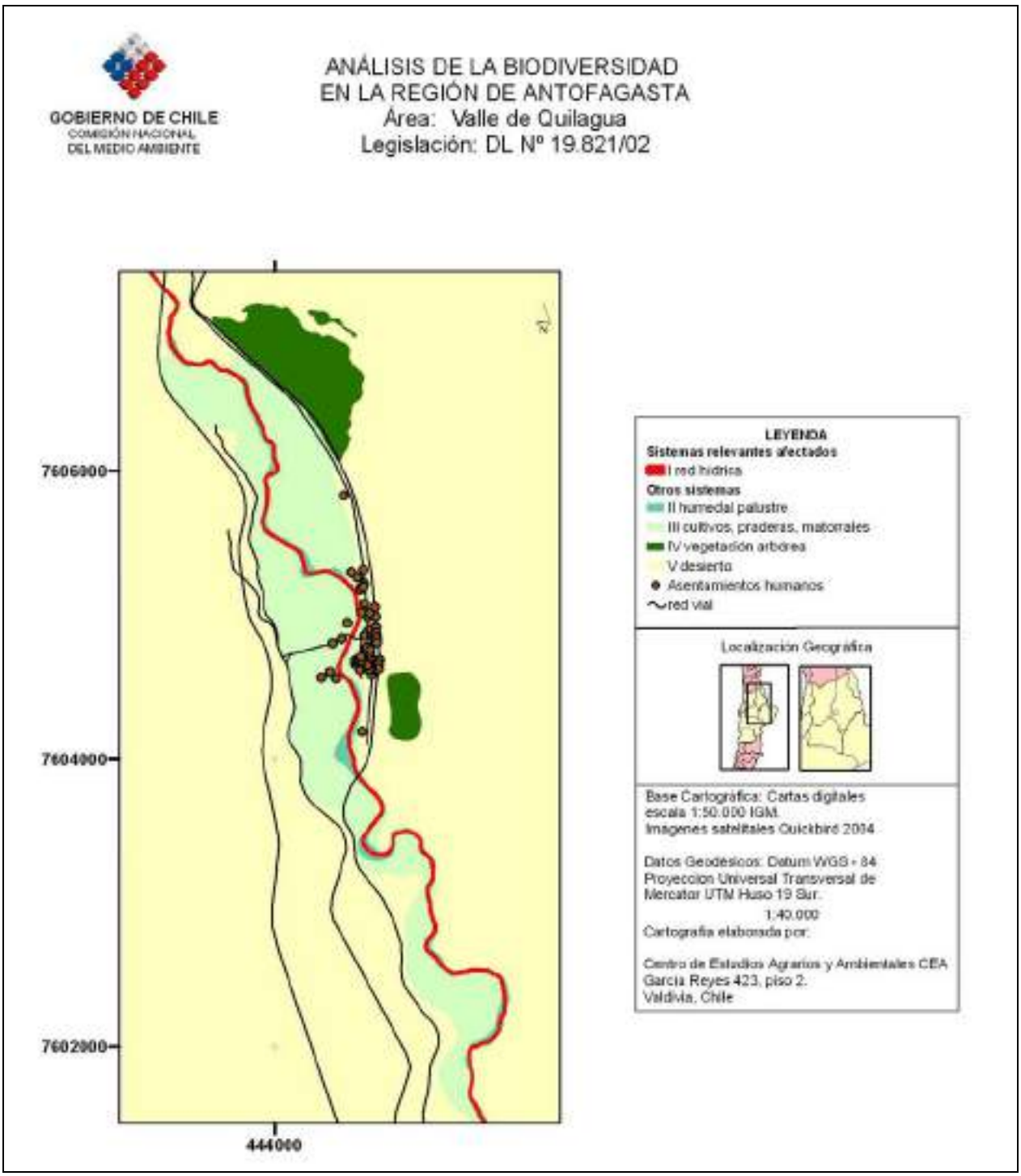


FIGURA 7-20. DL Nº 19.821/02 DEROGA LEY Nº 3.133 Y MODIFICA LEY Nº 18.902 EN QUILLAGUA. 2007.

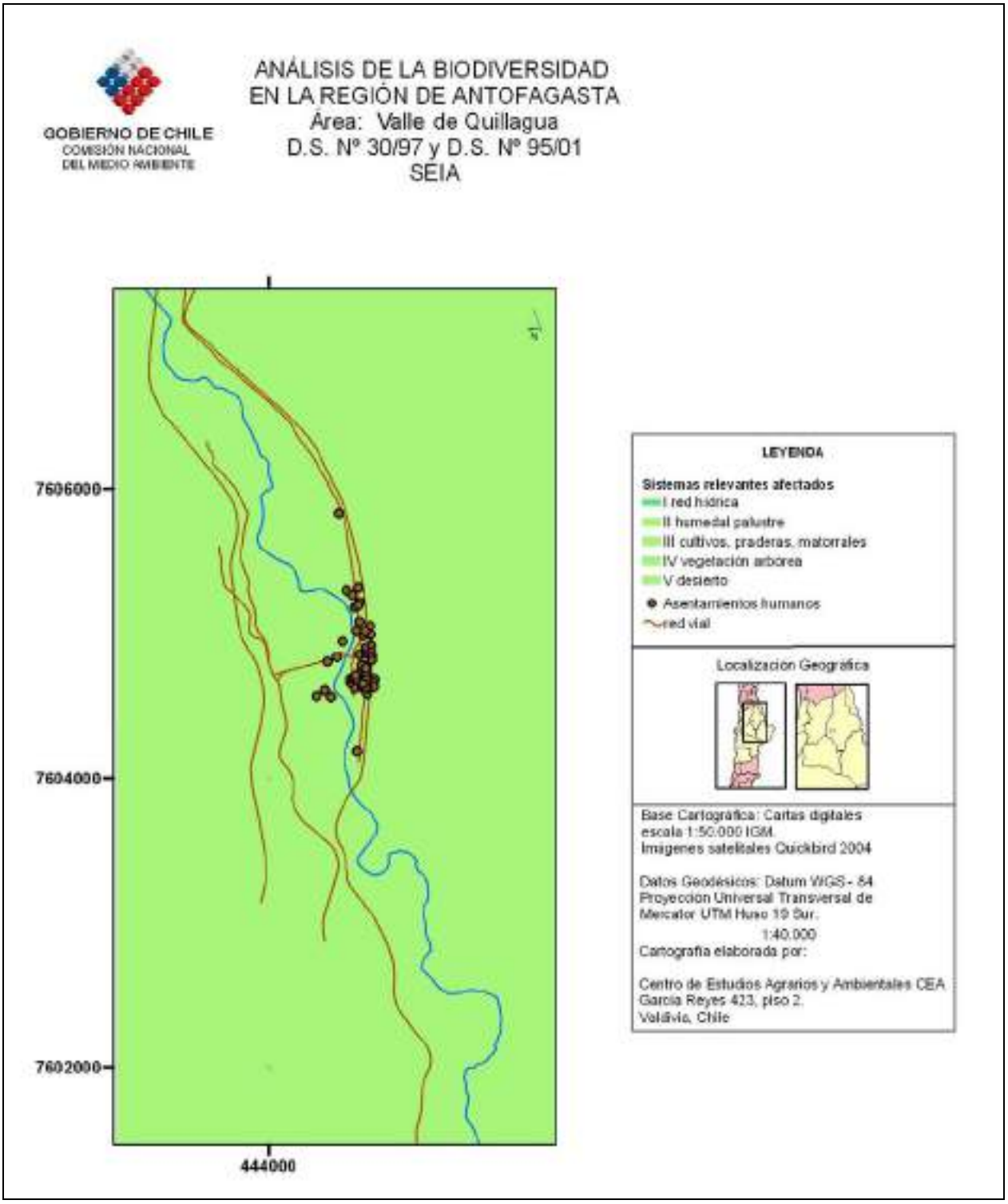


FIGURA 7-21. DS Nº 30/97 Y DS. Nº 95/01 EN QUILLAGUA. 2007.

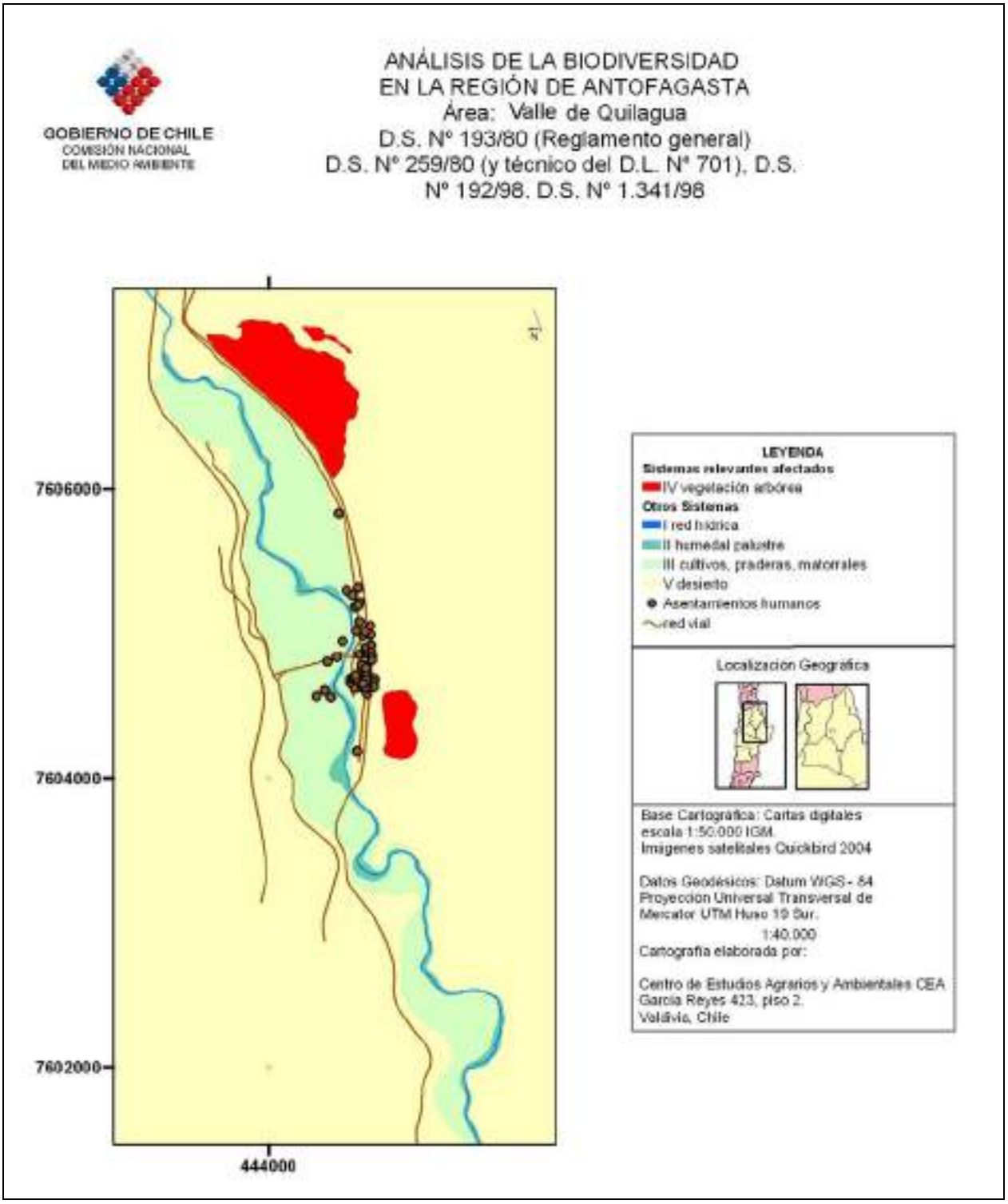


FIGURA 7-22. DS Nº 193/80. DS Nº 259/80 (Y TÉC. DL 701). DS Nº 192/98. DS Nº 1.341/98. EN QUILLAGUA. 2007.

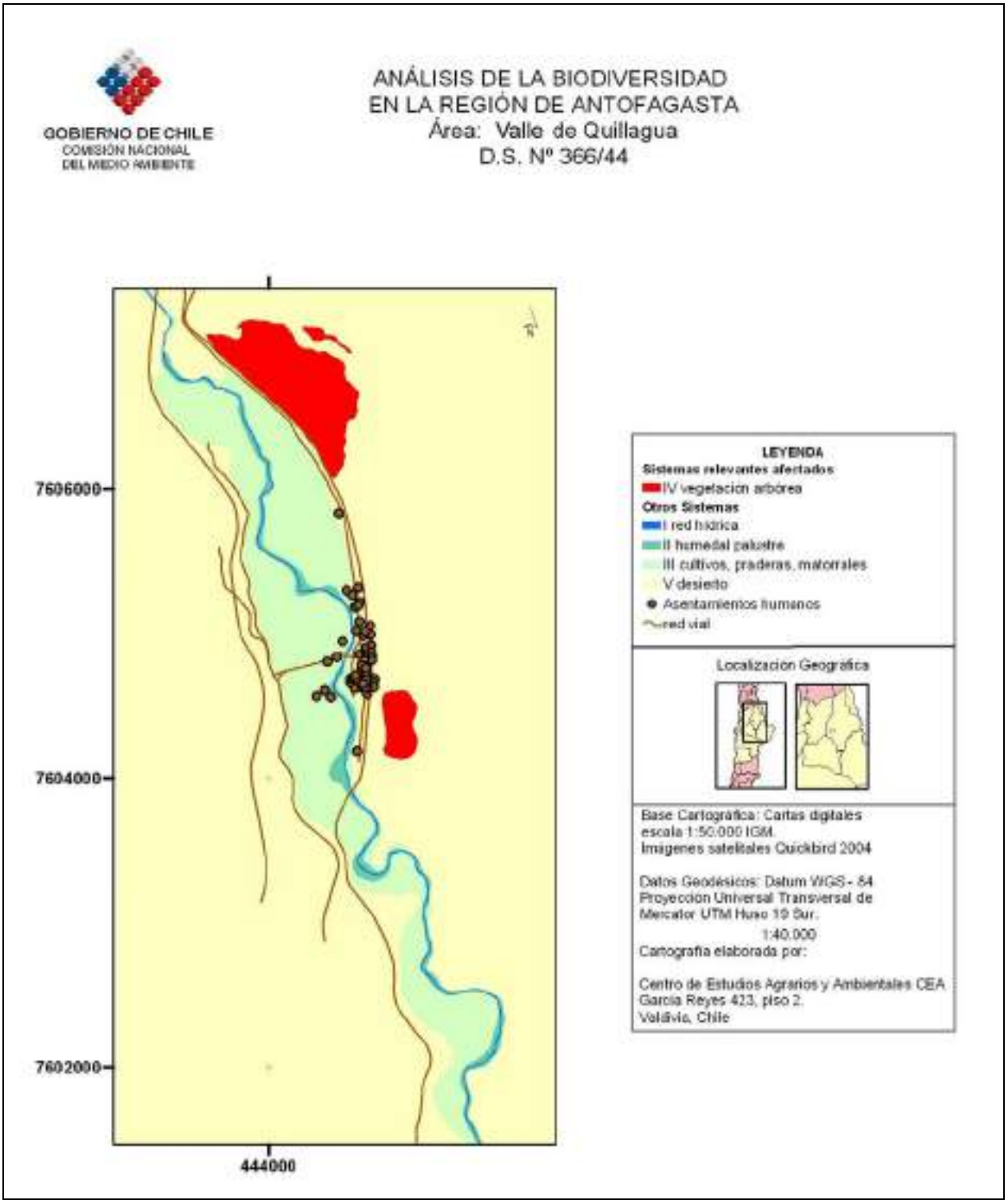


FIGURA 7-23. DS N° 366/44 EN QUILLAGUA. 2007.

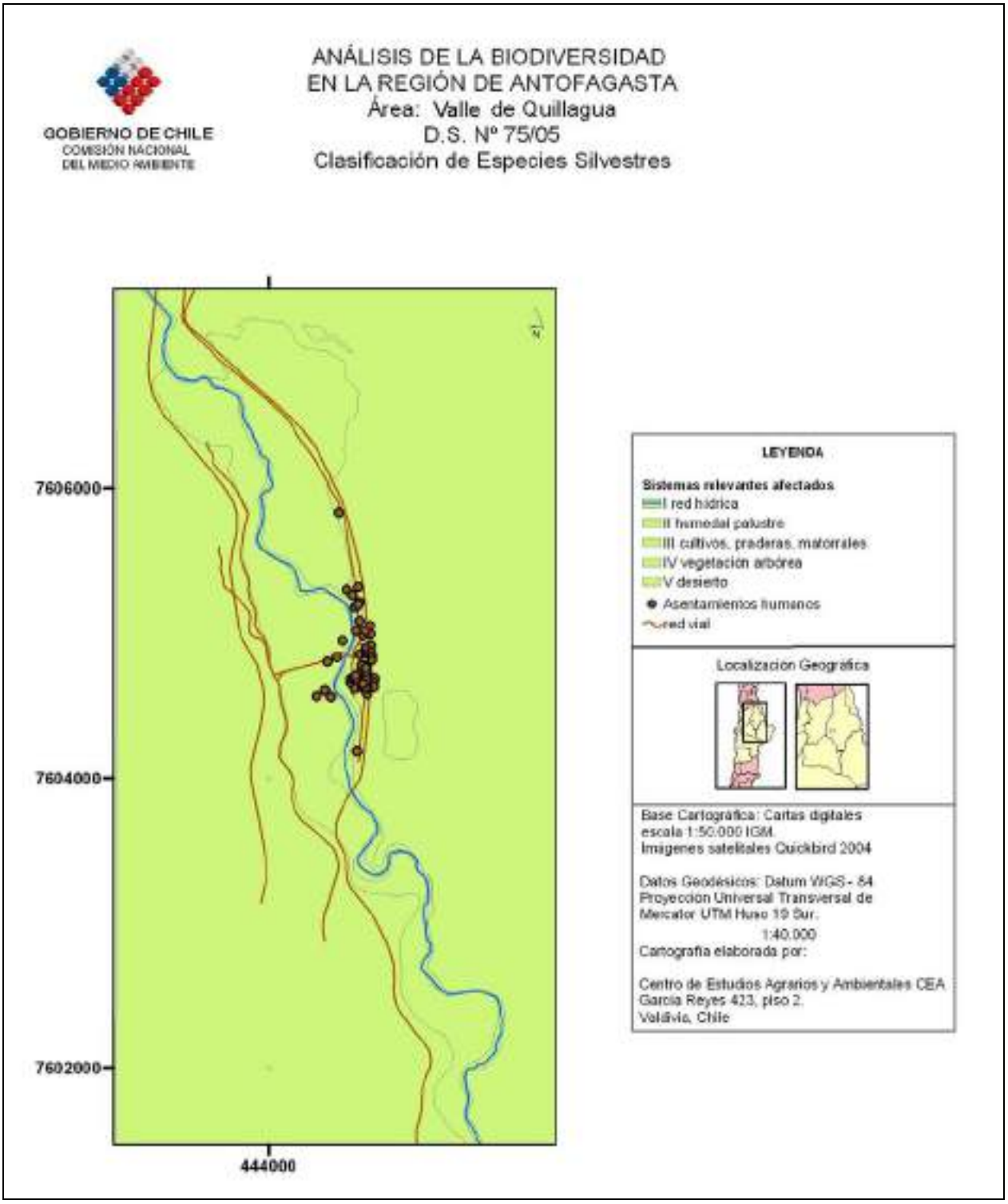


FIGURA 7-24. DS N° 75/05 EN QUILLAGUA. 2007.

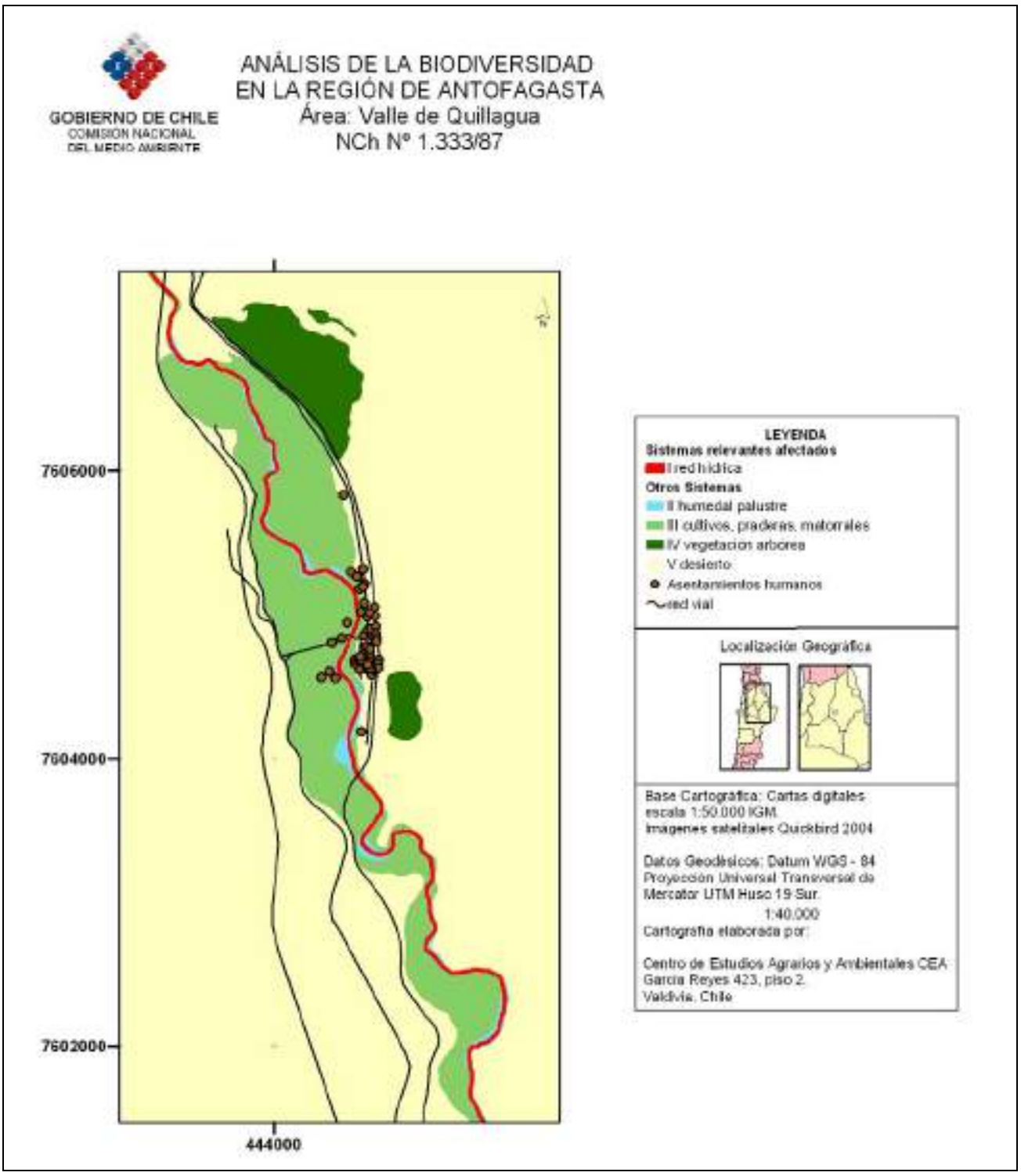


FIGURA 7-25. NCH Nº 1.333/87 EN QUILLAGUA. 2007.

Folio006536

Cartografía de síntesis

Para la construcción de la carta de síntesis de la Protección Legal, se procedió a: a) reunir todas las normas jurídicas involucradas por sistema, para luego considerar tres parámetros. El primero es el **número de normas jurídicas (N)** que tienen efecto sobre el sistema objetivo. El segundo, la **especificidad (E),** se refiere a si la norma jurídica fue promulgada expresamente para los objetivos de conservación del sistema involucrado (valor 3), o si secundariamente puede considerarse (valor 2) y si finalmente sólo tangencialmente está involucrada en este objetivo de conservación sensu estricto (valor 1). El tercer parámetro es la **aplicabilidad (A)**, entendida como la posibilidad de aplicar una norma jurídica determinada en el área de estudio, así, si posee aplicabilidad cierta en la actualidad (valor3), si su aplicabilidad es baja porque faltan instrumentos para su aplicación (valor 2) y si existen restricciones para su aplicación (nivel 1). Los valores de estos tres parámetros se suman y luego se ponderan (multiplican) por la **jerarquía (J)** que la norma jurídica tiene. La máxima jerarquía (valor 3) es la Constitución Política y las leyes propiamente tales. La jerarquía media (valor 2) son los decretos con fuerza de ley y los decretos leyes. Finalmente las normas reglamentarias (e. g., reglamentos, simples decretos, instrucciones, decretos supremos, resoluciones) con un valor 1.

En las siguientes tablas se muestran los resultados de estas valoraciones y ponderaciones para los diferentes sistemas considerados para el área de estudio.

TABLA 7-30. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA I (CUERPOS DE AGUA) EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE QUILLAGUA. 2007.

LEGISLACION VINCULADA AL SISTEMA I (Cuerpos de agua)
OASIS DE QUILLAGUA

					V= (N+E+A)(J)*
NORMAS JURżDICAS	**N¼**	**ESPECIFICIDAD**	**APLICABILIDAD**	**JERARQUIA**	**VALORACIïN**
Ley N¼ 19.300	1	3	3	3	18
Ley N¼ 19.473/96. Ley de Caza	2	3	3	3	18
DL N¼ 3.485 Convenci—n de Ramsar DS N¼ 971	3	3	1	2	8
Ley N¼ 11.402	4	1	2	3	9
DFL N¼ 725 C—digo Sanitario. Art. 73	5	3	3	2	12
DS N¼ 4.363 Ley de Bosques. Art. N¼ 5	6	3	3	1	6
DS N¼ 4.363 Ley de Bosques. Art. N¼ 10	7	3	3	1	6
DS N¼ 90/00 Norma de emisi—n	8	3	3	1	6
Ley N¼ 18.892, de 1989 de Pesca y Acuicultura	9	3	1	3	12
DFL N¼ 1.122/82 (C—digo de Aguas)	10	3	3	2	12
Ley N¼ 18.378 /84 (de conservaci—n en predios agr'colas)	11	3	3	3	18
DL N¼ 1.939/77 Normas sobre adquisici—n, adm. bienes del Estado	12	2	1	2	6
DL N¼ 19.821/02 Deroga Ley N¼ 3.133 y modifica Ley N¼ 18.902	13	3	3	2	12
DS N¼ 30/97. DS. N¼ 95/01	14	3	3	1	6
NCh N¼ 1.333/87	15	3	3	1	6
DS N□ 75/05	16	3	3	1	6
DS 46/02	17	3	3	1	6
TOTAL	**17**				**167**

Folio006537

TABLA 7-31. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA II (HUMEDALES PALUSTRES) EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE QUILLAGUA. 2007.

LEGISLACION VINCULADA AL SISTEMA II (Humedales palustres)
OASIS DE QUILLAGUA

					V= (N+E+A)(J)*
NORMAS JURżDICAS	**N¼**	**ESPECIFICIDAD**	**APLICABILIDAD**	**JERARQUIA**	**VALORACIïN**
Ley N¼ 19.300	1	3	3	3	18
Ley N¼ 19.473/96. Ley de Caza	2	3	3	3	18
DL N¼ 3.485 Convenci—n de Ramsar DS N¼ 971	3	3	1	2	8
DS N¼ 4.363 Ley de Bosques. Art. N¼ 5	4	3	3	1	6
DS N¼ 4.363 Ley de Bosques. Art. N¼ 10	5	3	3	1	6
DS N¼ 90/00 Norma de emisi—n	6	3	3	1	6
DS N¼ 46/02 Norma de emisi—n	7	3	3	2	12
Ley N¼ 18.378 /84. (de conservaci—n en predios agr'colas)	8	3	3	3	18
DL N¼ 1.939/77 Normas sobre adquisici—n, adm. bienes del Estado	9	2	1	2	6
DS N¼ 30/97. DS. N¼ 95/01	10	3	3	1	6
DS N□ 75/05	11	3	3	1	6
TOTAL	**11**				**110**

TABLA 7-32. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA III (PRADERAS, CULTIVOS MATORRALES) EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE QUILLAGUA. 2007.

LEGISLACION VINCULADA AL SISTEMA III (Praderas, cultivos, matorrales)
OASIS DE QUILLAGUA

					V= (N+E+A)(J)*
NORMAS JURżDICAS	**N¼**	**ESPECIFICIDAD**	**APLICABILIDAD**	**JERARQUIA**	**VALORACIïN**
Ley N¼ 19.300	1	3	3	3	18
Ley N¼ 19.473/96. Ley de Caza	2	3	3	3	18
DS N¼ 4.363 Ley de Bosques. Art. N¼ 19	3	3	1	1	4
Ley N¼ 18.378 /84. (de conservaci—n en predios agr'colas)	4	3	3	3	18
DL N¼ 3.557/81(Ley de protecci—n agr'cola)	5	3	3	2	12
DFL N□ 235/99 Ministerio de Agricultura	6	1	3	2	8
DL N¼ 1.939/77 Normas sobre adquisici—n, adm. bienes del Estado	7	2	1	2	6
DS N¼ 30/97. DS. N¼ 95/01	8	3	3	1	6
DS N□ 75/05	9	3	3	1	6
TOTAL	**9**				**96**

TABLA 7-33. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA IV (VEGETACIÓN ARBOREA) EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE QUILLAGUA. 2007.

LEGISLACION VINCULADA AL SISTEMA IV (Vegetaci—n arb—rea)
OASIS DE QUILLAGUA

					V= (N+E+A)(J)*
NORMAS JURżDICAS	**N¼**	**ESPECIFICIDAD**	**APLICABILIDAD**	**JERARQUIA**	**VALORACIïN**
Ley N¼ 19.300	1	3	3	3	18
Ley N¼ 19.473/96. Ley de Caza	2	3	3	3	18
DS N¼ 4.363 Ley de Bosques. Art. N¼ 5	3	3	3	1	6
DS N¼ 4.363 Ley de Bosques. Art. N¼ 19	4	3	1	1	4
DS N¼ 4.363 Ley de Bosques. Art. N¼ 10	5	3	3	1	6
Ley N¼ 18.378 /84. (de conservaci—n en predios agr'colas)	6	3	3	3	18
DL N¼ 1.939/77 Normas sobre adquisici—n, adm. bienes del Estado	7	2	1	2	6
DS N¼ 30/97. DS. N¼ 95/01	8	3	3	1	6
DS N¼ 193/80. DS N¼ 259/80 (y t˜c. DL 701). DS N¼ 192/98. DS N¼ 1.341/98.	9	3	3	1	6
DS N□ 366/44	10	3	3	1	6
DS N□ 75/05	11	3	3	1	6
TOTAL	**11**				**100**

Folio006538

TABLA 7-34. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA V (DESIERTO) EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE QUILLAGUA. 2007.

LEGISLACION VINCULADA AL SISTEMA V (Desierto)
OASIS DE QUILLAGUA

					V= (N+E+A)(J)*
NORMAS JURżDICAS	**N¼**	**ESPECIFICIDAD**	**APLICABILIDAD**	**JERARQUIA**	**VALORACIÏN**
Ley N¼ 19.300	1	3	3	3	18
Ley N¼ 19.473/96. Ley de Caza	2	3	3	3	18
DS N¼ 30/97. DS. N¼ 95/01	3	3	3	1	6
DS N□ 75/05	4	3	3	1	6
TOTAL	**4**				**48**

TABLA 7-35. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA VI (ZONA URBANA) EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE QUILLAGUA. 2007.

LEGISLACION VINCULADA AL SISTEMA VI (Zona urbana)
OASIS DE QUILLAGUA

					V= (N+E+A)(J)*
NORMAS JURżDICAS	**N¼**	**ESPECIFICIDAD**	**APLICABILIDAD**	**JERARQUIA**	**VALORACIÏN**
Ley N¼ 19.300	1	3	3	3	18
Ley N¼ 19.473/96. Ley de Caza	2	3	3	3	18
DS N¼ 30/97. DS. N¼ 95/01	3	3	3	1	6
DS N□ 75/05	4	3	3	1	6
TOTAL	**4**				**48**

Del análisis de estas tablas anteriores (Tabla 7-30 a Tabla 7-35) se puede concluir una valoración final, como se muestra en la Tabla 7-36. En la Figura 7-26 se muestra la carta de síntesis de la protección legal del área de estudio en Quillagua.

TABLA 7-36. VALORACIÓN FINAL DE PROTECCIÓN LEGAL

SISTEMA	CÓDIGO	NIVEL DE PROTECCIÓN LEGAL	JUSTIFICACIÓN
Cuerpos de agua	I	Alto	19 normas jurídicas, siete de ellas con valoración > 12, con valoración total de 167
Humedales palustres	II	Medio	11 normas jurídicas, cuatro de ellas con valoración > 12, con valoración total de 110
Praderas, cultivos, matorrales	III	Medio	9 normas jurídicas, cuatro de ellas con valoración > 12, con valoración total de 96
Vegetación arbórea	IV	Medio	11 normas jurídicas, tres de ellas con valoración > 12, con valoración total de 100
Desierto	V	Bajo	4 normas jurídicas, dos de ellas con valoración > 12, con valoración total de 48
Zona Urbana	VI	Bajo	4 normas jurídicas, dos de ellas con valoración > 12, con valoración total de 48

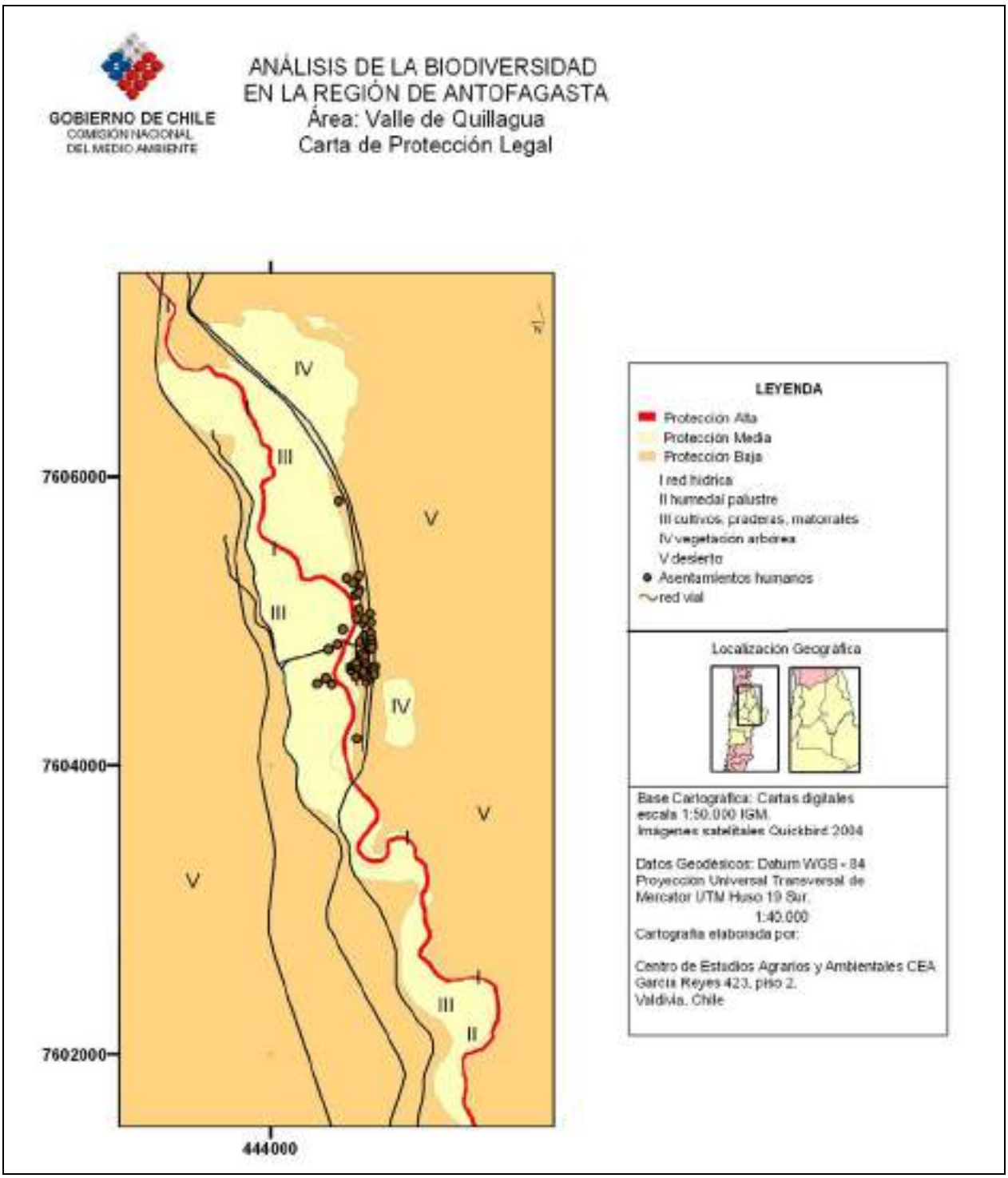


FIGURA 7-26. CARTA DE SÍNTESIS DE LA PROTECCIÓN LEGAL DEL ÁREA DE ESTUDIO EN QUILLAGUA. 2007.

3.6. Competencias institucionales

La existencia de muchos organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y más aún responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales pone de manifiesto superposición de funciones y pocas posibilidades de coordinación (Hermosilla 2004).

La institucionalidad ambiental en la Ley 19.300

A continuación se presenta con mayor detalle la institucionalidad ambiental en la Ley 19.300 por ser ésta la ley más relevante en materia ambiental.

La Ley 19.300 en su título final, párrafos 1, 2, 3, 4 y 5, se refiere a la institucionalidad ambiental. En el Art. 69 se crea la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, como un servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del Presidente de la República, a través del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Los órganos de CONAMA son: el Consejo Directivo, la Dirección Ejecutiva, el Consejo Consultivo y las Comisiones Regionales del Medio Ambiente o COREMAS.

El Consejo Directivo

El Consejo Directivo tiene a su cargo la Dirección Superior de CONAMA y está formado por 13 ministros: el ministro Secretario General de la Presidencia, quien lo preside con el título de presidente de la Comisión Nacional del Medio Ambiente; ministros de Relaciones Exteriores, Defensa Nacional, Economía Fomento y Reconstrucción, Planificación y Cooperación, Educación, Obras Públicas, Salud, Vivienda y Urbanismo, Agricultura, Minería, Transportes y Telecomunicaciones y Bienes Nacionales. Entre los ministros que no forman parte de este Consejo está el ministro de Hacienda, a pesar de la importancia que tiene para la política nacional ambiental (Fernández 1998). Los acuerdos que adopte este Consejo Directivo de CONAMA, deberán ser ejecutados por los organismos del Estado competentes.

Dirección Ejecutiva

De conformidad al Art. 75 del párrafo 3° de la Ley 19.300, la administración de la Comisión Nacional del Medio Ambiente corresponde al director ejecutivo, quien es designado por el Presidente de la República. Este director ejecutivo es el jefe superior del servicio.

Consejo Consultivo

Otro de los órganos pertenecientes a la institucionalidad creada por la Ley de Bases es el Consejo Consultivo que tiene por objeto absolver las consultas que le formule el Consejo Directivo, emitir opiniones sobre los anteproyectos de ley y decretos supremos que fijen normas de calidad ambiental, de preservación de la naturaleza y conservación del patrimonio ambiental, planes de prevención y de descontaminación, regulaciones especiales de emisiones y normas de emisión que les sean sometidos a su conocimiento, además de ejercer las funciones que le encomiende el Consejo Directivo y la ley. Este Consejo Consultivo está formado por las siguientes personas: dos científicos propuestos en quina por el Consejo de Rectores de las

Universidades Chilenas, dos representantes de organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro que tengan por objeto la protección del medio ambiente, dos representantes de centros académicos independientes que estudien o se ocupen de materias ambientales, dos representantes del empresariado, dos representantes de los trabajadores y un representante del Presidente de la República. Estos consejeros son nombrados por el Presidente de la República por un período de dos años, prorrogables por una sola vez.

Comisiones Regionales del Medio Ambiente (COREMAS)

La Comisión Nacional del Medio Ambiente se desconcentra territorialmente a través de las Comisiones Regionales del Medio Ambiente (COREMAS). En cada región del país existe una COREMAS que está integrada por el intendente de la región, quien la preside; los gobernadores provinciales de la región, los Seremis de los ministerios que forman el Consejo Directivo, cuatro consejeros regionales elegidos por el respectivo Consejo y por el director regional de la Comisión del Medio Ambiente, que actúa como secretario. Conforme a la ley, corresponde a las Comisiones Regionales coordinar la gestión ambiental en el nivel regional y cumplir las demás funciones que le encomiende la ley, como por ejemplo hacer el seguimiento al EIA. Con respecto a los Seremis de los ministerios señalados por el Art. 71 y que forman parte del Consejo Directivo, es necesario tener presente que estos no existen a nivel del Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio Secretaría General de la Presidencia y Ministerio de Defensa.

Comité Técnico

En cada COREMA existe un Comité Técnico integrado por el director regional del Medio Ambiente, quien lo preside, y por los directores regionales de los servicios públicos con competencia en materia de medio ambiente, incluyendo entre ellos al gobernador marítimo correspondiente. Este Comité Técnico es de extraordinaria importancia, ya que es el organismo que hace el análisis técnico de los estudios de impacto ambiental, formulando las recomendaciones pertinentes para su modificación, aprobación o rechazo del mismo. Su informe, si bien es cierto no ha sido debidamente considerado por los Coremas, sí lo ha sido por la jurisprudencia de los Tribunales de Justicia, los que han tomado en cuenta sus juicios para dirimir los conflictos que han sido sometidos a su competencia.

Consejo Consultivo Regional

En cada COREMA existe un Consejo Consultivo Regional de Medio Ambiente, cuyos miembros son nombrados por el intendente regional, a propuesta en nómina de las respectivas organizaciones que ellos representan. Así, cada Consejo Consultivo Regional está formado por dos científicos, dos representantes de ONGs que tengan por objeto la protección o estudio del medio ambiente, dos representantes del empresariado, dos representantes de los trabajadores y un representante del intendente regional. Su duración en el cargo es de dos años. Son funciones de estos Consejos Consultivos Regionales dar respuesta a las consultas que le formule la Comisión Regional del Medio Ambiente.

Institucionalidad ambiental sectorial

Sin perjuicio de las facultades ambientales que le ley entrega a CONAMA, existen atribuciones ambientales en la mayoría de los ministerios que se ejercen, ya sea a través de las llamadas Unidades Ambientales, o bien, de los servicios públicos con competencias ambientales otorgadas por la ley.

Unidades Ambientales

En algunos ministerios existen las llamadas Unidades Ambientales, cuyo origen es reciente. Su objetivo es colaborar con CONAMA, en especial en apoyo al proceso de evaluación de impacto ambiental. De este modo se potenciaría la capacidad de cada ministerio de responsabilizarse por la gestión de su sector. Además de esta función, estas Unidades Ambientales tienen algunos otros objetivos, como por ejemplo, asesorar al ministro en la representación del sector en la propia CONAMA, definir políticas y líneas de acción para el sector, diagnosticar el impacto ambiental y evaluar los estudios de impacto ambiental, contribuir a la elaboración de la legislación ambiental, promover la formación de recursos humanos en esta área, asesorar en la elaboración de planes de descontaminación, detectar y diagnosticar soluciones a problemas ambientales en el ámbito de su ministerio, etc.

En algunos ministerios existen grupos organizados de personas dedicadas a funciones ambientales. Los ministerios que cuentan con Unidades Ambientales hasta el momento son: Economía, Fomento y Reconstrucción, Obras Públicas, Agricultura, Bienes Nacionales, Salud, Minería, Vivienda y Urbanismo, Transportes y Telecomunicaciones, Planificación y Cooperación, Educación, Defensa Nacional, Relaciones Exteriores e Interior.

Servicios públicos con competencia ambiental

Entre las principales instituciones involucradas en la gestión ambiental, podemos citar las siguientes: Ministerio del Interior (ONEMI), Ministerio de Relaciones Exteriores (Dirección del Medio Ambiente, el IChA), Ministerio de Economía (Subsecretaría de Pesca, SERNAP, CORFO, Comisión Nacional de Riego, INFOR, INIPB, PONTEE, CIREN, SERNATUR), Ministerio de Educación (CONICYT, Consejo de Monumentos Nacionales), Ministerio de Defensa Nacional (DIRECTEMAR, SHOA), Ministerio de Obras Públicas (Dirección de Riego, DGA, SISS), Ministerio de Agricultura (SAG, CONAF), Ministerio de Bienes Nacionales, Ministerio de Salud (SESMA, Servicio de Salud, ISP), Ministerio de Minería (COCHILCO, SERNAGEOMIN, Comisión Chilena de Energía Nuclear, Comisión Nacional de Energía), Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (Subsecretaría de Transportes), Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Subsecretaría de Vivienda y Urbanismo), Ministerio de Planificación y Cooperación (CONADI).

Los ministerios antes nombrados con sus respectivos servicios serían los de mayor injerencia ambiental, ya que abarcan diferentes tópicos, como la planificación ambiental sectorial, regulaciones, control ambiental, formación ambiental, prestación de servicios ambientales y reparación de daños ambientales.

Consejo de Defensa del Estado

Además de los órganos citados, posee competencia ambiental el Consejo de Defensa del Estado, el cual tiene una acción de reparación o acción ambiental y una acción indemnizadora.

Competencia ambiental de las municipalidades

Las municipalidades tienen importantes atribuciones ambientales que emanan de la Ley 19.300 y de su propia Ley Orgánica 18.695. Así el Art. 23 de la Ley de Bases del Medio Ambiente establece que los gobernadores, conjuntamente con las Coremas, deberán coordinar con las municipalidades de su provincia el cumplimiento de lo establecido en el párrafo 2° de la Ley 19.300, que se refiere al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en lo que les sea de su competencia. Por su parte, el Art. 31 señala que las Coremas deben remitir a las municipalidades, en cuyo ámbito comunal se realizarán las obras o actividades que contemple el proyecto bajo evaluación, una copia del extracto del Estudio de Impacto Ambiental y las listas de los proyectos o actividades sujetos a Declaración de Impacto Ambiental.

En materia de daños, la Ley ambiental señala que cualquier persona puede exigir a las municipalidad en cuyo territorio se desarrollen actividades que causen daño al medio ambiente para que esta deduzca la acción ambiental, de no hacerlo, la hará solidaria de los perjuicios que el hecho denunciado ocasione, a menos que dentro de un plazo de 45 días haya hecho ver al requirente -fundadamente- que no iniciará acción. Además, conforme al artículo 56 de la Ley 19.300, las municipalidades y demás órganos competentes del Estado podrán requerir del juez sanciones para los responsables de fuentes emisoras que no cumplan planes de prevención o descontaminación o con las regulaciones especiales para situaciones de emergencia o por incumplimiento de los planes de manejo.

En relación con su ley orgánica citada, las municipalidades tienen también importantes funciones en materia ambiental. Desde luego, pueden desarrollar actividades en la organización de la comunidad, elemento clave en el cumplimiento de las normativas ambientales, en el desarrollo de proyectos ambientales y en la defensa de los intereses de la comunidad. Además de su participación con los grupos de base, tiene funciones de incidencia ambiental específicas como la aplicación de disposiciones sobre transporte y tránsito público dentro de su territorio comunal en la forma señalada en la ley y sin que contravengan disposiciones sobre la materia dictadas por el Ministerio de Transporte; la planificación y regulación urbana de su comuna y la confección del plan regulador comunal; dictar normas sobre aseo y ornato; desarrollar directamente o bien con otros órganos de Administración del Estado, como podría ser CONAMA, funciones relacionadas con la protección ambiental; el turismo; la recaudación, etc.

En relación a los tratados internacionales

Convención de Washington

Las instituciones con competencia en su implementación son: la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Servicio Nacional de Pesca (SERNAP), la Subsecretaría de Pesca, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), el Consejo de

Monumentos Nacionales, la Comisión Nacional de Diversidad Biológica, organismo asesor de la Comisión, el Ministerio de Relaciones Exteriores, el Ministerio de Bienes Nacionales y el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR).

Convención Ramsar

Las siguientes instituciones tienen competencia en la implementación del Convenio Relativo a Los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. (Convención Ramsar): la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), el Museo Nacional de Historia Natural y el Ministerio de Relaciones Exteriores.

Convención sobre Diversidad Biológica

Las siguientes instituciones tienen competencia en la implementación de la Convención en Chile: la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Servicio Nacional de Pesca (SERNAP), la Subsecretaría de Pesca, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) y la Comisión Nacional de Diversidad Biológica, organismo asesor de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT).

Convención CITES

Las instituciones con competencias en esta convención son el SAG y CONAF.

Como puede apreciarse existe una gran diversidad y número de instituciones sectoriales que intervienen en estos asuntos y los diferentes campos de intervención que atañen a cada institución. Esta situación se repite en la aplicación de muchas leyes.

En los aspectos de fiscalización

La fiscalización es un componente de gran relevancia en el cumplimiento de las leyes, aspecto que adolece de grandes deficiencias en su aplicación ya sea por aspectos de asignación presupuestaria como de personal. En la Tabla 7-37 se presentan las instituciones de fiscalización que tienen objetivos ambientales, las cuales abarcan distintos componentes del medio ambiente en el ejercicio de sus funciones fiscalizadoras (Tabla 7-38).

TABLA 7-37. INSTITUCIONES FISCALIZADORAS Y SUS OBJETIVOS AMBIENTALES

INSTITUCIÓN	NORMA QUE ORIGINA LA INSTITUCIÓN	OBJETIVOS INSTITUCIONALES
Aduanas	DFL Nº 30 del 13/04/83	·Vigilar el paso de mercancías por las costas, fronteras y aeropuertos de la República, que perjudiquen los componentes del ambiente y la salud humana.
CONAF	Ley 18.348 del 27/12/1984 DS 728 de 1970	·Contribuir a la protección, conservación, incremento, manejo y aprovechamiento de los recursos forestales del país, con el fin de lograr un rápido crecimiento y desarrollo de la actividad forestal productiva, en términos conciliables con la protección y conservación del bosque y su medio ambiente.
DGA	Ley 16.640 del 28/7/67	·Resguardar y planificar el recurso agua. ·Velar por el cumplimiento del Código de Aguas.
DIRECTEMAR	DS Nº 1.340, DS Nº 1 Ministerio de Defensa ampliada y potenciada por el DL 2.222	·Aplicar y fiscalizar el cumplimiento de la Ley de Navegación, de los convenios internacionales y de las normas legales y reglamentarias relacionadas con sus funciones. ·Preservar el medio ambiente acuático y la navegación de las aguas sometidas a su jurisdicción.
Municipalidades	Ley Orgánica de Municipalidades Nº 18.695 del 31/3/88	·Satisfacer las necesidades de la comunidad y asegurar su participación en el proceso económico, cultural y social. ·Velar por el cumplimiento de la normativa ambiental vigente de acuerdo a ley y reglamentos. ·Realizar actividades de prevención del deterioro ambiental y educativas.
SAG	Ley 18.775	·Contribuir al desarrollo agropecuario del país mediante la protección y conservación de los recursos naturales renovables que inciden en la producción agropecuaria del país. ·Aplicar el cumplimiento de las normas legales y reglamentarias sobre prevención y erradicación de las plagas vegetales y enfermedades transmisibles de los animales. ·Promover las medidas tendientes a asegurar la conservación de los suelos y aguas que eviten la erosión de éstos, y mejoren su fertilidad y drenaje.
SERNAGEOMÍN	DL 3.525 26/11980	·Fiscalizar los tranques de relaves que puedan causar algún daño en el ambiente. ·Desarrollar la investigación geológica aplicada aportando información técnica y científica asociada a eventos de la naturaleza que sirvan de base para la planificación del uso de áreas territoriales.
SERNAP	DFL Nº 2.442 de 1978 y el DFL Nº 1 de 1992	·Ejecutar la política pesquera nacional y fiscalizar su cumplimiento, en especial, velar por la debida aplicación de las normas legales y reglamentarias sobre pesca, caza marítima y demás formas de explotación de recursos hidrobiológicos.
Servicios de Salud	DL Nº 2.763, de 1979	·Proteger la salud humana de los daños potenciales existentes en el ambiente. ·Velar por el cumplimiento del Código Sanitario, sus reglamentos y decretos.

SISS	Ley Nº 18.902 del 27/01/90	·Fiscalizar a las empresas prestadoras de servicios sanitarios. ·Interpretar y velar por el cumplimiento de las normas relativas a los servicios sanitarios. ·Proponer normas técnicas relativas al diseño, construcción y explotación de servicios sanitarios. ·Controlar las empresas que emiten residuos líquidos. ·Proponer normas técnicas relativas a la descarga de RILES. ·Aplicar las sanciones a los prestadores de servicios sanitarios.
Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad	Ley 15.840, Art. 16 (modificada por Art. 19 de la Ley 18.267, Art. 2 de la Ley 18.373, DFL 205 de 1976.	·Coordinar las acciones que permitan una adecuada preservación del medio ambiente en todos aquellos aspectos que tengan relación con las obras viales. ·Asesorar al nivel directivo en materia ambiental, proponiendo la clasificación de los proyectos desde el punto de vista ambiental. ·Promover la adecuada coordinación entre las unidades de la Dirección de Vialidad, los bancos internacionales de crédito y otros organismos internos o ajenos al MOP, teniendo presente la legislación y normas vigentes sobre la materia. ·Proponer normas, procedimientos y metodologías para el estudio y mitigación de los impactos ambientales. ·Proponer y llevar a cabo acciones de supervisión, seguimiento y monitoreo de obras en construcción u operación en lo relativo a los aspectos ambientales, y proponer medidas específicas para el control de los impactos negativos asociados al proyecto.

TABLA 7-38. INSTITUCIONES Y AREA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL POR ORGANISMO

AREA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL POR ORGANISMO													
ORGANISMO	COMPONENTES DEL AMBIENTE									EMISIONES AL AMBIENTE			
	Aire	Aguas Supeficiales	Aguas Subterraneas	Aguas Marítimas	Suelos	Flora	Fauna	Paisaje	Areas Silvestres	Emisiones Atmosféricas	RILES	Residus Sólidos	Ruidos y Vibraciones
Aduanas						X	X					X	
CONAF						X	X	X	X				
DGA		X	X										
DIRECTEMAR		X		X					X		X		
Depto. Fisc. del MINTRATEL										X			
Municipalidades		X			X					X	X	X	X
SAG	X	X	X		X	X	X			X			
SERNAGEOMIN					X							X	
SERNAP		X		X			X						
Autoridad Sanitaria	X	X	X	X						X	X	X	X
SISS										X	X		
Depto. Vialidad del MOP						X		X					

Institucionalidad ambiental en el área de estudio

En la Tabla 7-39 se muestra una compilación de la institucionalidad que se vincula con la normativa asociada al resguardo de los sistemas relevantes en el Valle de Quillagua, en los diferentes aspectos analizados previamente.

TABLA 7-39. INSTITUCIONALIDAD VINCULADA A LOS SISTEMAS RELEVANTES EN QUILLAGUA

SISTEMA	CÓDIGO	SERVICIOS/MINISTERIOS VINCULADOS	NÚMERO DE INSTITUCIONES	PROTECCIÓN INSTITUCIONAL
Cuerpos de agua	I	CONAMA SERNAPESCA SAG DGA SISS Autoridad Sanitaria (Servicio Salud) Instituto Nacional de Normalización Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Economía, Sub.Sec. de Pesca Ministerio de Agricultura Ministerio de Justicia Ministerio de Salud Ministerio de Obras Públicas Ministerio de Relaciones Exteriores	15	Alta
Humedales palustres	II	CONAMA SAG CONAF Municipalidades Ministerio de Bienes Nacionales Secretaría General de la Presidencia	6	Alta
Praderas, cultivos, matorrales	III	CONAMA SAG CONAF SERNAGEOMIN Autoridad Sanitaria (Servicio Salud) Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Agricultura Ministerio de Salud Ministerio de Minería	10	Alta
Vegetación arbórea	IV	CONAMA CONAF SAG Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Agricultura Ministerio de Relaciones Exteriores Ministerio de Bienes Nacionales	8	Alta
Desierto	V	CONAMA SAG CONAF Municipalidades Secretaría General de la Presidencia	5	Alta
Zona urbana	VI	CONAMA Municipalidades Autoridad Sanitaria (Servicio Salud) Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Bienes Nacionales	5	Alta

El sistema vinculado con los cuerpos de agua es el que posee una mayor injerencia de instituciones en aspectos normativos y de competencias legales. Aún así todos los sistemas se consideran suficientemente cubiertos por la institucionalidad

Cartografía de la institucionalidad

El propósito de representar cartográficamente la institucionalidad ambiental con competencias en el área de estudio es establecer la protección ambiental de los distintos sistemas, la que se expresa, en la medida de detectarse diferencias entre los sistemas, que no es el caso para este estudio. Así en la Fig. 7-27 se muestra una carta de protección institucional considerando el **número total de instituciones vinculadas con cada sistema (N)**. Para una eventual construcción de esta carta con mayor desagregación (fuera de los objetivos de este estudio), se pueden considerar, además la **especificidad de la institución (E)** que tienen efecto sobre el sistema objetivo, la **presencia local (P),** referido a si la institución tiene presencia permanente en el lugar, por ejemplo a través de una oficina local (valor 3), o si su presencia es provincial (valor 2) y si sólo está presente a nivel regional (valor 1). Un cuarto parámetro podría ser la **capacidad fiscalizadora (F)**, entendida como la posibilidad concreta y material de ejercer una capacidad de fiscalización permanente en el cumplimiento de las normas jurídicas que aplican en el área de estudio. La caracterización y análisis de estos parámetros adicionales deben ser hechos e un estudio monográfico específico y con paneles de expertos multisectoriales.

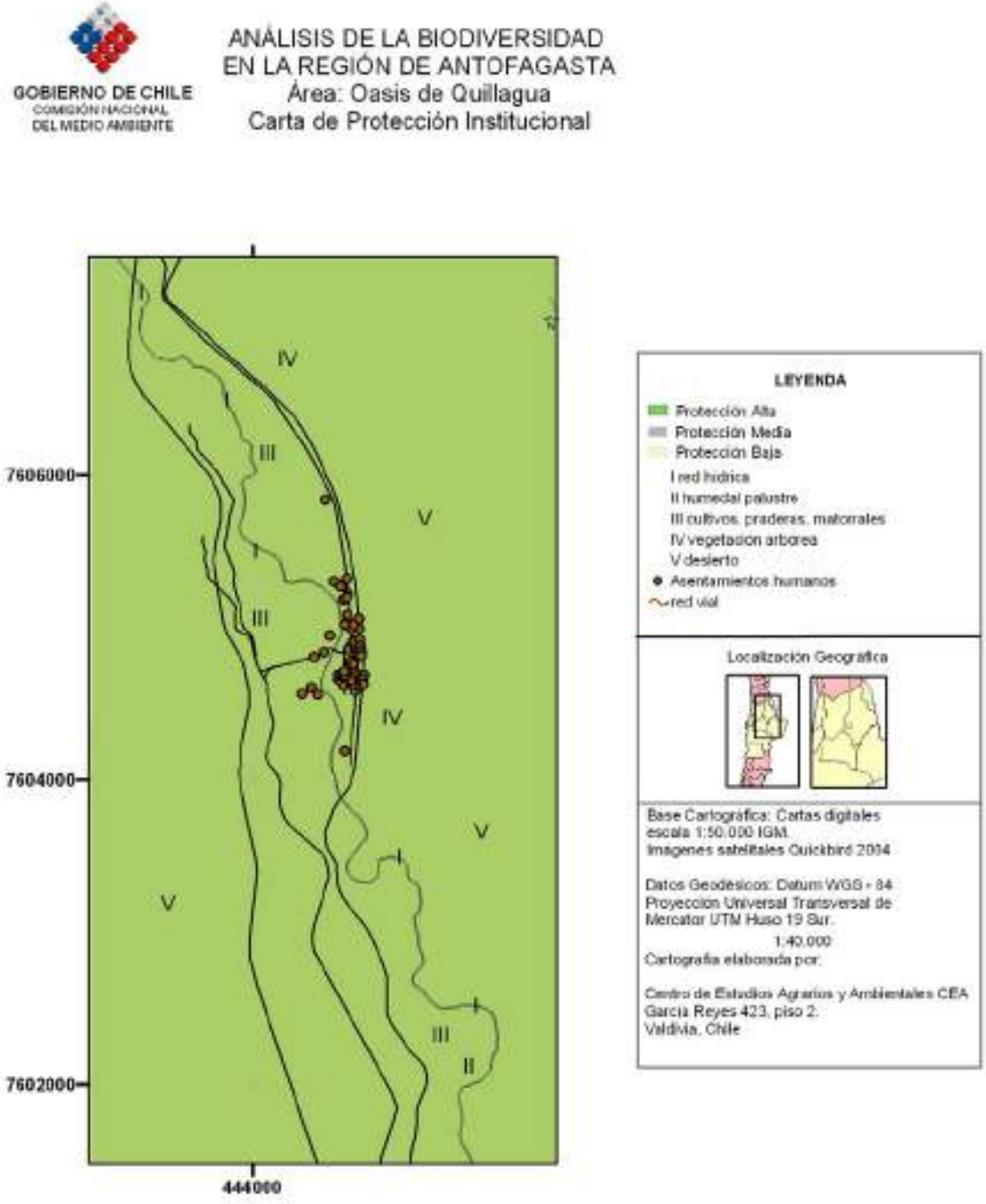


FIGURA 7-27. CARTA DE PROTECCIÓN INSTITUCIONAL DEL ÁREA DE ESTUDIO EN QUILLAGUA. 2007

4. CONCLUSIONES

Existen 16 normas legales que aplican a la conservación de los recursos hídricos en diferentes aspectos; 11 normas que tendrían influencia sobre la conservación de los humedales palustres; 10 regulaciones aplicarían sobre el sistema relevante identificado en el oasis como praderas, cultivos y matorrales y 11 normas aplican en el resguardo de la vegetación arbórea.

Adicionalmente en el sector urbano y en el desierto aplican cuatro normativas que tienen alcances ambientales.

Potencialmente existirían las regulaciones suficientes de modo que se puedan resguardar las condiciones ambientales de todos los sistemas abordados. Sin embargo, existen varias limitantes a ello ya que en su mayoría las regulaciones abordan componentes del ecosistema pero no su dimensión integral.

No existe una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios. Dentro de este contexto, se aprecia la ausencia, en el Ordenamiento Jurídico de manifestaciones concretas del Principio de Precaución, al que obliga la adhesión al Convenio sobre Diversidad Biológica y la Convención de Ramsar.

La existencia de muchos organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y, más aún, responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales, ponen de manifiesto superposición de funciones y pocas posibilidades de coordinación.

El aspecto de fiscalización, en el cual muchas instituciones tienen atribuciones, se considera un buen resguardo, el que sin embargo en la práctica adolece de grandes falencias debido a la escasez de personal y de recursos asignados.

CAPÍTULO VIII
ZONIFICACIÓN

CAPÍTULO VIII ZONIFICACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La zonificación se entiende como parte de un proceso de ordenamiento territorial que consiste en definir las superficies de uso dentro del área de oasis de Calama, principalmente definiendo el valor de las zonas existentes como objetivos de conservación y/o uso potencial. Este uso de zonificación posee objetivos de desarrollo, los cuales están sujetos a una serie de actividades acordes con el sentido de cada una de estas áreas. El trabajo se ha desarrollado en función de distintos factores considerados variables de determinación, tales como el valor patrimonial del recurso (riqueza de fauna, flora y valor del paisaje perceptual), el valor del uso actual (uso de suelo, asociaciones vegetacionales) y los elementos de protección de los recursos naturales instaurados de manera legal o potencial dentro del territorio. De esta manera, se establecen los siguientes objetivos específicos para el ordenamiento territorial del área de estudio.

- Establecer zonas de manejo de acuerdo a criterios ambientales, sociales y económicos.
- Establecer los objetivos para cada zona propuesta.
- Establecer los programas de manejo para cada una de las zonas potenciales.

El material de trabajo utilizado se basa en la digitalización de unidades cartográficas homogéneas (UCH) sobre un mosaico digital georeferenciado, descrito metodológicamente en el capítulo de análisis cartográfico. En estos shapefiles, se ha volcado la información recopilada en terreno de fauna y flora, además de toda la percepción legal levantada a partir del marco teórico legal de protección de los recursos naturales existentes en la zona de estudio. El detalle de estos levantamientos se presenta en los capítulos respectivos.

El presente proyecto entregará como producto la *zonificación cartográfica* del área Valle de Quillagua, donde se establece el valor de conservación nominal en cada una de las zonas resultantes de acuerdo a la información recopilada. Estas zonas deben ser representadas cartográficamente y georeferenciadamente ubicables. El modelo diseñado, debiera ser útil para otras experiencias, lo que implica una homogenización previa y clara de las variables a detectar en terreno y un trabajo claro con respecto a la recopilación y análisis de esta información.

2. ÁREA DE ESTUDIO

Corresponde al área del Valle de Quillagua, Región de Antofagasta. Esta área corresponde al oasis donde se emplaza el poblado y los sitios existentes en el área de los tranques Sloman y Santa Fe (Fig.8-1).

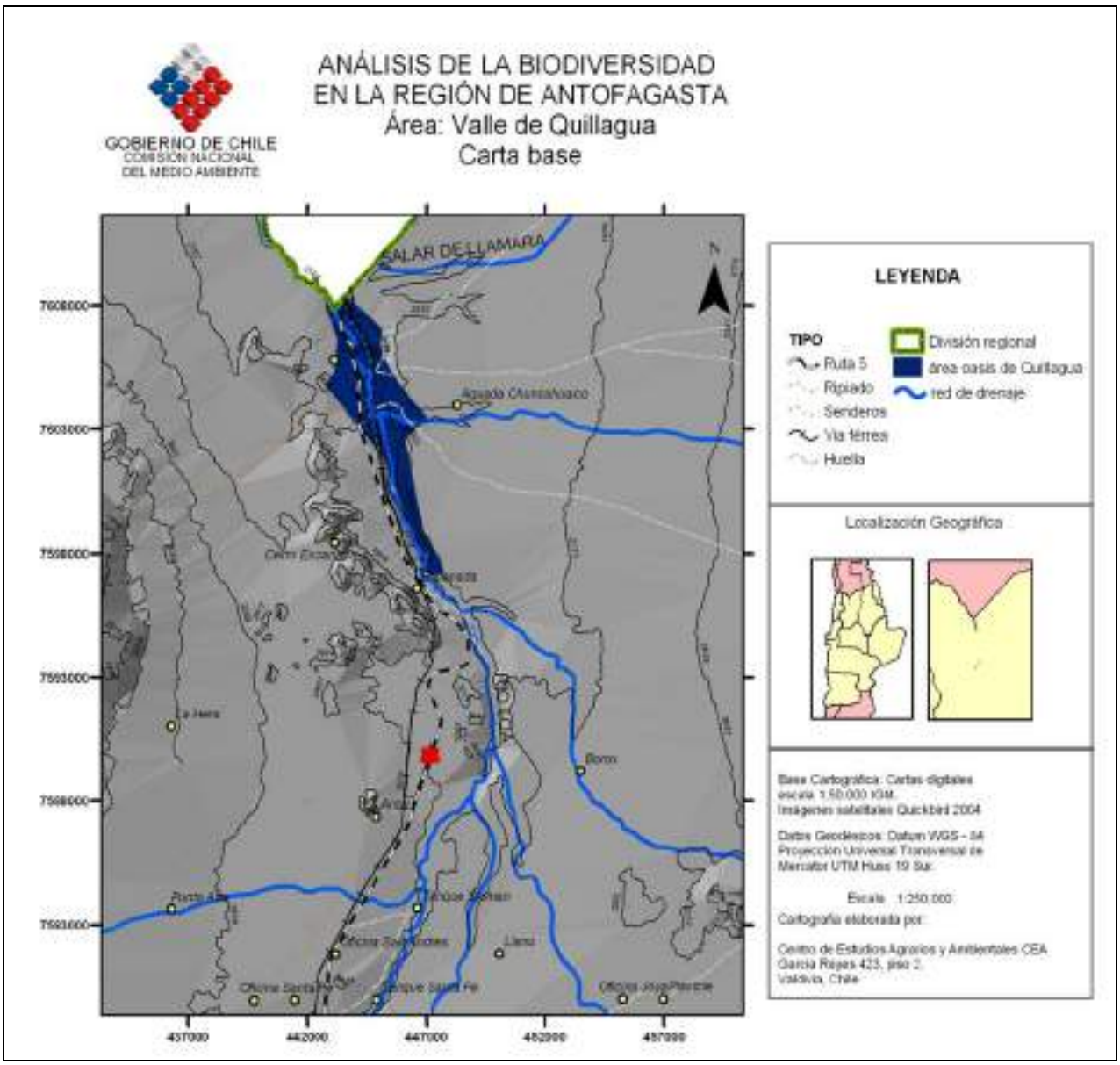


FIGURA 8-1. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA VALLE DE QUILLAGUA.

3. METODOLOGÍA

Para lograr un análisis integral de la información geográfica existente, el CEA ha sistematizado la información generada en el transcurso del estudio. Toda esta información se ha transformado o adaptado en *coberturas geográficas* mediante el uso de un sistema de información geográfico (SIG). Los programas elegidos son el ArcView 3.2 y ArcGIS 8.2, que utiliza el formato shapefile (**.shp*) como archivo *layer*. Una vez recopilada toda la información, se hace necesario un proceso que integre todas las capas generadas de acuerdo a un orden lógico de valoración

para cada una de ellas, donde se consideren las virtudes y defectos encontrados y que definan las capacidades de manejo del área.

La metodología propone un modelo de *zonificación en base a procesos de overlay aritmético*, donde se obtiene la síntesis del valor de uso mediante un solo modelo de overlay planificado gráfica y alfanuméricamente. Todas las capas o layers que ingresan en el modelo corresponden a los parámetros de la zonificación, mientras que las categorías valorizadas son las variables. Para ello, se utiliza un *software sig de proceso (ModelBuilder 2.0a)* lo que facilita el proceso de asignación de valor final a las zonas y las correcciones respectivas (Figura 11-3).

Selección y ponderación de las variables

Con la presente metodología, se propone la elección de las variables que definirán la zonificación y la ponderación de éstas, según lo acordado en el taller de zonificación. Además, se propone una asignación de valor nominal de zonificación a cada una de las variables, con un rango de 5 posibilidades, 1=muy baja importancia, 2= baja importancia, 3= media importancia, 4= alta importancia, y 5=muy alta importancia. De este modo, considerando la totalidad de las variables incluidas, se obtiene una zonificación final en base a la herramienta de evaluación multicriterio (EMC).

La aplicación de esta evaluación multicriterio para la zonificación de las áreas existentes dentro del área de estudio valle de Quillagua, busca asegurar los siguientes objetivos:

- Mantención de la Biodiversidad. Comprendiendo los servicios ecosistémicos entregados por las zonas aledañas y el valor de conservación de ecosistemas únicos, permitiendo la conservación e investigación de estos sitios.
- Uso Apropiado de los Recursos. Aquellas áreas utilizables deben poseer el criterio del manejo apropiado, conociendo las limitantes de los sitios y persiguiendo la mejora estructural de los recursos.
- Enfatizar el Uso Tradicional. Orientando el apoyo técnico hacia un uso múltiple, holístico, en base a los conocimientos, patrimonio y aspiraciones culturales propias de las comunidades asentadas dentro de las áreas y en sectores aledaños o área de influencia de los sitios.

Esta etapa de modelamiento para obtener la *Síntesis* de los parámetros y variables propuestos se basa en procesos sucesivos de *overlay* considerando un modelo algorítmico de *proceso-resultado*. En términos simples, un *overlay* es una sobreposición de dos o más *capas geográficas*. Como resultado, los valores de esas capas (referidos a valores de representación de sus características temáticas) pueden sumarse, restarse, multiplicarse o dividirse entre sí, obteniendo una nueva *capa geográfica resultado* con un valor procesado producto de la interacción de las *capas input*. Es así como hablamos de un *overlay aritmético*, el cual puede ser aditivo, sustractivo o ponderado según las características antes explicadas. En este caso, se propone un *overlay aditivo* entre las capas input para obtener un valor que incorpore todas las

capas geográficas a considerar. Sin embargo, los input geográficos (que corresponden a distintas variables de consideración), pueden ser agrupados en *Parámetros*, los cuales pueden ser indistintamente ponderados, dando un porcentaje mayor de *"peso"* a aquellos parámetros que se consideran más relevantes en la búsqueda de una zonificación (realizado en el taller de zonificación del CEA), lo que está determinado principalmente por los objetivos que se persiguen. Es así como la metodología propuesta busca desarrollar un *modelo* en base a *overlays sucesivos* con características *mixtas* entre aditivo y ponderado.

Este modelo será construido en la extensión *Model Builder 2.0* de *ArcView 3.2*, aunque el análisis espacial y la representación de resultados se realizará en *ArcGis 8.1*. El programa Model Builder permite la programación gráfica y alfanumérica de la serie completa de overlays en un solo procedimiento. En su parte gráfica (Figura 8-2), lo procesos son ordenados desde el establecimiento de las capas a utilizar donde se define el rol temático de la capa a ingresar, hasta la obtención de la Síntesis resultado que nos entrega el valor base de zonificación final, la que puede ser posteriormente revalorada y asignada según las categorías de valor resultantes. Este programa trabaja a tres niveles mínimos, el primero de ellos ingresa los *datos de proyecto* (cuadros azules) que corresponde al *nodo input*, aquí se presentan las coberturas temáticas a ingresar en el modelo, especificando el formato respectivo. El segundo nivel corresponde al *nodo de función* (óvalo naranja), donde se aplica la operación espacial sobre el nodo input, que va desde una simple transformación de formato (vector a grid o raster, modelo de elevación del terreno, búffer espacial, etc.) y un tercer nivel que corresponde al *nodo de dato derivado* (cuadro verde), que explicita el resultado del nodo de función. A partir de ellos, se pueden obtener sucesivos nodos de datos derivados, lo que explicita el fundamento de los overlays sucesivos. Cada nivel está ligado unidireccionalmente por un *vector de operación* (líneas negras), hasta llegar al resultado final o síntesis (Figura 8-2).

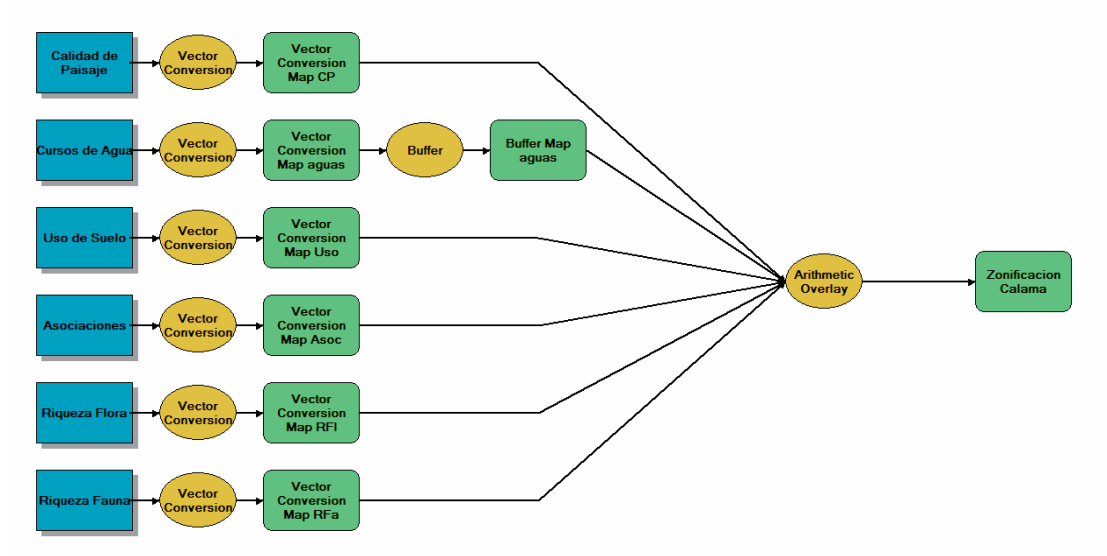


FIGURA 8-2. MODELO GRÁFICO EN MODELBUILDER 2.0 PARA LA OBTENCIÓN DE LA ZONIFICACIÓN DE VALLE DE QUILLAGUA.

Del mismo modo, el programa incluye un módulo tabular en el cual se asignan los valores a ingresar y la ponderación por parámetro según el tipo de overlay deseado. De este modo, el establecimiento de la información y su valoración son ingresadas por el usuario de manera rápida y ordenada, facilitando el procedimiento de síntesis (Fig. 8-3).

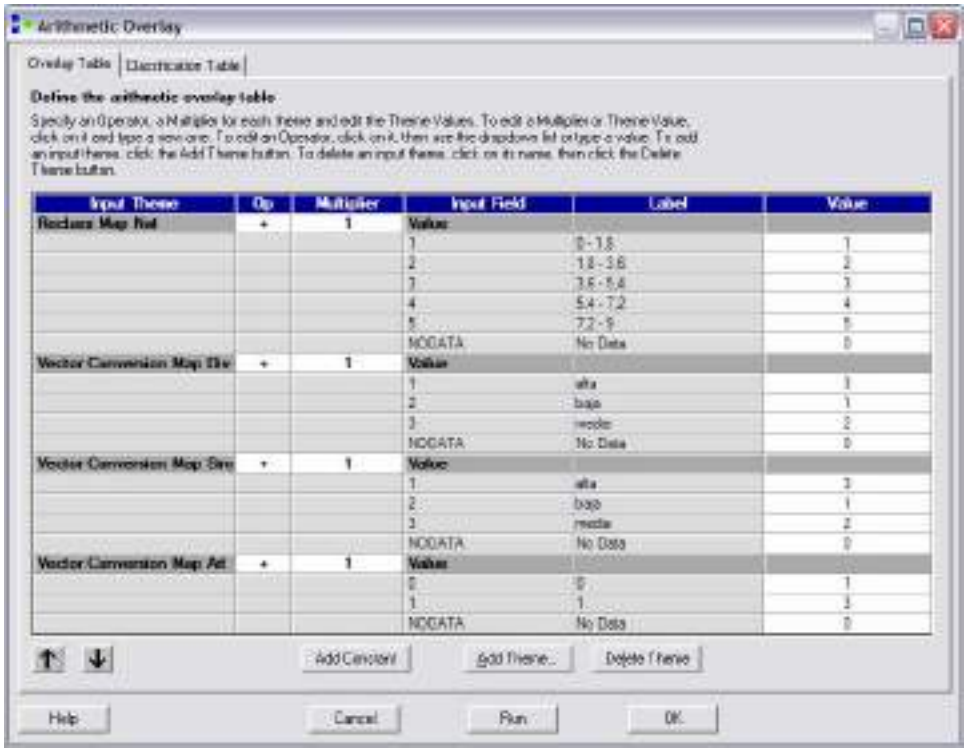


FIGURA 8-3. CUADRO DE ASIGNACIÓN DE VALOR POR CATEGORÍA TEMATICA EN EL PROCESO DE MODEL BUILDER 2.0.

4. RESULTADOS

Tal como se observa en la figura 8-2, los parámetros ingresados corresponden a las capas obtenidas en los procedimientos cartográficos y de terreno descritos en cada uno de los capítulos respectivos. Sin embargo, en los siguientes párrafos se entregan detalles de las valoraciones de parámetros y variables ingresados en el proceso de zonificación.

Valor de Paisaje: El valor de paisaje obtenido (según la metodología detallada en el capítulo VI) fue categorizado en 5 variables según taller de zonificación realizado. La ponderación de este parámetro en la zonificación final es de 12,5%. Estos valores se presentan en la Tabla 8-1.

TABLA 8-1. VALORACIÓN DEL PARÁMETRO VALOR PAISAJE SEGÚN SUS RANGOS NUMÉRICOS (SEGÚN MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 2000).

Rango de Valor de Paisaje	Valor numérico	Valor nominal
1 – 5	1	Muy bajo
6 - 7	2	Bajo
8 - 11	3	Medio
12 – 15	4	Alto
16 - 20	5	Muy alto

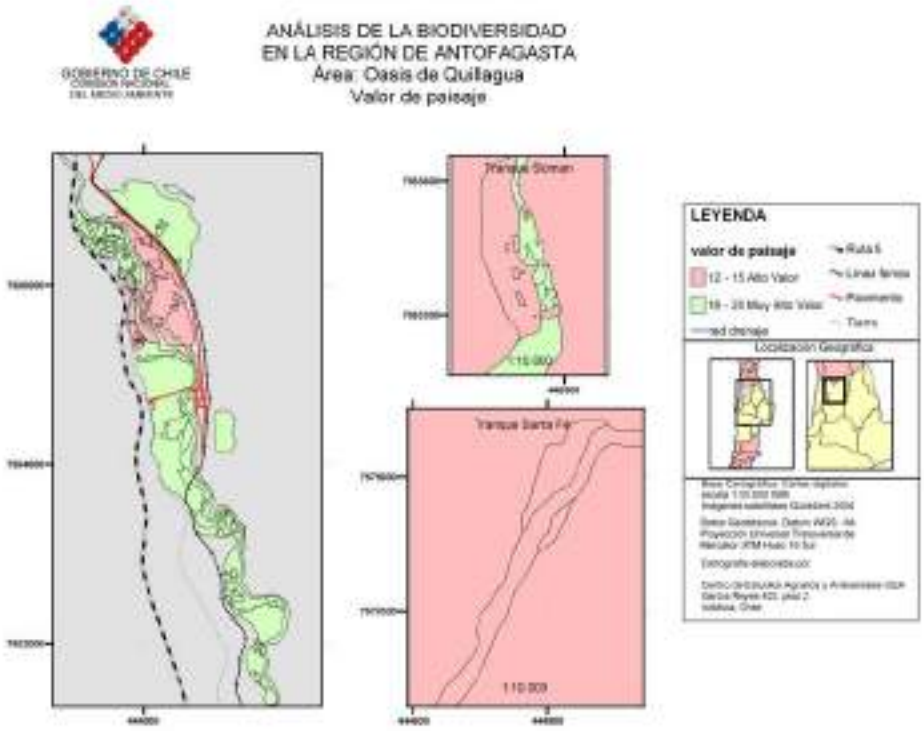


FIGURA 8-4. RANGOS DEL VALOR DE PAISAJE INGRESADOS AL ALGORITMO DE ZONIFICACIÓN Y EXISTENTES EN EL ÁREA DE QUILLAGUA.

Cursos de agua: A los cursos de agua se les estableció dos rangos de protección, 0 – 30 m y 30 – 60 m, valorizando ambas áreas con valores 5 (muy alto) y 3 (medio) para la conservación. La ponderación de este parámetro en la zonificación final es de 25%.

Uso de Suelo: El uso de suelo se valorizó de acuerdo a su estado, descrito en terreno, y a su valor para la conservación de acuerdo al uso actual (Figura 8-5). La ponderación de este parámetro en la zonificación final es de 12,5%.

TABLA 8-2. VALORACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PARÁMETRO VALOR DE USO DE SUELO

Uso de suelo	Valor numérico	Valor nominal
Cultivo	1	Muy bajo
Matorral denso	5	Muy alto
Matorral ralo	3	Medio
Matorral ripario	5	Muy alto
Plantación	2	Bajo
Urbano	2	bajo

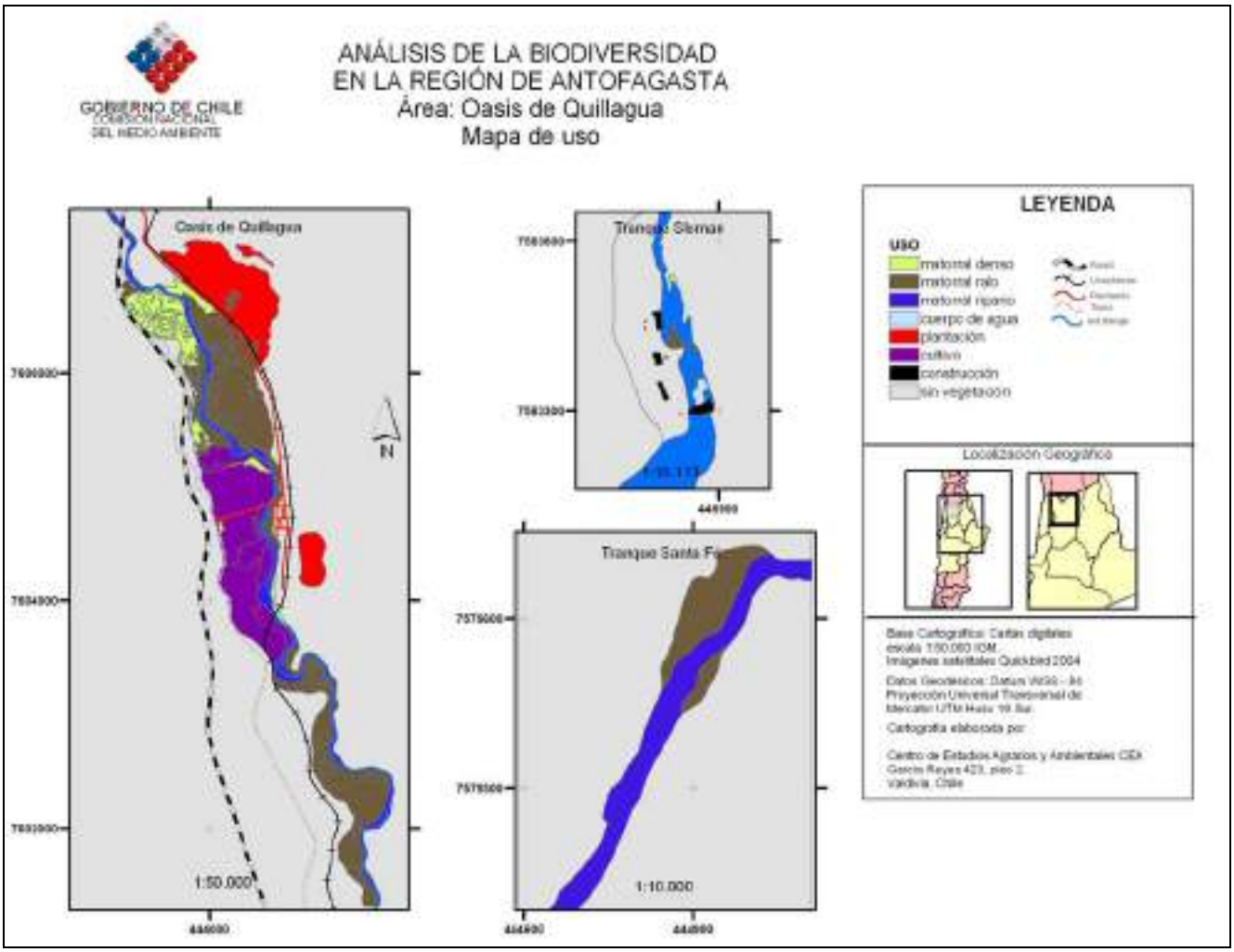


FIGURA 8-5. USO DE SUELO EN LAS AREAS DE ESTUDIO DE QUILLAGUA.

Asociaciones vegetacionales: De acuerdo al taller de expertos, los valores numéricos fueron asignados teniendo en cuenta el estado de conservación y el valor de protección de las asociaciones vegetacionales en el área del oasis. El valor de ponderación de este parámetro en la zonificación final es de 25%. Estos valores se presentan en la Tabla 8-3.

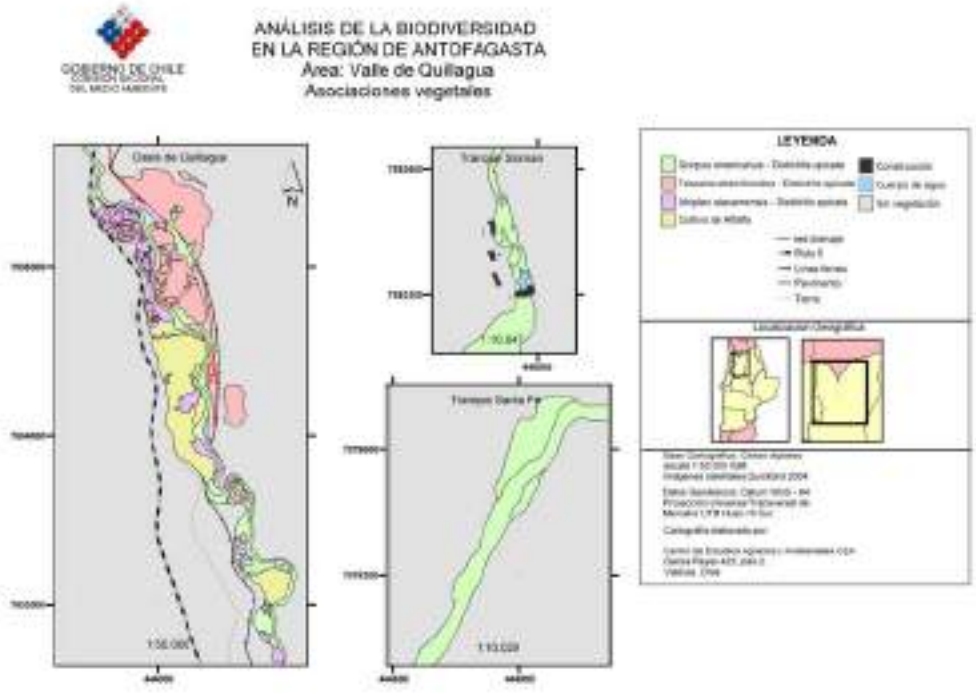


FIGURA 8-6. ASOCIACIONES VEGETACIONALES DE LOS SITIOS CORRESPONDIENTES A QUILLAGUA.

Tabla 8-3. Valor para la zonificación asignada a las asociaciones vegetacionales de Quillagua.

FORMACION VEGETAL	ASOCIACION VEGETACIONAL	Valor numérico	Valor nominal
Matorral ripariano - humedal	1.-*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* *2.-Scirpus americanus-Distichlis spicata*	5 4	Muy Alto Alto
Matorral – humedal	1.-*Scirpus americanus-Distichlis spicata*	4	Alto
Matorral ripariano	1.-*Scirpus americanus-Distichlis spicata*	4	Alto
Campos de cultivo - matorral	1.- *Atriplex atacamensis-Distichlis spicata* 2.- Cultivo de Alfalfa	3 3	Médio Medio

Riqueza de Flora: La riqueza de flora ingresada al procedimiento de zonificación corresponde a aquella obtenida según los relevamientos de terreno y especificada en la cartografía. El valor de ponderación de este parámetro en la zonificación final es de 12,5%. De este modo, los rangos de clasificación de la riqueza de flora como variables son los siguientes:

TABLA 8-4. VALOR DE VARIABLE PARA LOS RANGOS DE RIQUEZA DE ESPECIES DE FLORA EN EL SECTOR DE QUILLAGUA.

Valor de riqueza de especies de Flora	Valor numérico	Valor nominal
1	1	Muy bajo
2	2	Bajo
3-4	3	Medio
5-6	4	Alto
7-8	5	Muy alto

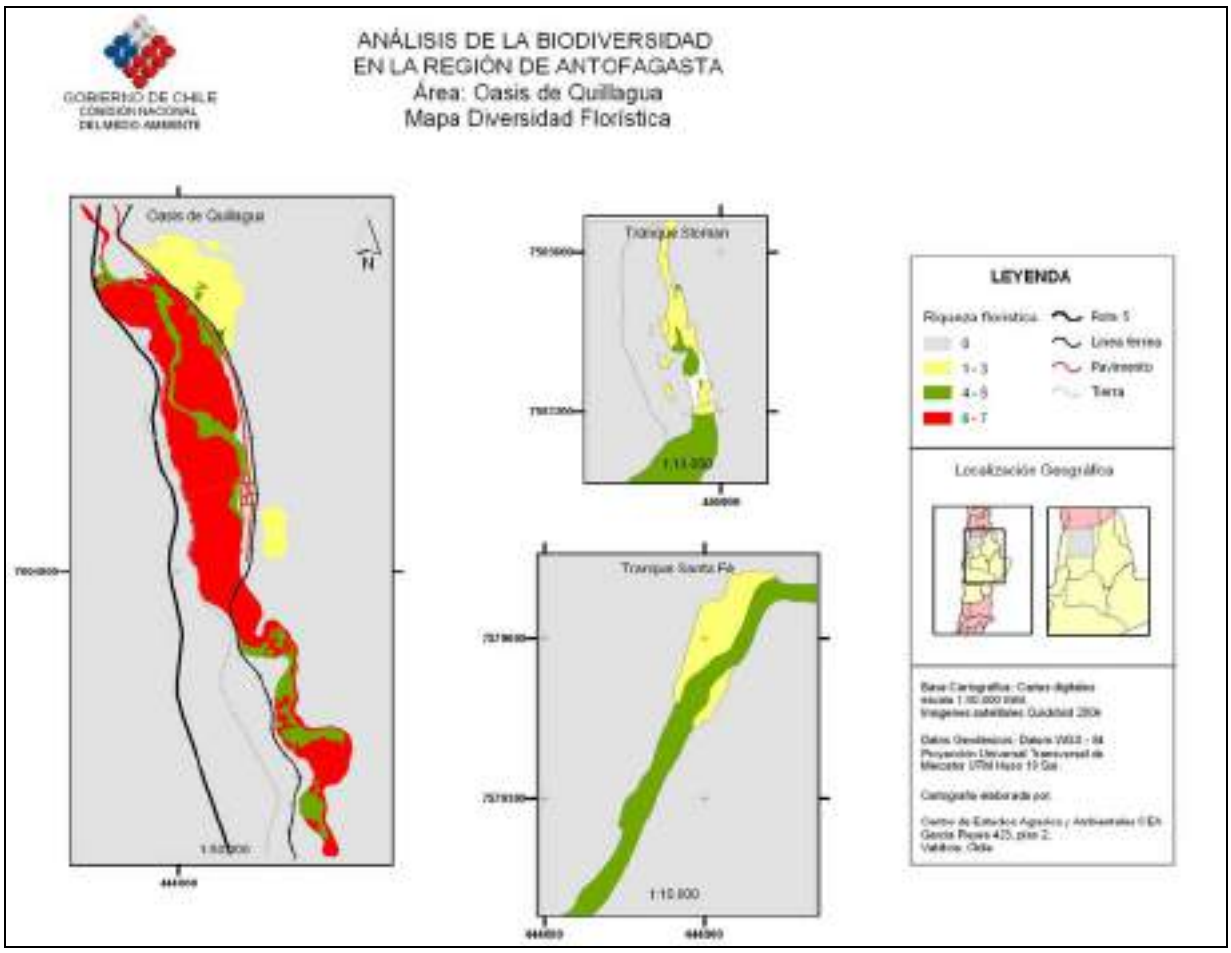


FIGURA 8-7. MAPA DE RIQUEZA DE FLORA EN EL VALLE DE QUILLAGUA.

Riqueza de Fauna: Al igual que en caso de la flora, la riqueza de fauna ingresada al procedimiento de zonificación corresponde a aquella obtenida según lo especificado en la metodología de relevamiento de fauna. El valor de ponderación de este parámetro en la zonificación final es de 12,5%. De este modo, los rangos de clasificación de la riqueza de fauna como variables son los siguientes:

TABLA 8-5. VALOR DE VARIABLE PARA LOS RANGOS DE RIQUEZA DE ESPECIES DE FAUNA EN QUILLAGUA.

Valor de riqueza de especies de Fauna	Valor numérico	Valor nominal
0 - 5	1	Muy bajo
6 - 8	2	Bajo
9 - 11	3	Medio
12 - 13	4	Alto
14 - 20	5	Muy alto

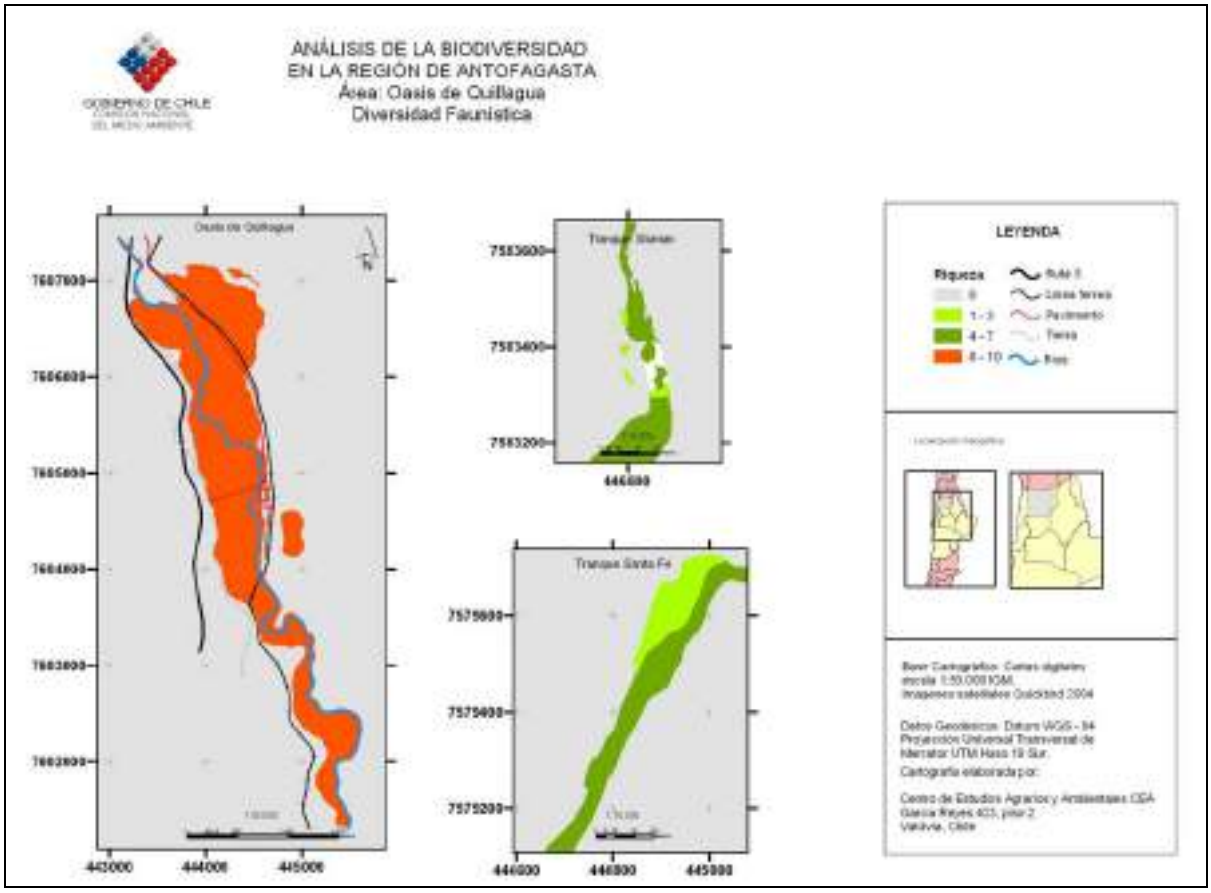


FIGURA 8-8. MAPA DE RIQUEZA DE FAUNA EN QUILLAGUA

Valor Final de Zonificación. Valor de Conservación: Una vez realizado el procedimiento de overlay, se obtiene un layer aditivo con 5 categorías de uso que corresponde al resultado del proceso. De acuerdo a los criterios utilizados, se trata de la zonificación de acuerdo a los valores según el criterio de *valor de importancia para la conservación.* Este valor se presenta en la siguiente tabla.

TABLA 8-6. VALOR RESULTANTE DEL PROCESO DE ZONIFICACIÓN.

Valor final de zonificación	Valor numérico	Valor nominal
0 – 8	1	Muy bajo
8 – 16	2	Bajo
16 – 24	3	Medio
24 – 32	4	Alto
32 - 40	5	Muy alto

Gráficamente, se obtiene un mapa con los valores de zonificación. Estos valores (que corresponden al valor de conservación) se presentan en la figura 8-9.

En la carta de final de zonificación, se observa que valores para la conservación, muy alto y alto se concentran en el Valle de Quillagua, confinados al curso del río Loa y la vegetación riparia presente en la llanura de inundación del Loa.

En la Tabla 8-7 se observa que en el sector del Valle de Quillagua prácticamente el 82% de la superficie es de muy bajo valor de conservación, lo que corresponde al área localizada fuera del Valle propiamente tal, mientras que sólo el 0,4% de la superficie es de muy alto valor, correspondiendo esta área a sectores localizados a orillas del río Loa y que agrupan necesariamente un alto valor de paisaje, riqueza de flora, y riqueza de fauna con alta valoración en las asociaciones vegetacionales que la conforman. Del mismo modo, en ese sector se observan 67,2 ha de alto valor de conservación, equivalentes al 4% de la superficie total y 184,2 ha de valor medio (12% de la superficie). En el sector tranque Santa Fe, la mayor parte de la superficie corresponde a una baja categoría de valor de conservación (86%), mientras que sólo el 9% de la superficie corresponde a un alto valor de conservación. En el tranque Sloman, el 97% de la superficie posee un valor medio de conservación.

TABLA 8-7. SUPERFICIE EN ESTUDIO SEGÚN ZONIFICACIÓN (VALOR DE CONSERVACIÓN).

Valor de Conservación	Superficie (ha)		
	Oasis	Tranque Santa Fe	Tranque Sloman
Muy bajo	1271,2	0	0,2
Bajo	13,8	30,5	0,3
Medio	184,2	1,7	16,5
Alto	67,2	3,1	0
Muy alto	6,5	0	0
	1543,0	35,4	17,0

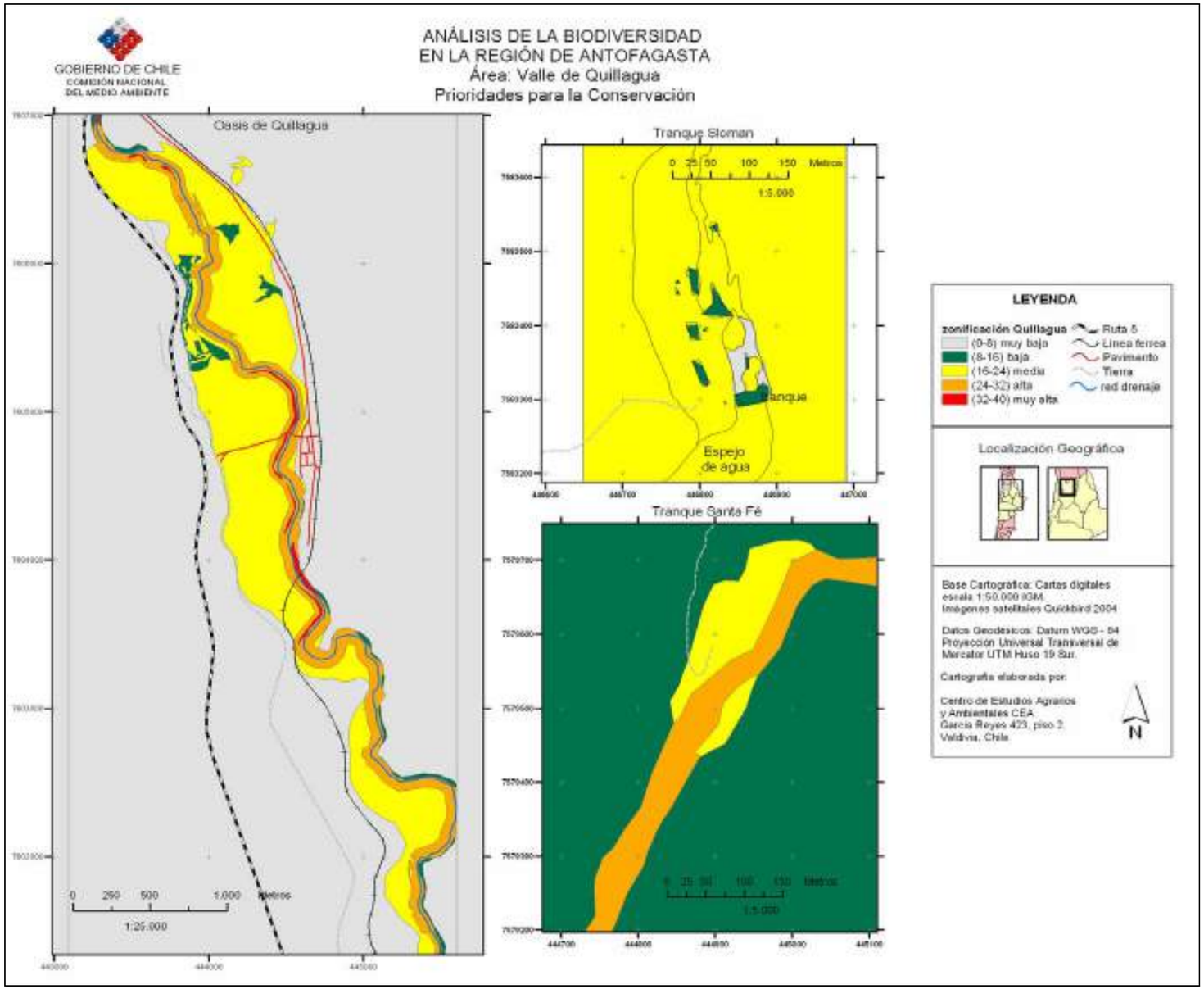


FIGURA 8-9. ZONIFICACIÓN SEGÚN VALOR DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL ÁREA VALLE DE QUILLAGUA.

CAPÍTULO IX
PLANES DE MANEJO

CAPÍTULO IX PLANES DE MANEJO

1. OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

En el taller realizado en Valdivia con fecha 5 de enero 2008, y en el que participaron el equipo ejecutor en su totalidad y tres consultores asociados a este estudio, miembros del Museo Nacional de Historia Natural, se definieron los objetivos estratégicos para las cinco áreas en estudio: a) Oasis de Calama, b) Valle de Quillagua, c) Laguna Lejía, d) Alrededores del Volcán Licancabur y e) Geisers del Tatio. La justificación de estos objetivos, y el análisis final de la situación medio ambiental de cada área de estudio se presentaron en los informes finales para cada área.

Si bien estos objetivos son generales, cada uno de ellos permite recoger las singularidades de cada sitio en particular, lo que se verá reflejado en cada uno de los programas de manejo desarrollados en el siguiente capítulo.

Objetivos estratégicos:

Proteger los ecosistemas representativos y objetos de conservación de presiones antrópicas generadoras de perturbaciones.

Investigar tópicos prioritarios vinculados con área de conservación.

Sensibilizar, educar y concientizar a la población local, visitantes y actores clave sobre la importancia de los ecosistemas existentes en el área prioritaria de conservación.

Promover el manejo sustentable de los recursos existentes en el área prioritaria de conservación.

Recrear a los visitantes en las áreas adecuadas y establecidas para ello en el área prioritaria de conservación.

2. PROGRAMAS DE MANEJO

Los programas de manejo son los elementos de acción donde se definen los lineamientos, directrices, actividades, normas y requerimientos de cada componente de manejo del área objetivo. Estos programas definen las actividades, infraestructura y normas a ser implementadas en cada una de las zonas definidas en el proceso previo de zonificación (Oltremari & Thelen 2003). Los programas de manejo aquí presentados, contienen las actividades a realizar al interior del área de conservación aunque en algunos casos su influencia se extiende más allá de sus límites.

Los programas de manejo deben estar en concordancia con los objetivos estratégicos definidos para el área de conservación. A continuación se presentan los programas de manejo propuestos, con una breve descripción, sus objetivos y principales actividades.

3. PROGRAMAS DE MANEJO ESPECÍFICOS

3.1. Programa de protección de ecosistemas representativos

Este programa comprende las actividades necesarias para la conservación de los ecosistemas representativos del Valle de Quillagua. Estos son:

a) Humedales ribereños asociados al Valle de Quillagua.
b) Humedales asociados a los tranques Sloman y Santa Fe.

a) Objetivos

- Garantizar la integridad de los humedales ribereños en el Valle de Quillagua.
- Garantizar la integridad de los humedales asociados a los tranques Sloman y Santa Fe.
- Mantener la biodiversidad en zonas de agroecosistemas abandonados.

b) Actividades

- Zonificar el oasis con participación de todos los actores interesados para definir, por ejemplo, zonas de recuperación, de restauración, de uso eco turístico de bajo impacto, de prácticas agrícolas, de uso silvícola.
- Evaluar la posibilidad de implementar un programa de restauración ecológica en zonas específicas concordadas con la comunidad. Ya están establecidas las asociaciones vegetacionales existentes. Ahora se debe diseñar la estrategia de restauración y evaluar su factibilidad ecológica, social y económica.
- Implementar un sistema de monitoreo de la biodiversidad. Se proponen como indicadores: la riqueza de avifauna, invertebrados acuáticos y de flora, medidas en primavera/verano cada cinco años.

3.2. Programa de investigación

El Programa de investigación complementará la información existente en la línea base y llenará los vacíos de antecedentes, de manera de establecer el conocimiento suficiente para entender y manejar el Valle de Quillagua. Este programa de Investigación cruza transversalmente varios de los programas propuestos, ya que establece el conocimiento base para los programas de protección e interpretación del patrimonio.

a) Objetivo

- Desarrollar información de áreas no relevadas o abordadas en el estudio de análisis de la biodiversidad de la Región de Antofagasta.
- Generar conocimiento para los programas de protección e interpretación del patrimonio.

b) Actividades

- Estudio ecológico del impacto de especies de fauna introducidas sobre las nativas.
- Estudio de la capacidad de propagación de las especies vegetales con problemas de conservación (Prosopis spp.).
- Evaluación y puesta en valor del patrimonio cultural del Valle de Quillagua (e.g., tranques, cementerios, cráteres, geoglifos, petroglifos e infraestructura).
- Gestionar ante el consejo de monumentos y organismos pertinentes la protección efectiva y/o rescate de los monumentos patrimoniales del Valle de Quillagua.

3.3. Programa de interpretación ambiental

La educación ambiental posibilita las vías de comprensión de los procesos y componentes de la naturaleza, así como de los problemas multidimensionales causados por el ser humano. Ayuda a fortalecer una ética ambiental que permita modificar las actitudes que no contribuyen a la sustentabilidad de los sistemas socioeconómicos y a la responsabilidad para con las generaciones futuras. Así, el Valle de Quillagua parece presentar recursos educativos e interpretativos para los visitantes. Por otro lado la interpretación es el arte de explicar el lugar del hombre en su medio, con el fin de incrementar la conciencia del visitante acerca de la importancia de esa interacción, y despertar en él un deseo de contribuir a la conservación de su ambiente Aldridge (1973).

Edwards (1976) indica que la interpretación posee cuatro características que hacen de ella una disciplina especial: es comunicación atractiva, ofrece una información concisa, es entregada en presencia del objeto en cuestión y su objetivo es la revelación de un significado. Peart (1977) agrega que la interpretación es un proceso de comunicación diseñado para revelar al público significados e interrelaciones de nuestro patrimonio natural y cultural, a través de su participación en experiencias de primera mano con un objeto, artefacto, paisaje o sitio. Desde otro ángulo Rideout-Civitarese et al. (1997) definen la interpretación como una actividad de comunicación diseñada para mejorar la calidad de la experiencia recreativa del visitante, y para inspirar, de una forma agradable, un mayor aprecio por el recurso. Finalmente Morales (2000) sintetiza que la interpretación del patrimonio es el arte de revelar *in situ* el significado del legado natural, cultural o histórico, al público que visita esos lugares en su tiempo libre.

a) Objetivos

- Fomentar una ética de conservación hacia el patrimonio natural y cultural en los habitantes y visitantes de Quillagua.
- Desarrollar un programa interpretativo del patrimonio del Valle de Quillagua.
- Ayudar al público objetivo a comprender y valorar el patrimonio natural y cultural del Valle.

b) Actividades

- Implementar un programa de educación y comunicación ambiental para la población local motivándolos a: (a) valorar el patrimonio natural del oasis, (b) mantener las riberas como áreas de protección de cauces, (c) conservar las áreas de matorrales asociados a los humedales
- Evaluar el Valle de Quillagua para su uso interpretativo.
- Desarrollar un programa de interpretación del patrimonio
- Evaluar el Valle de Quillagua para su uso ecoturistico

3.4. Programa de monitoreo socio ambiental

La implementación de un monitoreo en el contexto de un programa de manejo tiene tres objetivos principales: verificar el progreso del programa; indicar si la implementación está alcanzando los resultados esperados; recopilar y proporcionar nueva información para actualizar, revisar los programas y decidir sobre las futuras acciones. Es necesario, previo a su instauración, tener claridad en al menos cuatro puntos básicos: propósito, método, análisis e interpretación del programa de monitoreo (National Research Council 1986, Horton et al. 1993, Usher 1995, Gil 2002). Al proporcionar una retroalimentación en el tiempo, un sistema de monitoreo permite mejorar la implementación de las actividades en curso o hacer ajustes en los planes y diseños de investigación, para decidir si la actividad debe continuar como se ha planificado, si deben hacerse cambios importantes en las metas o en los planes, o si debe concluirse (Murphy & Noon 1991, Horton et al. 1993). Hecho de manera correcta, un programa de monitoreo proporciona índices continuos de calidad que pueden señalar degradación o recuperación de un sistema (National Research Council 1986).

La incorporación de la dimensión social en los programas de monitoreo obedece a la necesidad de generar información confiable y objetiva acerca de los posibles impactos que la implementación de iniciativas en el oasis puedan generar en el aspecto social, para lo cual se deben desarrollar actividades de monitoreo en la comunidad que permitan realizar un seguimiento constante, desarrollando indicadores sociales que posibiliten medir cambios en estos aspectos (e.g., acceso a recreación, acceso a la información y el conocimiento a través de los programas de educación e interpretación ambiental, cambios actitudinales hacia el medio ambiente, valoración del patrimonio).

En el diseño del programa de monitoreo socio-ambiental se deben considerar tres aspectos principales:

1. Monitoreo del estado de conservación del patrimonio natural y cultural.
2. Monitoreo de impactos sociales de la implementación de las iniciativas en el oasis y de las medidas de conservación adoptadas.
3. Seguimiento o control de gestión, que considera la evaluación de los principales avances de la ejecución de los programas de manejo, con instrumentos *ad hoc* para cada uno de los aspectos a considerar, así como la sistematización de los aprendizajes.

a) Objetivos

- Seleccionar y aplicar indicadores ambientales para el Valle de Quillagua.
- Desarrollar indicadores de impactos sociales de la implementación de iniciativas en el Valle de Quillagua.
- Evaluar la gestión de los programas de manejo, adecuando sus actividades según el resultado del monitoreo.

b) Actividades

- Elaborar una matriz lógica de actividades y resultados
- Elaborar y aplicar un plan de monitoreo
- Análisis periódico de los resultados

4. HORIZONTE TEMPORAL Y NIVEL DE URGENCIA

Se entrega en la siguiente Tabla las sugerencias de temporalidad, horizonte de tiempo que es factible ejecutar las actividades y el nivel de urgencia, o prioridad de la actividad (clases: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo).

PROGRAMA	ACTIVIDAD	HORIZONTE DE TIEMPO PARA SU APLICACIÓN	NIVEL DE URGENCIA
Protección de ecosistemas representativos	Zonificar el oasis con participación de todos los actores interesados para definir, por ejemplo, zonas de recuperación, de restauración, de uso eco turístico de bajo impacto, de prácticas agrícolas, de uso silvícola.	1 año	muy alto
	Evaluar la posibilidad de implementar un programa de restauración ecológica en zonas específicas concordadas con la comunidad.	1 año	medio
	Implementar un sistema de monitoreo de la biodiversidad. Se proponen como indicadores: la riqueza de avifauna, invertebrados acuáticos y de flora	continuo	muy alto
	Estudio ecológico del impacto de especies de fauna introducidas sobre las nativas.	1 años	medio
	Estudio de la capacidad de propagación de las especies vegetales con problemas de conservación (*Prosopis* spp.).	1 año	alto
Investigación	Evaluación y puesta en valor del patrimonio cultural del Valle de Quillagua (e.g., tranques, cementerios, cráteres, geoglifos, petroglifos e infraestructura	6 meses	muy alto
	Gestionar ante el consejo de monumentos y organismos pertinentes la protección efectiva y/o rescate de los monumentos patrimoniales del Valle de Quillagua.	6 meses	muy alto
Interpretación ambiental	Implementar un programa de educación y comunicación ambiental para la población local motivándolos a: (a) valorar el patrimonio natural del oasis, (b) mantener las riberas como áreas de protección de cauces, (c) conservar las áreas de matorrales asociados a los humedales	6 meses	muy alto
	Evaluar el Valle de Quillagua para su uso interpretativo	6 meses	muy alto
	Desarrollar un programa de interpretación del patrimonio	6 meses	muy alto
	Evaluar el Valle de Quillagua para su uso ecoturistico	6 meses	muy alto
Monitoreo socio ambiental	Elaborar una matriz lógica de actividades y resultados	6 meses	alto
	Elaborar y aplicar un plan de monitoreo	6 meses	alto
	Análisis periódico de los resultados	continuo	alto

CAPÍTULO X
ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN

CAPÍTULO X ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos específicos del estudio en ejecución, es diseñar material de difusión de la información obtenida por el estudio, con el propósito de dar a conocer y relevar los objetos de presenten características singulares respecto a su categoría de conservación, taxonomía, atractivo turístico, belleza escénica, geología, valor cultural y arqueológico, entre otros.

En base a estos objetos singulares, se han desarrollado cinco productos, que contribuyen a la divulgación amplia de los aspectos naturales y culturales del Valle de Quillagua, con el propósito de motivar la puesta en valor del territorio, contenido dentro del sitio prioritario de conservación “Valle de Quillagua” en el marco de la Estrategia Regional de Conservación de la Biodiversidad de la Región de Antofagasta.

Se ha determinado que el público objetivo de esta estrategia de difusión lo constituirán las escuelas aledañas de las localidades en particular y las escuelas de la región en general, con especial énfasis en aquellas escuelas certificadas ambientalmente o en proceso de serlo, sin perjuicio de otras que quisieran participar de este programa de difusión.

2. PRODUCTOS CONTENIDOS EN LA ESTRATEGIA

2.1. Síntesis patrimonial del Valle de Quillagua.

Este documento reúne antecedentes naturales y culturales del Valle de Quillagua, provenientes tanto de fuentes secundarias como de la información obtenida mediante las investigaciones en terreno en los sitios de estudio. En el caso del Valle de Quillagua incorpora areas aledañas al río Loa, tanto en el área urbana como en los Tranques Sloman y Santa Fe.

2.2. Portal web

La página web cuenta con un portal de inicio en donde se encuentra informacion general para las cinco areas estudiadas, pudiendo ser desplegada desde los botones ubicados en la parte superior de la página (desde donde se podrá tener acceso a la información generalizada para los cinco sitios) encontrándose los siguientes botones:

1. "inicio" (lleva al inicio de la pagina),
2. "patrimonio cultural" (donde es posible apreciar de forma sintética el patrimonio cultural de los sitios),
3. "patrimonio natural" (abarca la flora y fauna en forma de lista general de especies presentes en cada sitio),
4. "videos" (donde es posible observar los videos generados para cada sitio),
5. "galería" (muestra una galeria de selección fotográfica para cada sitio),
6. "vínculos en la web" (muestra un compilado de direcciones web relacionadas con la biodiversidad y con los sitios bajo estudio).

Los botones al lado izquierdo de la página, llevan a cada uno de los sitios. Al pinchar se desplegara otra corrida de botones que permiten tener acceso inmediato a los temas en específico para cada sitio. Dichos botones se repiten para cada uno de los sitios.

Los botones son los siguientes:

Mapa del sitio: direcciona a un mapa referencial para cada zona (Turistel) en donde es posible pinchar y seleccionar en el sitio específico para ver con mejor detalle a través de un enlace con Google-Earth, desplegando una imagen híbrida de fotos satelitales con mapas camineros.

Generalidades del sitio: direcciona a aspectos que muestran a nivel general el área a visitar, tales como la ubicación, clima, geomorfología, entre otros.

Patrimonio cultural: muestra en específico el patrimonio cultural para cada sitio.

Ecosistemas: muestra los distintos ecosistemas presentes en cada sitio.

Flora: muestra una lista detallada de las especies de flora presentes en el sitio enlazando con imágenes de la galería fotográfica.

Fauna: muestra una lista detallada de las especies de fauna presentes en el sitio enlazando con imágenes de la galería fotográfica.

Educación ambiental: enlaza con los materiales desarrollados para la educación ambiental (e.g., cartillas, diaporamas).

2.3. Álbum fotográfico digital

Compuesto por 147 fotografias, el albúm está divido en cuatro secciones Flora, Fauna, Paisaje y Miscelaneos, con imágenes de la flora y fauna más característica del area de estudio, paisajes y tomas de interés. Las imágenes en formato jpg. se entregan en el CD adjunto al presente informe.

2.4. Video promocional

Tiene una duración de 8 minutos aproximadamente y contiene vistas del área, tomas de la fauna y flora con algunos de los nombres comunes de la avifauna para su identificación, así como también se identifican los distintos sectores que aparecen en las imágenes. Acompañado de música de fondo de Altiplano. La versión en formato MOV se entrega en el CD adjunto al presente informe.

2.5. Cartillas educativas

Son tres cartillas editadas como una serie patrimonial. Cada una consta de al menos ocho páginas y se presentan en un formato de 21 x 25 cm. Reúnen la información obtenida de las prospecciones de biodiversidad realizadas en el área de estudio, información secundaria y aspectos relevantes acerca de la flora, fauna, y culturales e históricos y su emplazamiento en medio del desierto de Atacama. Relevando los grupos y especies más representativas del área del Valle de Quillagua.

Las cartillas están dirigidas a todo público, pudiendo ser orientadas a grupos objetivos determinados dependiendo de los objetivos de difusión que se quiera abordar. En principio se presentan como material de apoyo al docente asociado a la propuesta educativa que se acompaña al presente informe. Igualmente pueden ser utilizadas por personas que quieran conocer elementos de la fauna y flora nativa y aprender a identificar algunas de sus especies. Version de formato pdf de cada cartilla se entregan en el CD adjunto al presente informe.

Aves del Valle de Quillagua

Describe las especies encontradas durante las prospecciones de biodiversidad en el área del Valle de Quillagua, además de los tranques Sloman y Santa Fe. Tomando en cuenta que este grupo es más representativo de la fauna de vetebrados presente en el área. Entrega una descripción de las características principales, dónde viven, su Nombre vulgar y científico de modo que se las pueda reconocer en terreno. Además exhibe las especies con problemas de conservación.

Vegetación del Valle de Quillagua

Describe el ambiente desértico y las particularidades de la vegetación adaptada a estas condiciones. Se presentan una descripción de las especies en sus diversos ambientes, usos actuales y ancestrales y las que presentan algún grado de amenaza a su conservación.

Nuestros ancestros e Historia

Refiere principalmente a la etnia atacameña, o lican antay, sus origenes y formas de vida, las influencias de pueblos vecinos hasta la llegada de los españoles. Destaca la riqueza histórica y cultural asociado a los poblados prehispánicos, que datan de 500 DC, y las numerosas evidencias arqueológicas de este pasado.

3. PROPUESTA EDUCATIVA

3.1. Introducción

Según los datos del Mineduc, la población total de estudiantes de la Comuna de Maria Elena, donde se ubica el Valle de Quillagua, en el año 2005, constaba de 1.535 alumnos y alumnas, distribuidos de la siguiente manera, según Nivel de educación y dependencia:

Una de las formas de poner en valor los recursos patrimoniales, tanto naturales como culturales es a través de actividades educativas que incorporen elementos propios del entorno de los estudiantes vinculados a los objetivos educativos propuestos en el currículo escolar. Esto permite, además de dar a conocer los recursos naturales y patrimoniales, generar en los alumnos actitudes positivas hacia su entorno, en la medida que se apropian de su identidad y aumentan la valoración de éste.

TABLA 14- 1. TOTAL DE ESTUDIANTES DE LA COMUNA DE MARÍA ELENA 2005

	MUNICIPAL	PARTICULAR PAGADO	PARTICULAR SUBVENCIONADO	TOTAL
Educación Parvularia	126			**126**
Educación Especial				
Educación Básica niños	1026			**1026**
Educación Media niños	383			**383**
Educación Básica adultos				
Educación Media adultos				
Totales	**1535**			**1535**

Para abordar este objetivo se propone desarrollar en las escuelas una estrategia de difusión que incluya al menos una unidad didáctica para cada curso nivel, tanto en enseñanza básica como media, que contenga temas referidos a la flora, fauna, geomorfología y patrimonio cultural de la región; estos temas estarán vinculados a los contenidos curriculares dispuestos por el Ministerio de Educación.

Esta propuesta educativa, pretende entregar sugerencias para trabajar en dos ámbitos (a) Educación Formal (especialmente en Educación Básica y Media de niños) y (b) Educación No Formal (con grupos organizados que deseen realizar los planes y proyectos propuestos).

3.2. Educación formal

Para abordar la propuesta educativa en la educación formal se propone la utilización de los materiales de difusión ya descritos, los que servirán de material de complementario y de consulta, además de la elaboración de los siguientes materiales, para ser utilizados por los docentes y alumnos:

Fichas de trabajo de aula para el docente

Este material servirá para que los docentes puedan tener una sugerencia concreta con la cual trabajar en el aula. Cada Ficha debe incluir:

- Objetivos fundamentales a trabajar
- Sector de aprendizaje.
- Curso.
- Contenidos, aprendizaje esperado e indicadores
- Sugerencia metodológica (incluye actividades, materiales, tiempo y tipo de evaluación).
- Relación con otros subsectores.

Las Fichas de Trabajo de Aula, deben ser sugerencias prácticas y sencillas. Idealmente, se debe trabajar cada Indicador en 1 o 2 clases, de manera de no interrumpir el resto de contenidos que deben ser trabajados por el curso. Evidentemente la idea de las Fichas, es que cada temática de los Indicadores tenga directa relación con los antecedentes comunales. En el anexo 5-1 se incluyen 2 Fichas tipos.

Fichas de trabajo para los alumnos

Es el complemento de la Ficha de Trabajo de Aula del docente. Estas Fichas son el material concreto con el cual los alumnos desarrollaran sus actividades de aprendizaje. Todas las Fichas de Trabajo, elaborardas pueden ser reunidas en una Cartilla o carpeta de presentación motivadora. Las instrucciones deben ser claras y se debe indicar claramente:

- Curso al que está dirigida la actividad.
- Subsector a trabajar.
- Contenidos, aprendizaje esperado e indicador
- Pauta de evaluación de la actividad

En el anexo 5-2 se incluyen 2 Fichas tipos.

CAPÍTULO XI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES SITIO PRIORITARIO VALLE DE QUILLAGUA

Para implementar programas de conservación de la biodiversidad es fundamental tener claro y presente los mecanismos que pueden extinguir las especies o disminuir sus tamaños poblacionales. Guilpin & Soulé (1986) han propuesto un modelo, del vórtice de extinciones, que señala que: (a) a medida que las poblaciones y su tamaño poblacional efectivo se hace más pequeño, la población se hace más vulnerable a variaciones ambientales y factores de pérdida de variabilidad genética que tienden a reducir aún más el tamaño de la población; (b) las poblaciones reducidas presentan una mayor depresión por autocruzamiento (expresión de genes nocivos por cruces entre individuos emparentados o genéticamente muy similares), menor variabilidad genética y mayor sensibilidad a los cambios ambientales, disminuyendo aún más el tamaño poblacional, en lo que constituye un verdadero vórtice que lleva, finalmente, a la extinción. Por esto deben considerarse en los objetos de conservación, no sólo aquellas especies que cumplen con los “requisitos” para ser priorizadas, como ya vimos, sino que debe prestarse cuidadosa atención a las especies que están en los anillos más externos del vórtice de extinciones; es decir, aquellas que recién comienzan a ingresar a categorías críticas de amenaza. La extinción a que se refiere el modelo es aplicable tanto a la extinción local (en un área o región específica), como a la extinción global (en el ámbito mundial). Los factores ambientales que desencadenan este vórtice son, entre otros: (a) destrucción del hábitat, (b) fragmentación del hábitat, (c) degradación del ambiente, (d) variaciones del ambiente (naturales o inducidas antrópicamente), (e) sobrecaptura y (f) efecto de las especies invasoras.

La macrozona de estudio, que abarca desde la depresión intermedia, con el Valle de Quillagua como el sitio de menor altitud, hasta los sitios altiplánicos, presenta su mayor valor en la diversidad ecológica que exhibe. Estos ecosistemas, muy diferentes entre sí, son únicos por los niveles de endemismos presentes (el Quillagua es del 4,5% en plantas y de un 4,0% en vertebrados); por sus adaptaciones a ambientes críticos, como la aridez severa por una disponibilidad de agua escasa, estacional y cíclica en el corto, mediano y largo plazo; y en el caso de los ecosistemas del Valle de Quillagua y del Oasis de Calama, por su reducida superficie en una gran matriz de desierto absoluto.

Si bien las asociaciones vegetacionales de Quillagua son menos diversas que las de los sitios del altiplano, su importancia radican en que todos sus ambientes (cultivos y matorrales), que incluyen las plantaciones arbóreas; humedales, que incluyen el borde del río Loa y el tranque Santa Fe; y las praderas de alfalfa revelaron ser relativamente similares en términos de diversidad faunística.

Existen aspectos generales de la **diversidad biológica** que deben destacarse, como es el grado de endemismos. Esta particularidad refleja la historia evolutiva de las especies y las líneas adaptativas que han seguido para sobrevivir a los cambios ambientales que las han llevado a ser exitosas y a permanecer en el tiempo bajo las condiciones que actualmente se conocen. Esto es un tema no menor, si se considera la adversidad de las condiciones ambientales en el área. Así, los endemismos proporcionan un valor particular a la biodiversidad.

Los estudios de biodiversidad en el Valle de Quillagua revelan algunas particularidades, entre las que destacan la presencia de especies en categorías de conservación, como son las tres especies del género Prosopis (e.g. *Prosopis alba*, *P. chilensis* y *P. tamarugo*), consideradas

Vulnerable; del reptil *Microlophus theresioides*, de poblaciones reducidas e incluido en la categoría Rara; y dos especies de aves *Larus modestus* Vulnerable y *Conirostrum tamarugense* Inadecuadamente Conocida. Dado lo anterior se releva la selección del matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua como objeto de conservación de filtro grueso (ambientes).

En relación a la calidad visual del **paisaje** en Quillagua la mayor parte del territorio, presenta una calidad media baja, mientras que las calidades media alta y alta se asocian a los elementos naturales como las quebradas del río Loa, valles con vegetación y praderas de cultivo de alfalfa. Excepcionalmente alto valor lo obtuvieron los cerros con geoglifos. Sin embargo, toda el área se caracteriza como un territorio con una alta heterogeneidad en su calidad paisajística, de alto contraste y amplitud visual, siendo sus componentes de interés principalmente histórico-culturales. Estos elementos podrían constituir un atractivo a los visitantes de intereses especiales. Los componentes naturales a su vez proporcionan paisajes poco comunes y de buena calidad. En términos de su fragilidad y capacidad de uso, el paisaje de Quillagua presenta restricciones a la realización de actividades de alto impacto visual, en este contexto es altamente recomendable la conservación de los sitios de alta fragilidad histórico cultural y natural, ya que se trata de un patrimonio único e irremplazable.

Con respecto a los usos y amenazas que se realizan en el Valle de Quillagua, éstos son principalmente: a) explotación forestal de leña/carbón a través de los que se señala como poda controlada forestal, b) la intervención humana en los sistemas hidrológicos (e.g., extracción de agua para uso industrial, contaminación) que puede constituirse en la principal amenaza a la biodiversidad; c) agrícola y ganadero de subsistencia. Esta última es mínima y tiende a decrecer con el tiempo dado la migración poblacional y el creciente envejecimiento de ésta. Otro aspecto que restringe la presión de este uso es la propiedad del suelo y de los derechos de agua, los cuales son, en un 90% y un 74% respectivamente, de propiedad de la empresa Soquimich (SQM). De acuerdo a ello, probablemente la presión de uso mayor se dirija hacia los recursos forestales. En el Valle de Quillagua los objetos de conservación, sobre los cuales debe focalizarse la conservación de la biodiversidad y la integridad ecosistémica son dos y están definidos por a) el sistema hídrico río Loa y su zona ribereña y b) las comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales que conforman el oasis propiamente tal.

Ambas unidades se encuentran sometidas a fuertes perturbaciones, principalmente de origen antrópico, siendo las de mayor intensidad las que derivan en alteraciones en las propiedades de las aguas y caudal del río Loa, así como en la contaminación del suelo. Éstas afectan fuertemente a la totalidad de los componentes del ecosistema. Las funciones y servicios ecosistémicos que brindan ambos objetos de conservación, se encuentran fuertemente afectados por todas las perturbaciones. De acuerdo a todos los antecedentes anteriormente expuestos se considera que el Valle de Quillagua está en un estado crítico de conservación.

En un ambiente desértico de condiciones tan extremas como el en que está inserto el Valle de Quillagua es de gran importancia la condición de oasis que en este se generan, en particular por su relación con el río Loa. Es esta condición y la estrecha dependencia de las diversas formas de vida a las condiciones de humedad que proporciona este sistema que la recuperación del recurso acuático, en términos de cantidad y calidad de agua, es de vital importancia para su permanencia en el tiempo.

Si se analizan los diversos componentes del ecosistema, es posible constatar que existen 16 normas legales que aplican a la conservación de los recursos hídricos en diferentes aspectos; 11 normas tendrían influencia sobre la conservación de los humedales palustres; 10

regulaciones aplicarían sobre el sistema relevante identificado en el oasis como praderas, cultivos y matorrales y 11 normas aplican en el resguardo de la vegetación arbórea. Adicionalmente en el sector urbano y en el desierto aplican cuatro normativas que tienen alcances ambientales. Así, potencialmente existirían regulaciones suficientes que permitan un grado de resguardo de las condiciones ambientales de todos los sistemas abordados. Sin embargo, existen varias limitantes a ello ya que en su mayoría las regulaciones abordan sólo componentes del ecosistema pero no su dimensión integral. Otra de las grandes limitantes al resguardo de la integridad ecológica de los sistemas naturales está en la inexistencia de una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios; la ausencia de manifestaciones reales del Principio de Precaución, (ya que, si bien el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental posee una orientación precautoria, en la práctica operan la política de mitigación y remediación que adoptan una aproximación reactiva, no preventiva del daño ambiental); la existencia de muchos organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y, más aún, responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales. Por otro lado los aspectos de fiscalización, que en sí mismo pueden constituir un buen resguardo, en la práctica adolece de grandes falencias debido a la escasez de personal y de recursos asignados.

2. RECOMENDACIONES FINALES

En función del escenario legal presentado y teniendo en cuenta el régimen de propiedad de la tierra en el poblado, así como la situación de los derechos de agua concedidos, que se concentran en ambos casos mayoritariamente en un único propietario como es la empresa Soquimich, con lo cual se perfila como el actor local más relevante, recomendamos lo siguiente:

Establecer relaciones de colaboración permanente con la empresa SOQUIMICH, con fines de recuperación y conservación ambientales, basado en los lineamientos otorgados por las propuestas de manejo y sus prioridades.

Incorporar estas actividades en un marco de buenas prácticas ambientales y de responsabilidad ambiental de la empresa a través del cual pueda obtener una certificación ambiental que le otorgue ventajas en los mercados o reconocimiento social a nivel regional o nacional.

En otro ámbito, recomendamos gestionar ante el consejo de monumentos y organismos pertinentes la protección efectiva y/o rescate de los monumentos patrimoniales del Valle de Quillagua. De esta forma se aborda integradamente aspectos patrimoniales naturales y culturales pudiendo canalizarse apoyos desde ambas perspectivas.

3. PROPUESTA DE PROTECCIÓN LEGAL

Justificación ecológica

La gran particularidad y relevancia de la diversidad biológica en la zona norte de nuestro país es que ha evolucionado bajo los efectos de grandes cambios geomorfológicos. Estos cambios, a su vez, han determinado otras drásticas alteraciones entre las que se encuentran la aridez extrema y la fragmentación de las poblaciones, condicionando las adaptaciones de todas las

formas de vida para ocupar, con distinto éxito, cada uno de los hábitats que se fueron generando. Existen también otros factores determinantes en la presencia de las especies, tales como los regímenes de precipitaciones y una disponibilidad de agua escasa, estacional y cíclica en el corto, mediano y largo plazo; y en el caso de los ecosistemas del Valle de Quillagua por su reducida superficie en relación a la extensa matriz de desierto absoluto en que están inmersos. Como consecuencia de los factores mencionados esta gran área presenta en la actualidad una alta diversidad de ecosistemas con también altos niveles de endemismos.

Biodiversidad y endemismos

Si bien las asociaciones vegetacionales de Quillagua son menos diversas que las de los sitios del altiplano, su importancia radican en que todos sus ambientes (cultivos y matorrales), que incluyen las plantaciones arbóreas; humedales, que incluyen el borde del río Loa y el tranque Santa Fe; y las praderas de alfalfa revelaron ser relativamente similares en términos de diversidad faunística.

La presencia de endemismos refleja la historia evolutiva de las especies y las líneas adaptativas que han seguido para sobrevivir a los cambios ambientales que las han llevado a ser exitosas y a permanecer en el tiempo bajo las condiciones que actualmente se conocen. Esto es un tema no menor, si se considera la adversidad de las condiciones ambientales en el área. Así, los endemismos proporcionan un valor particular a la biodiversidad. En el Valle de Quillagua se presenta una especie endémica de plantas, correspondiendo al tamarugo *Prosopis tamarugo* y una de vertebrados, el reptil corredor de Tereza *Microlophus theresioides.*

Estados de conservación

Los estudios de biodiversidad en el Valle de Quillagua revelan algunas particularidades, entre las que destacan la presencia de especies en categorías de conservación, como son las tres especies del género Prosopis (e.g. *Prosopis alba*, *P. chilensis* y *P. tamarugo*), consideradas Vulnerable; del reptil *Microlophus theresioides*, de poblaciones reducidas e incluido en la categoría Rara; y dos especies de aves *Larus modestus* Vulnerable y *Conirostrum tamarugense* Inadecuadamente Conocida.

Paisaje

La calidad visual del paisaje en Quillagua posee un su mayor parte una calidad media baja, mientras que las calidades media alta y alta se asocian a los elementos naturales como las quebradas del río Loa, valles con vegetación y praderas de cultivo de alfalfa. Excepcionalmente alto valor lo obtuvieron los cerros con geoglifos. Sin embargo, toda el área se caracteriza como un territorio con una alta heterogeneidad en su calidad paisajística, de alto contraste y amplitud visual, siendo sus componentes de interés principalmente histórico- culturales. Así, se evidencia que tanto los componentes naturales como los culturales constituyen un patrimonio único e irremplazable.

Uso y amenazas

Con respecto a los usos y amenazas que se realizan en el Valle de Quillagua, éstos son principalmente: a) explotación forestal de leña/carbón, b) la intervención humana en los sistemas hidrológicos (e.g., extracción de agua para uso industrial, contaminación) que puede constituirse en la principal amenaza a la biodiversidad; c) agrícola y ganadero de subsistencia. Esta última es mínima y tiende a decrecer con el tiempo dada la falta de agua, la migración poblacional y el creciente envejecimiento de ésta. Otro aspecto que restringe la presión de este uso es la propiedad del suelo y de los derechos de agua, los cuales son, en un 90% y un 74% respectivamente, de propiedad de la empresa Soquimich (SQM). De acuerdo a ello, probablemente la presión de uso mayor se dirija hacia los recursos forestales.

Focalización de los esfuerzos de conservación

Con el propósito de conservar este patrimonio natural los esfuerzos de conservación de la biodiversidad y la integridad ecosistémica en Valle de Quillagua deberían focalizarse en: a) el sistema hídrico río Loa y su zona ribereña y b) las comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales que conforman el oasis propiamente tal. En cuanto a los esfuerzos específicos de conservación éstos deberían concentrarse en las especies endémicas y aquellas con problemas de conservación (*Prosopis* spp, *Microlophus theresioides*, y *Larus modestus*).

Las unidades más relevantes del Valle de Quillagua se encuentran sometidas a fuertes perturbaciones, principalmente de origen antrópico, siendo las de mayor intensidad las que derivan en alteraciones en las propiedades de las aguas y caudal del río Loa, así como en la contaminación del suelo. Éstas afectan fuertemente a la totalidad de los componentes del ecosistema. Las funciones y servicios ecosistémicos que brindan ambos objetos de conservación, se encuentran fuertemente afectados por todas las perturbaciones. De acuerdo a ello se considera que el Valle de Quillagua está en un estado crítico de conservación.

En un ambiente desértico de condiciones tan extremas como el que está inserto el Valle de Quillagua es de gran importancia la condición de oasis que en este se generan, en particular por su relación con el río Loa. Es esta condición y la estrecha dependencia de las diversas formas de vida a las condiciones de humedad que proporciona este sistema que la recuperación del recurso acuático, en términos de cantidad y calidad de agua, es vital para su permanencia en el tiempo.

Protección legal

Si se analizan los diversos componentes del ecosistema, es posible constatar que existen 16 normas legales que aplican a la conservación de los recursos hídricos en diferentes aspectos; 11 normas tendrían influencia sobre la conservación de los humedales palustres; 10 regulaciones aplicarían sobre el sistema relevante identificado en el oasis como praderas, cultivos y matorrales y 11 normas aplican en el resguardo de la vegetación arbórea. Adicionalmente en el sector urbano y en el desierto aplican cuatro normativas que tienen alcances ambientales.

Así, potencialmente existirían regulaciones suficientes que permitan un grado de resguardo de las condiciones ambientales de todos los sistemas abordados. Sin embargo, existen varias limitantes a ello ya que en su mayoría las regulaciones abordan sólo componentes del

ecosistema pero no su dimensión integral. Otra de las grandes limitantes al resguardo de la integridad ecológica de los sistemas naturales está en la inexistencia de una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios; la ausencia de manifestaciones reales del Principio de Precaución, (ya que, si bien el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental posee una orientación precautoria, en la práctica operan la política de mitigación y remediación que adoptan una aproximación reactiva, no preventiva del daño ambiental); la existencia de muchos organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y, más aún, responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales. Por otro lado los aspectos de fiscalización, que en sí mismo pueden constituir un buen resguardo, en la práctica adolecen de grandes falencias debido a la escasez de personal y de recursos asignados.

Cuando se establecen objetivos de conservación de la biodiversidad en área de alto interés ecológico como es el Valle de Quillagua, es fundamental tener claro los dos aspectos que mayor atentan en su contra, éstos son los procesos y mecanismos que actúan tanto sobre la extinción de las especies o la disminución de sus tamaños poblacionales, lo que las hace inviables. Guilpin & Soulé (1986) explican como funcionan estos procesos, proponiendo un modelo del vórtice de extinciones, que señala que: (a) a medida que las poblaciones y su tamaño poblacional efectivo se hace más pequeño, la población se hace más vulnerable a variaciones ambientales y factores de pérdida de variabilidad genética que tienden a reducir aún más el tamaño de la población; (b) las poblaciones reducidas presentan una mayor depresión por autocruzamiento (expresión de genes nocivos por cruces entre individuos emparentados o genéticamente muy similares), menor variabilidad genética y mayor sensibilidad a los cambios ambientales, disminuyendo aún más el tamaño poblacional, en lo que constituye un verdadero vórtice que lleva, finalmente, a la extinción. Por este motivo deben considerarse como objetos de conservación no sólo aquellas especies que cumplen con los "requisitos" para ser priorizadas, como ya vimos, sino que debe prestarse cuidadosa atención a las especies que están en los anillos más externos del vórtice de extinciones; es decir, aquellas que recién comienzan a ingresar a categorías críticas de amenaza. Y en este contexto, existen varias especies que no se han evaluado y sobre las cuales casi no existe información disponible que favorezca la toma de decisiones, esto incluye la flora y fauna acuática propiamente tales que no fueron objeto de estudio en esta investigación. La extinción a que se refiere el modelo es aplicable tanto a la extinción local (en un área o región específica), como a la extinción global (en el ámbito mundial). Los factores ambientales que desencadenan este vórtice son, entre otros: (a) destrucción del hábitat, (b) fragmentación del hábitat, (c) degradación del ambiente, (d) variaciones del ambiente (naturales o inducidas antrópicamente), (e) sobrecaptura y (f) efecto de las especies invasoras. Aparentemente varios de estos factores ambientales estarían actuando sobre el Valle de Quillagua, con lo cual la prioridad de acción debería ser alta.

Instrumentos de conservación

La forma más económica y eficaz para conservar la biodiversidad es a través de la protección *in situ* que garantice el mantenimiento de todos los procesos ecológicos en un sistema en pleno funcionamiento. Uno de los instrumentos más requeridos para este tipo de conservación son las

áreas silvestres protegidas. Es bajo este marco, en una primera instancia, que debiera focalizarse la conservación del Valle de Quillagua. Para ello nuestra nuestra legislación ofrece diversas opciones. Para situarse en el contexto institucional el Reglamento del SEIA define que se entenderá por Área protegida "cualquier porción de territorio, delimitada geográficamente y establecida mediante acto de autoridad pública, colocada bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza y conservar el patrimonio ambiental" (CONAMA 2008). Para que un Área protegida pueda ser considerada como tal, debe cumplir con los siguientes tres requisitos fundamentales:

1) *El área debe haber sido creada mediante un acto formal por parte de una autoridad que posee facultades legales para tal efecto.* Normalmente dicho acto se expresa a través de una Resolución o Decreto Supremo.

2) *El objetivo de la creación del área obedece a razones ambientales*. Para ello debe obedecer a los propósitos de: a) asegurar la diversidad biológica, b) tutelar la preservación de la naturaleza y c) conservar el patrimonio ambiental.

3) *El área comprende un territorio geográficamente delimitado*. Ello significa que existe claridad respecto de la localización y los límites del área, es decir, se conoce su perímetro y dimensión espacial.

Por otro lado, para efectos del SEIA se identifican 17 categorías de áreas protegidas, las que para este efecto cumplen con los requisitos de a) estár instituida legalmente la facultad de la autoridad para establecerla como área de esta naturaleza y b) su creación o establecimiento obedece a razones ambientales.

En la tabla siguiente (Tabla 11.1.) se muestran aquellas categorías existentes y su fuente legal, excluyéndose las áreas protegidas marinas.

TABLA 11.1. CATEGORÍAS DE PROTECCIÓN DE ÁREAS Y FUENTE LEGAL. MODIFICADO DE ASTORGA 2006.

CATEGORÍA DE AREA PROTEGIDA	FUENTE LEGAL
Reserva de Regiones Vírgenes	DS Nº 531/ 67 Ministerio de Relaciones Exteriores (Convención de Washington 1940)
Parque Nacional	DS Nº 531/ 67 Ministerio de Relaciones Exteriores DS 4363 / 31 Ministerio de Tierras y Colonización DL Nº 1939 / 77 (artículo 21)
Reserva Nacional	DS Nº 531/ 67 Ministerio de Relaciones Exteriores
Reserva Forestal	DS 4363/ 31 Ministerio de Tierras y Colonización (artículo 10) DL Nº 1939 / 77 (artículo 21)
Monumento Natural	DS Nº 531/ 67 Ministerio de Relaciones Exteriores
Santuario de la Naturaleza	Ley Nº 17.288 / 70 de Monumentos Nacionales (artículo 31)
Zonas Húmedas de importancia Internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas (comúnmente conocidas como sitios Ramsar)	DS Nº 771 / 81 Ministerio de Relaciones Exteriores

Monumentos Históricos	Ley Nº 17.288 / 70 de Monumentos Nacionales (artículo 31).
Zonas Típicas o Pintorescas	Ley Nº 17.288 / 70 de Monumentos Nacionales (artículo 31).
Zonas o Centros de Interés Turístico Nacional	Decreto Ley Nº 1.224 / 75
Zonas de Conservación Histórica	DFL Nº 458 / 75 Ministerio de Vivienda y Urbanismo (artículo 60)
Áreas se Preservación Ecológica contenidas en los Instrumentos de Planificación Territorial Según OGUC vigente se denominan Areas de Protección de Recursos de Valor natural o Patrimonio Cultural.	DFL 458 / 75 Ley General de Urbanismo y Construcciones y el DS Nº 47 / 92 Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y sus modificaciones.
Acuíferos que alimentan vegas y bofedales en las regiones de Tarapacá y Antofagasta	DFL 1122 / 81 Código de aguas, art. 63
Inmuebles fiscales destinados por el Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación ambiental, protección del patrimonio y/o planificación, gestión y manejo sustentable de sus recursos	DL 1939 7 77, artículos 1º, 19 y 56.

El desarrollo integral de un sistema nacional de áreas protegidas para la región de Antofagasta, así como para todo el país, debe considerar tanto al Estado (Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado SNASPE) como a los privados (Áreas Privadas Protegidas APP). Si bien un amplio territorio regional es fiscal y puede aportan con importantes áreas a la conservación, este debe ser complementado con áreas protegidas privadas que presenten una alta biodiversidad, como es el caso del Valle de Quillagua, en el cual se estima la propiedad de la tierra está mayoritariamente en manos de particulares.

En el ámbito de la conservación estatal la legislación chilena ha definido un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), que está conformado por seis categorías de manejo, de las cuales cuatro categorías aplican a la áreas terrestres: Parque Nacional, Reserva Nacional, Monumento Natural, y Reserva de Regiones Vírgenes.

Una *Reserva de Región Virgen* corresponde a un área donde existen condiciones primitivas naturales de flora, fauna, vivienda y comunicaciones, con ausencia de caminos para el tráfico de vehículos motorizados, y vedada a toda explotación comercial. En Chile, no existe alguna unidad de esta categoría.

Un *Parque Nacional* es un área generalmente extensa, donde existen diversos ambientes únicos o representativos de la diversidad ecológica natural del país, no alterados significativamente por la acción humana, capaces de autoperpetuarse, y en que las especies de flora y fauna o las formaciones geológicas son de especial interés educativo, científico o recreativo (CONAF 1989).

Un *Monumento Natural* es un área generalmente reducida, caracterizada por la presencia de especies nativas de flora y fauna o por la existencia de sitios geológicos relevantes desde el punto de vista escénico, cultural, educativo o científico (CONAF 1989).

Una *Reserva Nacional* es un área cuyos recursos naturales es necesario conservar y utilizar con especial cuidado, por la susceptibilidad de éstos a sufrir degradación o por su importancia relevante en el resguardo del bienestar de la comunidad (CONAF 1988).

Adicionalmente, la categoría de *Monumento Natural*, definido como las regiones, los objetos o las especies vivas de animales o plantas de interés estético o valor histórico o científico, a los cuales se les da protección absoluta. Los Monumentos Naturales se crean con el fin de conservar un objeto específico o una especie determinada de flora o fauna declarando una región, un objeto o una especie aislada, monumento natural inviolable excepto para realizar investigaciones científicas debidamente autorizadas, o inspecciones gubernamentales, se representa de dos formas diferentes, un espacio natural, o bien un objeto o especie viva. Por esta razón, se encuentran áreas que constituyen monumento natural, como especies que también son consideradas tales.

Los *Santuarios de la Naturaleza* e *Investigaciones Científicas* son todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado. Los sitios mencionados que fueren declarados santuarios de la naturaleza quedarán bajo la custodia del Consejo de Monumentos Nacionales, el cual se hará asesorar para los efectos por especialistas en ciencias naturales.

Son *Zonas Húmedas de Importancia Internacional o sitios Ramsar* los humedales que cumplen con los requisitos de ser representativos, raros o únicos y de importancia para conservar la diversidad biológica (basado en especies y comunidades biológicas, aves acuáticas, peces), con los cuales Chile adhiere a la convención de Ramsar y se compromete a gestionarlos en un marco de sustentabilidad, velando por su conservación.

TABLA 11.2. CATEGORÍAS QUE NO CONSTITUYEN ÁREAS DE PROTECCIÓN PARA EFECTOS DEL SEIA. CONAMA 2008.

CATEGORÍA	FUENTE LEGAL	OBSERVACIONES
Distritos de Conservación de Suelos, Bosques y Aguas	Ley Nº 1.8378/84 (artículos 3 y 5)	No cumple criterio en tanto el objeto esencial es la protección de la agricultura.
Áreas de Prohibición de Caza	Ley Nº 19.473/96 de Caza (artículo 4)	No cumple criterio en tanto el objetivo esencial es la protección de la actividad de caza.
Lugares de Interés Histórico-Científico	Ley Nº 18.248/83, Código de Minería	No cumple criterios en tanto regula actividad minera.
Áreas de Protección para la Conservación de la Riqueza Turística	Ley 18.378 (artículo 4)	Corresponde a una norma de prohibición de corta de árboles. La mayoría de las áreas de este tipo existentes, no cumplen con el criterio de delimitación geográfica.
Áreas de Desarrollo Indígena	Ley Nº 19.253 (artículo 26)	No cumple criterio en tanto su propósito es focalizar en esos territorios la acción del Estado que reporte beneficio al desarrollo de las comunidades índígenas

Marco legal e institucional para la creación de un área silvestre protegida terrestre

El actual marco regulatorio involucra diferentes ministerios dentro del procedimiento para declarar un Área Silvestre Protegida terrestre, entre los cuales están más directamente involucrados dos:

Ministerio de Agricultura, como administrador del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) a través de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), debe suscribir el decreto de creación de las ASP en el ámbito terrestre. La creación de un área protegida se basa en fundamentos técnicos que la justifican como de valor nacional, los cuales son elaborados por este ministerio.

Ministerio de Bienes Nacionales, como responsable de la tenencia y tuición de tierras fiscales, debe suscribir el decreto de creación de las ASP terrestre, ya que en la actualidad todas las unidades se decretan sobre terrenos fiscales. Por ello, es necesaria la adquisición de los terrenos, ya sea por compra o expropiación, para posteriormente inscribirlos en el Conservador de Bienes Raíces a nombre del fisco y luego transferirlos para su administración y tuición a CONAF.

Asociado a las facultades del Ministerio de Bienes Nacionales reviste interés considerar la autodestinación de terrenos fiscales para fines de Conservación del Patrimonio Natural. Esta conforma otra figura de protección oficial y puede coincidir con sitios prioritarios que se encuentren en estos terrenos, o por motivos de la existencia de estos sitios prioritarios, en la cual el Ministerio autodestina ese predio para fines de conservación de los recursos naturales. Así, el Ministerio de Bienes Nacionales, refuerza y realiza una gestión especial de administración de determinados terrenos fiscales, cuya vocación principal y finalidad es la conservación ambiental, protección del patrimonio y/o planificación, gestión y manejo sustentable de sus recursos (Cabrera 2008). Estos territorios contienen en su interior recursos del patrimonio natural, histórico y paisajístico, que interesa proteger para el uso y goce de las generaciones actuales y futuras (excluyendo las propiedades fiscales integradas al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, SNASPE, administradas por CONAF).

La autodestinación contempla en una primera etapa que el inmueble fiscal siga siendo administrado por el Ministerio de Bienes Nacionales, y dedicado exclusivamente a los objetos indicados en la destinación, pudiendo ser compatible esta destinación con otros actos de administración. Para ello se contempla, en una segunda etapa por ejemplo, concesiones de uso a privados, manteniéndose el uso de conservación indicado en la destinación. Para este uso por parte de privados, el predio debe contar con una línea de base y plan de manejo. Lo anterior obedece a tres grandes programas y políticas: la Estrategia Nacional de la Biodiversidad, los Programas Sendero de Chile y Rutas Patrimoniales y el Sistema Concesional de Bienes Nacionales (Cabrera 2008).

Criterios a tener en cuenta en la creación de un área silvestre protegida

Cualquier iniciativa para incorporar un territorio al SNASPE debe basar sus justificaciones técnicas en los siguientes criterios, según CONAF (1997b):

Representatividad y Exclusividad: Estos dos términos pueden llegar a ser los dos extremos de un espectro. Un área puede ser representativa de un gran bioma, ejemplificando procesos, áreas de transición o ecotonales, situaciones climax, etc. Es decir, es representativa pero no

exclusiva de dicho bioma. En cambio un área exclusiva es única en su género y ejemplifica procesos únicos, hábitats raros, etc. En el caso de la exclusividad la ponderación del área será alta, en el caso de la representatividad, su ponderación será variable.

Diversidad: Se refiere a la inclusión de varios tipos de hábitat y asociaciones bióticas como marismas, estuarios, lagunas y albúferas costeras, zonas bénticas o drenajes de ríos, etc. en una sóla área protegida. Aunque el criterio de diversidad confiere una alta prioridad a un área, no por ello áreas con poca diversidad pero de alguna forma única deberían dejarse de lado o excluirse.

Pristinidad o Primitivismo: Se refiere al grado de perturbación del área por el hombre. La pristinidad o primitivismo no excluye el uso humano, ya que un sistema puede mantener su estabilidad o equilibrio aún cuando existan actividades humanas, siempre que dichas prácticas no sean degradatorias. Las áreas perturbadas no perderán ponderación en la medida de que su restauración sea factible.

Tamaño y presencia de Zonas Buffer (Tampón): Un área a preservar debe ser lo suficientemente amplia o, en su defecto, poseer una zona tampón adecuada para permitir un dinamismo natural físico, químico y biológico, es decir, debe ser una "Unidad Natural", lo que le confiere una alta ponderación.

Complejidad: El grado en el cual procesos vitales esenciales o incluso el ciclo biológico completo de una o varias especies se desarrolle dentro de un área, es un importante criterio de ponderación. Casos obvios son aquellos de áreas donde se desarrollan especies raras o en peligro de extinción. Un área puede llegar a poseer un gran valor por ser área única de alimentación, de reposo o de reproducción de ciertas especies.

A estos criterios se debe agregar casos en los cuales la justificación está dada por el valor escénico natural y elementos culturales ligados al ambiente natural, como es el caso del Valle de Quilagua. La identidad nacional está dada en muchas ocasiones por la singularidad de algunos paisajes naturales cuya protección debe ser asegurada dentro del Sistema (CONAF 1988, 1989).

La conservación en sitios de propiedad privada

El gran dilema de la conservación en predios de alto valor ecológico se presenta en aquellos sitios de propiedad privada, ya que hasta ahora no se cuenta con el diseño institucional apropiado para fomentar y apoyar la creación de áreas protegidas en dichos terrenos. Desde principios de los años 90 ha habido una importante incorporación de privados a la conservación, sumando un 2% del territorio (1,4 millones de há). La diversidad de estas áreas es grande, con superficies de pocas a cientos de miles de hectáreas, con objetivos prioritarios que van desde la conservación a desarrollos eco-inmobiliarios y gestores y motivaciones tambien variados (comunidades de conservación, inmobiliarias, empresas con compensaciones del SEIA, etc.)

El escenario institucional a favor de la conservación privada ha variado poco en los últimos años, a pesar de lo cual se ha avanzado en la elaboración de un reglamento para las áreas protegidas privadas como en las bonificaciones en ley sobre bosque nativo, con lo cual se espera que los actuales propietarios privados interesados en la conservación formalicen el estatus legal de sus iniciativas como una forma de garantizar su perpetuidad y tal vez contribuya a aumentar la superficie privada protegidas en el largo plazo. En ese sentido, el plan

de concesiones de bienes fiscales impulsado por el Ministerio de Bienes Nacionales podría tener una mayor influencia (Sepúlveda 2004), aunque su propósito expreso no sea el de la conservación.

La propiedad privada de los predios asociados al Valle de Quillagua y el eventual poco interés de sus propietarios en destinarlos a la conservación puede ser un escollo importante en la conservación del sitios prioritario. Dos categorías de áreas protegidas a la cuales se han destinado extensiones de propiedad privada son los Santuarios de la Naturaleza y las Áreas de Protección Turísticas, pero su nivel de manejo y control es menos explícito y exigente. Incluso existe un área Ramsar en sitio privado.

Las facultades de los instrumentos de planificación territorial (la Ley General de Urbanismo y Construcciones) en la conservación

Los instrumentos de planificación territorial (IPT), tienen su contexto normativo en la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) junto a su Ordenanza (OGUC) (Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2005, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2006). Cabe señalar, que la División de Desarrollo Urbano del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo (MINVU), ha oficializado instructivos técnicos sobre contenidos y metodologías para complementar lo establecido en la LGUC y OGUC. Estos instructivos, son las denominadas Circulares DDU (División de Desarrollo Urbano), que se presentan según el nivel de planificación (al plan regional de desarrollo urbano, plan regulador intercomunal y plan regulador comunal).

Dentro de la LGUC se sitúan las zonas de riesgo y de protección, bajo el carácter de no edificables e indivisibles, así, la Ordenanza en su artículo 2.1.8, permite definir áreas de protección de recursos de valor natural o patrimonio cultural, cuando proceda y previo estudio fundado. En dichas áreas de protección se determinarán zonas no edificables o de condiciones restringidas de edificación. Por recursos de valor natural la OGUC considera los siguientes: a) bordes costeros, marítimos, lacustres o fluviales; b) parques nacionales, reservas nacionales y monumentos nacionales; c) altas cumbres y d) todas aquellas áreas o elementos naturales específicos protegidos por la legislación vigente.

La circular DDU 26 indica que, adicionalmente a las áreas del SNASPE deben considerarse “aquellas que deben ser protegidas por constituir ecosistemas valiosos, recursos naturales necesarios para la vida humana, recursos naturales con valor paisajístico por su belleza escénica siendo parte integrante de esta categoría, los enclaves de flora, los refugios de fauna, los sectores altos de las cuencas y microcuencas hidrográficas, los reservorios de agua y cauces naturales; las áreas de preservación del recurso nieve, para su utilización como fuente de agua potable” y “la zona costera, constituida por playas, acantilados, ojos de agua y dunas, que llevan asociada una importante vida silvestre que se debe preservar, y que a la vez, constituyen un importante recurso paisajístico de gran relevancia par el país”. En ese sentido pueden constituir éstas zonas de protección requiriendo del Plan exigencias que aseguren un uso cuidadoso por parte de la población. Consecuentemente, el Plan sólo debe permitir en ellos el desarrollo de actividades que aseguren la permanencia de esos valores, admitiendo -en forma restringida-, aquellos equipamientos e instalaciones indispensables para su habilitación, condicionados a una baja intensidad de utilización. Lamentablemente, estas disposiciones no tienen carácter normativo, siendo solo indicativas para la protección de un lugar.

Propuesta de instrumento

Considerando que no existe Ley expresa para la conservación de la biodiversidad, pero se aceptan como principios orientadores el Convenio de la Diversidad Biológica y las medida allí abordadas, todos los instrumentos ya descritos, así como un nivel de conciencia y directrices que permitirían incorporar los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad a las áreas de protección oficial, se sugiere para la conservación del Valle de Quillagua dos instrumentos que se sustentan en lo siguiente.

Dada la expresa mención a la superficie del área involucrada es factible considerar la categoría de **Monumento Natural** como una de las figuras más idónea para la conservación de este sitio. Sin embargo, dado que las unidades de áreas silvestres protegidas se decretan sobre terrenos fiscales, habría que evaluar si se dispone de una extensión territorial contínua que justifique esta designación.

Por otro lado y de acuerdo a la prioridad de conservación asignada al ecosistema acuático del río Loa, su designación como **sitio Ramsar** es también una opción viable, aunque al no existir un reglamento que rija su aplicación en Chile, su poder como instrumento de conservación es limitado.

Un sitio prioritario tiene un carácter eminentemente ambiental, sin embargo, en el caso del Valle de Quillagua también se asocia al mismo, una importancia cultural. En este sentido, incrementa su valor como sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad, el que además de excepcionales características biológicas, presente un alto valor como patrimonio cultural. Finalmente, la gestión de incorporación en la estrategia regional de conservación de la biodiversidad, un fuerte énfasis público-privado, en que las instituciones del Estado lideren dicha estrategia que facilite la participación del sector privado es altamente recomendable.

LITERATURA CITADA Y CONSULTADA

ABELLO R, F BERNALDEZ & E GALIANO (1986) Consensus and contrast in landscape preference. Environment and Behavior 18 (2):155-178.

ALBINO A (1996) The South Amertican fósil Squamata (Reptilia: Lepidosauria). Munchner Geowiss. Abh. (A) 30: 185-202.

ALDRIDGE D (1973) Mejora de la Interpretación de los Parques y la Comunicación con el Público. UICN (ed), Segunda Conferencia Mundial sobre Parques Nacionales; Yellowstone Grand Teton, EE.UU., 18-27 septiembre de 1972. Informe 25.

ALDUNATE C, J ARMESTO, V CASTRO & C VILLAGRÁN (1981) Estudio etnobotánico de una comunidad en una comunidad precordillerana de Antofagasta, Toconce. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (38) 183 –223. Santiago, Chile.

ALVA LM (2003) Expedición a la cordillera de los Andes: consideraciones sobre el hierro y estudio del yacimiento ferrífero el Laco, Chile. Instituto de Geofísica, UNAM Cd. Universitaria, Del. Coyoacán Cuaderno 14. México, D. F. 54 pp.

AMADO N & W SIELFELD (1994) Registro de Garcita Azulada *Butorides striatus* Ciconiiformes: Ardeidae en el río Loa. Boletín Chileno de Ornitología 1:27-28.

AMADO N, J HERREROS & W SIELFELD (1991) Registros de pato silbón (*Dendrocygna viudata*) en la I y II Región de Chile. Boletín Informativo UNORCH 12: 11-13.

ARAYA B & G MILLIE (1996) Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 406 pp.

ARAYA B & G MILLIE (2000) Guía de campo de las aves de Chile. Ninth Ed. Editorial Universitaria. Santiago, 406 pp.

ARAYA B & M BERNAL (1995) Aves. En: Diversidad biológica de Chile. Eds. Simonetti, Arroyo, Spotorno & Lozada. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, Santiago, Chile.

ARAYA B, BERNAL M, SCHLATTER RP & M SALABERRY 1995. Lista Patrón de las aves chilenas. Ed. Universitaria, 35 pp.

ARROYO MTK, C CASTOR, C MARTICORENA, M MUÑOZ, L CAVIERES, O MATTHEI, FA SQUEO, M GROSJEAN & R RODRÍGUEZ (1998) The flora of Llullaillaco National Park located in the transitional winter-summer rainfall area of the northern Chilean Andes. Gayana Bot. 55(2): 93-110.

ARROYO MTK, C VILLAGRÁN, C MARTICORENA & JJ ARMESTO (1982) Flora y relaciones biogeográficas de los Andes del norte de Chile (18-19°S). En: Veloso A & E Bustos (eds.), El Hombre y ecosistemas de montaña. Programa MAB-6 Vol. 1. 71-92.

ARROYO MTK, F SQUEO, JJ ARMESTO & C VILLAGRÁN (1988) Effects of aridity on plant diversity in the northern Chilean Andes: results of a natural experiment. Annals of the Missouri Botanical Garden 75(1): 55-78.

ARROYO MTK, F SQUEO, H VEIT, L CAVIERES, P LEON & E BELMONTE (1997) Flora and vegetation of northern chilean Andes. Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos, pp. 167-178. Universidad de Chile, Santiago, CL.

ASTORGA E (2006) Derecho Ambiental Chileno. Editorial Lexis Nexis, Chile. 402pp.

AVISE JC (2000) Phylogeography: the history and formation of species. Harvard University Press, London. 464 pp.

BARRERA-CATAÑO JI, C VALDÉS-LÓPEZ (2007) Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. Universitas Scientiarum. Edición especial II, 12: 11-24.

BECERRRA P & L FAÚNDEZ (2001) Vegetación del desierto interior de Quillagua, Región de Antofagasta (II), Chile. Chloris Chilensis 4(2).

BEHN F, JOHNSON AW & MILLIE G (1957) Expedició ornitológica al norte de Chile (enero - febrero 1957). Boletín Sociedad Biología de Concepción 32: 95-131.

BENAVIDES AG, A VELOSO, P JIMÉNEZ & MA MENDEZ (2005) Assimilation efficiency in *Bufo spinulosus* tapdoles (Anura: Bufonidae): effects of temperatura, diet quality and geographic origin. Revista Chilena de Historia Natural 78: 295-302.

BENAVIDES E, JC ORTIZ & JR FORMAS (2002) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica. 58(2):210-220.

BENOIT IL ed (1989) Libro rojo de la flora terrestre de Chile. CONAF, Santiago de Chile. 157 pp.
BIBBY C, JN D BURGESS & DA HILL (1992) Bird census techniques. Academic Press, London.
BOLOS M (1992) Manual de ciencia del paisaje. Teoría métodos y aplicaciones Colección de Geografía. Ediciones Masson S.A. Barcelona. 273 pp.
BÖRGEL R (1983) Geomorfología. Colección Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar.182 pp.
BRAUN-BLANQUET J (1964) Pflanzensoziologie-Grundzuge der Vegetationskunde. Springer Verlag, Wien. 865 pp.
BROWN FE & JE SALDIVIA (2000) Informe nacional sobre la gestión del agua. http:/Eclac.cl/DNRI/Proyectos/SAMTAC/InCh01100.pfd.
BROWN S & AE LUGO (1994) Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. Restoration Ecology 2 (2): 97-111.
BRUFORD MW, DG BRADLEY & G LUIKART (2003) DNA markers reveal the complexity of livestock domestication. Nature Genetics Reviews 4: 900-910.
BRUGGEN J (1950) Fundamentos de la geologia de Chile. Instituto Geográfico Militar. Chile.
CABRERA AL & A WILLINK (1973) Biogeografía de América Latina. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Depto. de Asuntos Científicos, Secretaría General de la OEA. Serie de Biología, Monografía N° 13. 120 pp.
CABRERA C (2007) Sitios prioritarios y su protección oficial. En: Serey, I., M. Ricci & C. Smith-Ramírez (Eds.) 2007. Libro Rojo de la Región de O'Higgins. Corporación Nacional Forestal - Universidad de Chile, Rancagua, Chile, 222 pp.
CANTO J, R FARIÑA, J YÁÑEZ & D FRASSINETTI (2008) Paleoecología y paleoambientes de los mamíferos fósiles de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 299-304. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
CARO MT & D O'DOHERTY (1999) On the use of surrogate species in conservation biology. Conservation Biology 13:805-814.
CASERTANO L & BAROZZI R (1961) Informe sobre el sistema volcánico del Lascar. Universidad de Chile, Faculdad de Cencias Fisico y Materiali, Instituto de Geologica, Publicaciones, 23, 304–315.
CASTILLO M (1994) Régimen jurídico de protección del medio ambiente. Aspectos generales y penales. Segunda edición. Ediciones Bloc, Santiago.329 pp.
CASTRO V (1997) Huacca Muchay. Evangelización y religión andina en Charcas, Atacama La Baja. Tesis para optar al grado de Magister en Historia, mención Etnohistoria. Departamento de Ciencias Históricas, Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad de Chile. Santiago.
CASTRO V (2002) Ayquina y Toconce: paisajes culturales del norte árido de Chile. En Paisajes Culturales en los Andes, pp. 209-222. Representación de la UNESCO en Perú, Lima.
CASTRO V, C ALDUNATE & V VARELA (2004) Ocupación humana del paisaje desértico de Atacama, Región de Antofagasta ARQ .57, p.14-17. ISSN 0717-6996.
CAVIEDES CN & JA IRIARTE (1989) Migration and distribution of rodents in central Chile since the Pleistocene: the palaeogeographic evidence. Journal of Biogeography 16: 181-187. MARQUET PA (1989) Paleobiogeography of South American cricetid rodents: a critique to Caviedes & Iriarte. Revista Chilena de Historia Natural 62: 193-197.
CAVIERES L, MTK ARROYO, P POSADAS, C MARTICORENA, O MATTHEI, R RODRIGUEZ, F SQUEO & G ARANCIO (2002) Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. Biodiversity and Conservation 11: 1301-1311.
CEA (2003) Vocalizaciones de aves rapaces. Proyecto CHI/01/G09 GEF/PPS/PNUD. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales. CEA Ediciones, Valdivia. (Cassette).
CEA (2008) Estudio línea de base oasis de Calama. Informe final. Ministerio de Bienes Nacioales, Doc. Tecnico (en elaboración).
CEI JM (1962) Batracios de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cviii + 128 pp.
CLAYTON JD & CM CLAPPERTON (1995) The last glacial cycle and paleolake synchrony in the southern Bolivia altiplano: Cerro Azanaques Case Study. Bulletin Ins.T. Fr. de Etudes Andines 24(3): 563-571.
CODY ML (1985) Habitat selection in birds. Academic Press, Orlando

COFRÉ H & P MARQUET (1999) Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation of Chilean mammals: an assessment. Biological Conservation, 88:53-68.
COMITÉ NACIONAL DE HUMEDALES DE CHILE (2000). Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile. 63 pp.
CONAF (1988) Políticas Técnicas Para el Manejo de las Reserva Nacionales de Chile. Manual Técnico Nº 9, Ediciones CONAF, Santiago de Chile. 80 pp.
CONAF (1989) Políticas Técnicas para el manejo de los Parques Nacionales y Monumentos Naturales. Manual Técnico Nº 12, Ediciones CONAF, Santiago de Chile. 75 pp.
CONAF (1997a). Evaluación de la Situación del Manejo en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Ediciones CONAF, Santiago de Chile. 36 pp.
CONAF (1997b) Informe Chileno Primer Congreso Latinoamericano de Parques Nacionales y Otras Areas Protegidas. 21 al 28 de Mayo de 1997, Santa Marta Colombia. 56 pp.
CONAF (1999) Programa para la Conservación de la Flora y Fauna Silvestre Amenazada de Chile. Ediciones CONAF, Santiago de Chile. 129 pp.
CONAMA (1992) Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile.
CONAMA (1993) Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile. Suplemento No.1.
CONAMA (1994) Ley de Bases del Medio Ambiente. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Chile. 44 pp.
CONAMA (1994) Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2º edición. Santiago de Chile. 128 pp.
CONAMA (1996a) Flora, competencias ambientales. Documento Nº4, Serie Jurídica.
CONAMA (1996b) Áreas protegidas, competencias ambientales. Documento Nº6, Serie Jurídica.
CONAMA (1996c) Aire, flora, fauna, áreas silvestres protegidas, procedimientos administrativos ambientales. Documento Nº13, Serie Jurídica.
CONAMA (1996d) Diversidad biológica, identificación y diagnóstico preliminar del ordenamiento jurídico aplicable a la protección de la diversidad biológica. Documento Nº16, Serie Jurídica.
CONAMA (1997a) Áreas silvestres protegidas, legislación punitiva y sancionatoria ambiental. Documento Nº27, Serie Jurídica.
CONAMA (1997b) Áreas silvestres protegidas, legislación sancionatoria ambiental. Documento Nº28, Serie Jurídica..
CONAMA (1998) Documento de Discusión: Gestión Integrada del Recurso Agua www.conama.cl/cds/cat_10acta.
CONAMA (2008) El concepto de área protegida en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Santiago de Chile. 5 pp
CONESA V (1995) Guía Metodológica para el Desarrollo de la Evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones MundiPrensa. 2º Edición. Madrid, España. 390 pp.
CONTRERAS L & J TORRES-MURA (2008) Biogeografía de mamíferos terrestres de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 305-314. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
CORTÉS A, E MIRANDA, M ROSENMANN & JR RAU (2000) Thermal biology of the fossorial rodent Ctenomys fulvus from the Atacama desert, northern Chile. Journal of Thermal Biology 25: 425-430.
CORTÉS A, JR RAU, E MIRANDA & JE JIMENEZ (2002) Hábitos alimenticios de Lagidium viscacia y Abrocoma cinerea: roedores sintópicos en ambientes altoandinos del norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 75: 583-593.
CUEVAS CC & JR FORMAS (2002) *Telmatobius philippii*, una nueva especie de rana acuática de Ollagüe norte de Chile (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 75: 245-258.
DAVIS TD ed (1994) The Ramsar Convention Manual. Ramsar Convention Bureau, Gland Switzerland. 207 pp.
DAYTON PK (1971) Competition, disturbance, and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. Ecocolical Monography 41:351-389.
DAZA R (2005) Programa monitoreo Parque Nacional Sajama, SERNAP Programa BIAP. 79 pp

DAZA VON BOECK R (2005) Programa de Monitoreo de la Conservación Parque Nacional Sajama. SERNAP Programa BIAP. Bolivia. 78 pp.
DEMETRIO L (1993) Algunos comentarios sobre la presencia de golondrinas en Calama. Boletín Informativo UNORCH 15: 17.
DERUELLE B (1979) Petrologie d'un volcanisme de marge active: Atacama et Andes Meridionales. PhD Thesis, Université de Paris.
DERUELLE B (1985) Le Volcan Lascar: géologie et pétrologie. Actas 4° Congreso Geológico Chileno 4, Antofagasta, Chile, 120–137.
DGA (1999) Política Nacional de Recursos hídricos. Disponible en www.dga.cl
DGA (2002) Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos. www.dga.cl/secuencias/servicios/derech_criterios.htm.
DGA (2004) Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca río Loa. Diciembre de 2004. Elaborado por CADE - IDEPE.
DGA (2005) Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Loa. Informe técnico realizado por: Departamento de Administración de Recursos Hídricos S.D.T. Nº 192 Santiago, enero del 2005.
DI CASTRI F & E HAJEK (1976): Bioclimatología de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile.
DI CASTRI F (1968) Esquisse écologique du Chili. Biologie de la Amérique Australe 4 :7-52.
DI CASTRI F (2003) Globalización y biodiversidad. En: E Figueroa & J Simonetti eds Globalización y biodiversidad: oportunidades y desafíos para la sociedad chilena: 285-323. Editorial Universitaria. 327 pp.
DÍAZ N (1983) Bibliografía sobre anuros chilenos 1962-1982. Resúmenes y comentarios. Medio Ambiente (Chile) 6: 80-98.
DÍAZ-PAÉZ E & J ORTIZ (2003) Evaluación del Estado de conservación de los anfibios en Chile. Revista Chilena de Historia Natural 76: 509-525.
DONOSO-BARROS R (1961) Three new lizards of the genus Liolaemus from the highest Andes of Chile and Argentina. Coepia 1961 (4): 387-391.
DONOSO-BARROS R (1966) Reptiles de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cxliv + 458 pp.
DONOSO-BARROS R (1970) Catálogo herpetológico chileno. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 31: 49-124.
DUELLMAN WE (1993) Amphibian species of the world: additions and corrections. The University of Kansas, Museum of Natural History, Special Publications, Lawrence, Kansas. iii + 372 pp.
DUGAN PJ & TA JONES (1993) Ecological change in wetlands: A global view. En: Waterfowl and Wetland Conservation in the 1990s - A global perspective, eds M Moser RC Prentice & J van Vessem. IWRB Special Publication No 26, Slimbridge UK: 34-38.
DUGAN PJ ed (1990) Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action. IUCN The World Conservation Union, Gland, Switzerland. 96 pp.
ECONAT Consultores (2005) Análisis general del impacto económico de norma secundaria de calidad de aguas del río Loa en el sector silvoagropecuario. Informe Final.
EDWARDS RY (1976) Interpretation: What Should it Be? Journal of Interpretation 1(1).
EGLI G (1998) Voces de la Fauna Chilena. (Compact Disc).
EISENDECHER P (2001) Regulación de las areas silvestres protegidas en Chile y la inclusión de las areas privadas de conservación en la Ley 19.300. Revista de Derecho, Vol. XII, 149-167 pp.
ELGUETA E (2006) Estudio de flora y fauna vertebrada terrestre del oasis de El Loa. Proyecto Educativo Manuel Montt y Centro Recreativo Pukará Country Club. 16 pp.
ELLENBERG H & D MUELLER-DOMBOIS (1966) A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. Ber. Geob. Inst. ETH Stiftung Rubel, Zurich 37: 56-73.
ERDRA (2000). Estrategia Regional de Desarrollo de la Región de Antofagasta. Gobierno de Chile. Región de Antofagasta 2000-2006.
ESCRIBANO M, M DE FRUTOS, E IGLESIAS, C MATAIX & I TORRECILLA (1991) El Paisaje. Unidades temáticas ambientales de la Secretaría del Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Ministerio de Obras Publicas y Transportes de España. 177 pp.

EUROCHILE- CORFO (sin fechar) Estudio de Capacidad de Carga Turística de San Pedro de Atacama, un proyecto que avanza en la constitución del primer destino en Chile con un sistema de gestión sustentable del turismo. (Documento disponible en la Red, versión PDF.

FARINA A (1998) Principles and methods in landscapes ecology. Chapmen & Hall, London. 235 pp.

FEITO R & MH GALLARDO (1982) Sperm morphology of the Chilean species of Ctenomys (Rodentia, Octodontidae). Journal of Mammalogy, 63: 658-661.

FERNÁNDEZ P (1998) Insitucionalidad ambiental en Chile. Rev de Derecho 9, suplemento especial: 35-42.

FIGUEROA E, C BRAVO & R ÁLVAREZ (2003) Biodiversidad y turismo: oportunidades para el desarrollo económico y la conservación en Chile. En: E Figueroa & J Simonetti eds Globalización y biodiversidad: oportunidades y desafíos para la sociedad chilena: 23-49. Editorial Universitaria. 327 pp.

FINES KD (1968) Landscape evaluation: A research project in east Sussex. Regional studies (2): 41-55.

FJELDSA J (1985) Origin, evolution, and status of the avifauna of Andean wetlands. Ornithological Monographs 36: 85-112.

FLANAGAN JNM, I FRANKE & L SALINAS (2005). Aves y endemismo en los bosques relictos de la vertiente occidental andina del norte del Perú y sur del Ecuador. *Rev. peru biol.*12(2): 239-248.

FLORES L (1997) Marco jurídico aplicable a las Áreas Silvestres Protegidas. Santiago, Chile.

FORMAN RTT & M GODRON (1986) Landscape Ecology, John Wiley, New York. 619 pp.

FORMAN RTT (1995) Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge U.K.

FORMAS JR, CC CUEVAS & JJ NUÑEZ (2006) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica 62: 173–183.

FORMAS JR. E BENAVIDES & C CUEVAS (2003) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Río Vilama, northern Chile, and the redescription of *T. halli* Noble. HerpetologicA 59 (2): 253-270.

FORMAS R (1995) Anfibios. En: Simonetti J, M T K Arroyo, A. Spotorno & E Lozada (eds) Diversidad biológica de Chile. Imprenta Talleres de Artegrama Ltda. Santiago de Chile. 364 pp.

FORMAS R. I NORTHLAND, J CAPETILLO, J NUÑEZ, C CUEVAS & L BRIEVA (1999) *Telmatobius dankoi,* una nueva especie de rana acuática del norte de Chile (Leptodactylidae). Rev. Chil. Hist. Nat. 72: 427- 445.

FULLER M & MOSHER (1987) Raptor survey techniques. En: BA Giron Pendleton, BA Millsap, KW Cline & DM Bird (eds). Raptor Management Techniques Manual: 37–65. National Wildlife Federation, Washintong, D.C. EE.UU. 276 pp.

GAJARDO R (1994) La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165 pp.

GALLARDO E (1985) Legislación sobre protección de la flora arbórea y arbustiva nativa chilena. En: Benoit IL (ed) Libro rojo de la flora terrestre de Chile (Primera Parte). Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. 157 pp.

GALLARDO E (1989) Legislación sobre protección de la flora arbórea y arbustiva nativa chilena. En: I Benoit (ed): 51-64. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (primera parte). Corporación Nacional Forestal, Santiago de Chile, Chile, 157 pp.

GALLARDO E (1989) Marco jurídico del bosque nativo y su manejo. Exposición efectuada en las jornadas sobre el bosque nativo y su manejo durante el 17 y 18 de noviembre en Concepción. Concepción, Chile. 14 pp.

GARDEWEG M, R SPARKS & S MATTHEWS (1997) (1998) Evolution of Lascar Volcano, Northern Chile. Journal of the Geological Society. Vol 155: 89-104.

GARDEWEG M, R SPARKS & S MATTHEWS (1997) La evolución del volcán lascar y su relación con el clima del Pleistoceno superior-holoceno de los andes centrales. Actas del VII congreso geológico chileno, sesión temática 2: 327-331.

GIL C (2002) Monitoreo ambiental, una herramienta invaluable en el manejo de ecosistemas. Gestión Ambiental 8: 29-44 (2002)

GILPIN ME & ME SOULÉ (1986) Minimum viable populations: Processes of species extinctions. En Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity, M.E. Soulé (ed.), pp. 19-23. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
GLADE A (Ed) (1993) Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago Chile.
GODOY R, C RAMÍREZ, H FIGUEROA & E HAUENSTEIN (1981) Estudios ecosociológicos en Pteridófitos de comunidades boscosas valdivianas, Chile. Bosque 4(1): 12-24.
GOLDSMITH FB (Ed) (1995) Monitoring for conservation and ecology. Chapman & Hall, London.
GOLTE J (2001) Migración andina y cultura peruana en Historia de la cultura peruana. Fondo Editorial del Congreso del Perú. Tomo II. Lima
GONZÁLEZ A (2000) Evaluación del recurso vegetacional en la cuenca del río Budi, situación actual y propuestas de manejo. Tesis Licenciatura en Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de Temuco. 110 pp.
GRANIZO T, ME MOLINA, E SECAIRA, B HERRERA, S BENÍTEZ, O MALDONADO, M LIBBY, P ARROYO, S ÍSOLA & M CASTRO (2006) Manual de planificación para la conservación de áreas, PCA. The Nature Conservancy y USAID. Impresora Flores, Quito, Ecuador. 204 pp.
GRIGERA (2002) III Taller Criterios para la evaluación del estado de conservación de la fauna silvestre. Gestión Ambiental 8: 71-72.
GROSJEAN M & L NÚÑEZ (1994) Lateglacial, Early and Midldle Holocene Environmentens, human occupation, and resourse use in the Atacama (Northern Chile). Geoarchaeology: An International Journal Vol. 9. No. 4, 271-286.
GROSJEAN M (1994) Paleohydrology of the Laguna Lejía and climatic implications for late-glacial times. Palaeoecology 109: 89-100.
GROSJEAN M (1995) Late Quaternary Geology and Hydrology of Laguna Lejía (Northchilean Altiplano) and Paleoclimatic Implications. In A. Saez (ed) Cenozoic and Quaternary lacustrine systems in northern Chile (Central Andes, Arc and Fore-Arc zones) p. 63-68. IGCP324. GLOPALS-IAS, Antofagasta 1995.
GROSJEAN M, GEYH M.A, MESSERLI B & SCHOTTERER U (1995) Late-glacial and early Holocene lake sediments, groundwater formation and climate in the Atacama Altiplano 22-24°S. Journal of Paleolimnology 14/3, 241-252.
GROSSMAN DH, P BOURGERON, WDN BUSCH, D CLELAND, W PLATTS, GC RAY, CR ROBERTS & G ROLOFF (1999) Principles for ecological classification. In: NC Johnson, AJ Malk, RC Szaro & WT Sexton Common Reference for Ecosystem Manegement 2: 353-393. Elsevier Science, Oxford, UK.
GROVES CR (2003) Drafting a Conservation Blueprint: A Practitioner´s Guide to Planning for Biodiversity. Washington DC: Island Press y The Nature Conservancy.
GUEST JE (1969) Upper Tertiary ignimbrites in the Andean cordillera of part of the Antofagasta province of northern Chile. Geol. Soc. Am. Bull. v80:337-362.
GUTIERREZ J, F LÓPEZ-CORREA & P MARQUET (1998) Vegetation in an altitudinal gradient along the Rio Loa in the Atacama Desert of northern Chile. Journal of Arid Environment 40: 383-399.
HAUENSTEIN E, C RAMÍREZ, M LATSAGUE & D CONTRERAS (1988) Origen fitogeográfico y espectro biológico como medida del grado de intervención antrópica en comunidades vegetales. Medio Ambiente 9(1): 140-142.
HELAWELL J (1995) Development of a rationale for monitoring. En: Goldsmith FB (ed) Monitoring for conservation and ecology: 1-14. Chapmam & Hall, London.
HELLMAYR CE (1932) The birds of Chile. Pub. 308. Field Museum of Natural History. Zoological Serie 19. Chicago.
HERMOSILLA J (2004) Tratados Internacionales vigentes en Chile en materia de protección a la Biodiversidad y su relación con la legislación interna. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Escuela de Derecho Universidad Austral De Chile.
HESS GR & TJ KING (2002) Planning open spaces wildlife. I Selecting focal species using a Delphi survey approach. Landscape and urban Planning 58: 25-40

HICKMAN GC (1985) Surface-mound formation by the tuco tuco, *Ctenomys fulvus* (Rodentia: Ctenomyidae), with comments on earth-pushing in other fossorial mammals. Journal of Zoology (London) 205: 385-390.
HOFFMANN A (1989) Cactáceas en la flora silvestre de Chile. 1ª ed. Fundación Claudio Gay, Santiago. 272 pp.
HOFFMANN A, MK ARROYO, F LIBERONA, M MUÑOZ & J WATSON (1998) Plantas altoandinas en la flora silvestre de Chile. 1ª ed. Fundación Claudio Gay, Santiago. 281 pp.
HOLDRIDGE (1967) Determination of world plan formation from simple climatic data. Science 105: 367-368.
HORTON PB, AA MCCONNEY, M GALLO, AL WOODS, GJ SENN, & D HAMELIN (1993) An investigation of the effectiveness of concept mapping as an instructional tool. Science Education, 77(1), 95-111.
HOWELL SNG & S WEBB (1995) Noteworthy bird observations from Chile. Bull. Brit. Orn. Cl. 115: 57-66.
HÜCKINGHAUS F (1961) Vergleinchende Untersuchungen ber die Formenmannigfaltigkeit der Unterfamilie Caviinae Murray 1886. (Ergebnisse der Südamerikaexpedition Herre/Röhrs 1956- 1957). Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie 166: 1-98.
HUGHES RA (1970) Notes on the birds of the Mollendo district, southern Peru. Ibis 112: 229-241.
HUMPRIES CJ, PH WILLIAMS & RI VANE-WRIGHT (1995) Measuring biodiversiti value for conservation. Annual Review of Ecology and Systematics 26: 93-111.
HUNTER ML (2004) A mesofilter conservation strategy to complement fine and coarse Filtres. Conservation Biology 19(4): 1025-1029.
IBARRA-VIDAL H (1989) Impacto de las actividades humanas sobre la herpetofauna en Chile. Comunicaciones del Museo Regional de Concepción (Chile) 3: 33-39.
IMILAN W (2007) Socaireños en movimiento: Atacameños y Calama. Estudios atacameños: Antropología y arqueología surandinas nº 33. Pp. 105- 123
JARAMILLO A (2005) Aves de Chile. Guía de Campo de las aves de Chile. Lynx ediciones, Barcelona. 239 pp.
JENSEN A (1992) Las cuencas aluvio lacustres Oligoceno-Neogenas de la región del Ante-Arco de Chile septentrional entre los 19º y 23º Sur. Ph D. Thesis Universidad de Barcelona.
JEREZ V (2000) Diversidad y patrones de distribución geográfica de insectos coleópteros en ecosistemas desérticos de la región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 79-92.
JIMÉNEZ J (1996) The extirpation and current status of wild chinchillas Chinchilla lanigera and C. brevicaudata. Biological Conservation, 77: 1-6.
JOHNSON AW, RA HUGHES, JD GOODALL, WR MILLIE & G MOFFETT (1972) Supplement to the birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Perú. Platt Establecimientos Gráficos S. A. Buenos Aires.
JOHNSON WA (1965) The Birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Peru. Volume 1. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires
KEITER R (1998) Ecosystems and the law: toward an integrated approach. Ecological Applications 8(2): 332-341.
KING C (1993) La expresión territorial planimétrica de la legislación ambiental: Ley de Bosques y Reglamento del Decreto Ley 701. Seminario de título para optar al Diplomado en Análisis y Gestión del Ambiente. Escuela de Graduados Universidad de Concepción. 60 pgs.
KLOHN W (1972) Hidrografía de las zonas desérticas de Chile. Ed. por Jean Burz. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Chile.
KOFORD CB (1968) Peruvian desert mice water independence, competition, and breeding cycle near the Equator. Science 160: 552-553.
KRAMER KM, JA MONJEAU, EC BIRNEY y RS SIKES. 1999. Phyllotis xanthopygus. Mammalian Species 617:1-7.
KREBS C (1985) Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 2 Edición. Editorial Interamericana. 753 pp.

LAGOS V, JM TORRES & C NOTON (2001) Conservación de la Diversidad Biológica: El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) como Herramienta de Gestión para la Región de Coquimbo. En Squeo FA, G Arancio y JR Gutiérrez (Eds.) Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile., 388 pp.

LAHSEN A (1982) Upper Cenozoic volcanism and tectonism in the Andean of northern Chile. Earth Science Reviews, Vol. 18, p. 285-302.

LATORRE C, JL BETANCOURT, KA RYLANDER, J QUADE & O MATTHEI (2003) A vegetation history from the arid prepuna of northern Chile (22-23ºS) over the last 13500 years. Palaeo 194: 223-246.

LINHART SB & FF KNOWLTON (1975) Determining the relative abundance of coyotes by scent station lines. Wildlife Society Bulletin 3:119-124.

LÓPEZ M (1991) Alimentación de flamencos altiplánicos, con énfasis en *Phoenicoparrus andinus* (Philippi) en Salar de Carcote, Chile. En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 84-89.

LUEBERT F & R GAJARDO (1999) Adiciones y notas a la flora del parque nacional Llullaillaco (Región de Antofagasta, Chile). Noticiero Mensual Museo Nacional de Historia Natural 339: 3-6.

LUEBERT F & R GAJARDO (2000) Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile. Lazaroa 21: 111-130

LUEBERT F & R GAJARDO (2005) Vegetación altoandina de Parinacota (norte de Chile) y una sinopsis de la vegetación de la Puna meridional. Phytocoenologia 35(1): 79-128.

LUEBERT F (2004) Apuntes sobre la vegetación de bosque y matorral del desierto precordillerano de Tarapacá (Chile). Chloris Chilensis 7(1). URL: www.chlorischile.cl (Julio-2005)

LYNCH JD (1975) A new Chilean frog of the extrandean assemblage of *Telmatobius* (Amphibia-Leptodactylidae). Bull South Acad Sci 74: 160-161.

MAGURRAN AE (1998) Ecological diversity and its measurament. Princeton University Press, New Jersey. 179.

MALDONADO V & CM CHACÓN (2001) Trabajando en marcos jurídicos apropiados para la conservación privada: la experiencia en Chile y Costa Rica. Alianza Regional para Políticas de Conservación en América Latina y el Caribe, 38 p.

MARÍN M (2003) Un nuevo registro de benteveo *Pitangus sulphuratus* para Chile. Cotinga 19: 82-83.

MARÍN M (2004) Lista comentada de las aves de Chile. Lynx Edicions, Barcelona. 141 pp.

MARÍN M, LF KIFF & LG PEÑA (1989) Notes on Chilean birds, with descriptions of two new subspecies. Bull. Brit. Orn. Cl. 109: 66-82.

MARQUET P (1994). Diversity of small mammals in the Pacific coastal desert of Peru and Chile and adjacent Andean area: biogeography and community structure. Australian Journal of Zoology 42:527-542.

MARQUET P, F BOZINOVIC, GA BRADSHAW, C CORNELIUS, H GONZÁLEZ, JR GUTIERREZ, ER HAYEK, JA LAGOR, F LÓPEZ-CORTEZ, L NUÑEZ, EF ROSELLO, C SANTORO, H SAMANIEGO, VG STANDEN, JC TORRES-MURA & FM JAKSIC (1998) Los ecosistemas del desierto de Atacama y área andina adyacente en el norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 593-617.

MARQUET PA (1989) Paleobiogeography of South American cricetid rodents: a critique to Caviedes & Iriarte. Revista Chilena de Historia Natural 62: 193-197.

MÁRQUEZ C, I SÁNCHEZ & J RAU (2004) Técnicas de Observación y Estimación de Abundancia de Aves Rapaces. En: Muñoz-Pedreros A, Rau J & Yáñez J (eds). Aves Rapaces de Chile. CEA Ediciones, Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, Valdivia, Chile. 387 pp.

MARTICORENA A (2005) Malvaceae. Cap. 35, pp. 22-105. En: Marticorena C & R Rodríguez. eds Flora de Chile. Vol. 2(3). Plumbaginaceae - Malvaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 128 pp.

MARTICORENA A, V PARDO & A PENALOZA (2004) Adiciones y notas a la flora del Parque Nacional Llullaillaco, II Region, Chile. Gayana Bot. 61(2):49-54.

MARTICORENA A, V PARDO & A PENALOZA (2004) Adiciones y notas a la flora del Parque Nacional Llullaillaco, II Region, Chile. Gayana Bot. 61(2):49-54.

MARTICORENA C & M QUEZADA (1985) Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Bot. 42(1-2): 1-155.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (1995) Flora de Chile. Vol. 1. Pteridophyta-Gymnospermae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 351 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2001) Flora de Chile. Vol. 2(1) .Winteraceae-Ranunculaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 99 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2003) Flora de Chile. Vol. 2(2). Berberidaceae-Betulaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 93 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2005) Flora de Chile. Vol. 2(3). Plumbaginaceae - Malvaceae. Editorial Universidad de Concepción, Chile. 128 pp.
MARTICORENA C, O MATTHEI, R RODRÍGUEZ, MK ARROYO, M MUÑOZ, F SQUEO & G ARANCIO (1998) Catálogo de la flora vascular de la segunda región (Región de Antofagasta), Chile. Gayana Bot. 55(1): 23-83.
MARTÍNEZ JL (1998) Pueblos del chañar y el algarrobo: los atacameños en el siglo XVII. Santiago, Chile: DIBAM. Universidad de Chile.
MARTÍNEZ-PARDO R & R MARTÍNEZ-GUZMÁN (1997) Neogene Southest paleogeography, the opening of the Drake passaje and the Humboldt Current history: The Chilean micropaleontologycal perspective. Actas VIII Congreso Geológico Chileno, Universidad Católica del Norte 1: 525-529.
MATTHEI O (1995) Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabeta Impresores, Santiago, Chile. 545 pp.
MAZAR BARNETT J & G KIRWAN eds (1999a) Neotropical notebook. Cotinga 11: 96-105.
MAZAR BARNETT J & G KIRWAN eds (1999b) Neotropical notebook. Cotinga 12: 79-88.
MCALEECE (1997) Biodiversity Profesional Beta Program. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science.
MEFFE GK & CR CARROLL (1994) Genetics: conservation of diversity within species. In: GK Meffe & CR Carroll eds. Principles of conservation biology: 143-178. Sinauer Associates Inc. Sunderland, MA.
MESERVE PL & DA KELT (1990) The role of aridity and isolation on central Chilean small mammals: a reply to Caviedes & Iriarte (1989). Journal of Biogeography 17: 681-684.
MESSERLI B, GROSJEAN M & VUILLE M (1997) Water Availability, Protected Areas, and Natural Resources in the Andean Desert Altiplano. Mountain Research and Development 17/3, 229-238.
MESSERLI B, M GROSJEAN, G BONANI, A BURGI, MA GEYH, K GRAF, K RAMSEYER, H ROMERO, USCHOTTERER, H SCHREIER & M VUILLE (1993) Climate Change and Natural Resource Dynamics of the Atacama Altiplano during the Last 18,000 Years: A Preliminary Synthesis. Mountain Geoecology of the Andes: Resource Management and Sustainable Development. Mountain Research and Development13(2): 117-127.
MIDEPLAN (1994) Métodos y Técnicas de Planificación Regional. Ministerio de Planificación y Cooperación. Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD). 1ª Edición. Editores Asociados Ltda. Chile. 155 pp.
MINISTERIO DE AGRICULTURA (s/f) Ley 19.473 y Reglamento de la Ley de caza.
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE (1992) Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: contenidos y metodologías. Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), Madrid, España. 809 pp.
MONTENEGRO G, ME ALJARO & J KUMMEROW (1979) Growth dynamics of chilean matorral shrubs. Botanical Gazette 140:114-119.
MONTENEGRO S, D HERVE & V DURÁN (2001) Los tratados ambientales: principios y aplicación en Chile. 1a. ed. Edición Marie Claude Plumer.Santiago de Chile. CONAMA.
MONTTI S & H HENRIQUEZ (1970) Interpretación hidrogeológica de la génesis de salares y lagunas del altiplano chileno. Segundo congreso geológico chileno. Instituto de investigaciones Geológicas. Santiago, Chile. 13 pp.
MOONEY HA & J KUMMEROW (1971) The comparative water economy of representative evergreen sclerophyll and drought deciduous shrubs of Chile. Botanical Gazzete 132: 245-252.

MOP (2007) Declaración de impacto ambiental proyecto conservación y mejoramiento conexión vial San Pedro – El Tatio (rutas B-245-235) región de Antofagasta.
MOPT (1994) Guía para la Elaboración de Estudio del Medio Físico. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. Madrid, España. 809 pp
MORALES H (1997) Pastores transhumantes al fin del mundo. Un enfoque cultural de la tecnología en una comunidad andina de pastores. Tesis de Grado de Antropología Social. Departamento de Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile, Santiago.
MORALES J (2000) Claves para la interpretacion del patrimonio: un valioso apoyo a la gestión. Gestión Ambiental 6: 1-10.
MORENO C (2001) Métodos para medir la biodiversidad. M&T Manuales y Tesis SEA. Volúmen 1. Zaragoza, España. 84 pp.
MORENO S & J GARCIA-ABAD (1996) Cartografía de la calidad visual del paisaje; reflexiones teóricas y ejemplo de aplicación. Serie Geográfica; el paisaje en el mapa, Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares 6: 115-129.
MORENO, R.A. & H. IBARRA-VIDAL. 2004. Additions to the herpetological catalogue of the Museo del Mar, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. Gayana, 68(1), 93-97
MUELLER-DOMBOIS D & E ELLENBERG (1974 Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York. 547 pp.
MUÑOZ C (1966) Sinopsis de la flora chilena. 2a ed. Universidad de Chile, Santiago. 500 pp.
MUÑOZ J (2003) Perspectivas para el desarrollo de las aguas subterráneas en Chile. Taller Nacional-Chile hacia un plan nacional de gestión integrada de los recursos hídricos. CEPAL/SAMTAC-GWP/Comisión Nacional de Riego- Dirección General de Aguas de Chile/Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile/AIDIS. Santiago de Chile. 16 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A & E PALMA (2008) Marsupiales de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez (eds) Mamíferos de Chile, segunda edición. CEA Ediciones. 573 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A & J YAÑEZ (eds) (2000) Mamíferos de Chile. CEA Editorial. Valdivia. 417 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A & J YÁÑEZ (eds) (2008) Mamíferos de Chile. CEA Ediciones, Segunda Edición corregida y ampliada (en prensa).
MUÑOZ-PEDREROS A & P MÖLLER (eds) (1997) Conservación de Humedales. Taller Bases para la Conservación de Humedales. CEA Ediciones/Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Valdivia. 118 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A (1992) Ecología de la asociación de micromamíferos presentes en un agroecosistema forestal de Chile Central. Revista Chilena Historia Natural.65: 417-428.
MUÑOZ-PEDREROS A (2004) La evaluación de paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77 (1): 139-156.
MUÑOZ-PEDREROS A, A BADILLA & H RIVAS (1993) Evaluación del paisaje en un humedal del sur de Chile: El caso de Valdivia (X Región). Revista Chilena de Historia Natural 66: 403-417.
MUÑOZ-PEDREROS A, C GODOY & L OLIVARES (1993b) Santuario Carlos Anwandter: proposiciones para su manejo. Comunicaciones del Museo Regional de Concepción (Concepción) 7: 33-47.
MUÑOZ-PEDREROS A, J MONCADA & A LARRAIN (2000) Variación de la percepción del recurso paisaje en el sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 681-690.
MUÑOZ-PEDREROS A, J RAU & J YÁÑEZ (EDS) (2004) Aves Rapaces de Chile Ediciones. 387 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A, J RAU, V QUINTANA, M VALDEBENITO & D MARTÍNEZ (1995) Densidad de pumas (Felis concolor) en un ecosistema forestal del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 68(4): 501-509.
MURPHY DD & BD NOON (1991) Coping with uncertainty in wildlife biology. J. Wildl. Manage. 55:773-782.
MURRA J (1972) El "control vertical" de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas. En Visita a la provincia de León de Huanuco (1562), J. Murra (Ed.), pp. 429-476. Universidad Hermilio Valdizán, Huanuco.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1986) Ecological knowledge and environmental problem solving: concepts and case studies. Committee on the Application of Ecological Theory to Environmental Problems; Commission on Life Sciences; National Academy Press, Washington D.C.
NAVARRO G & S RIVAS-MARTÍNEZ (2005) Datos sobre la fitosociología del norte de Chile: la vegetación en un transecto desde San Pedro de Atacama al volcán Licancabur (Antofagasta, II Región). Chloris Chilensis Año 8 Nº 2. URL: http://www.chlorischile.cl
NAVARRO G (1993) Vegetación de Bolivia: El altiplano meridional. Rivasgodaya 7: 69-98
NAVAS ME (1973, 1976, 1979) Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Tres tomos. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago.
NIEMEYER H & P CERECEDA (1984) Hidrografía. Geografía de Chile. Tomo VIII. Instituto Geográfico Militar. Chile.
NOSS RF (1990) Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conservation Biology 4:355-364.
NOWAK RM (1999) Walker's mammals of the world. Sixth edition. John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 1936 pp.
NÚÑEZ H & A VELOSO (2001) Distribución geográfica de las especies de lagartos de la Región de Antofagasta, Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 50: 109-120.
NÚÑEZ H & F JAKSIC (1992) Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 43: 63-91.
NÚÑEZ H & JL YÁÑEZ (1983) *Ctenoblepharis adituvelatus* new species, a lizard from northern Chile (Reptilia: Iguanidae). Copeia 1983: 454-457.
NÚÑEZ H & JL YÁÑEZ (1983-84) *Ctenoblepharis erroneus* Nov. sp. de Iguanidae para la zona norte de Chile (Reptilia: Iguanidae). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 40: 91-95.
NÚÑEZ H & SF FOX (1989) *Liolaemus puritamensis*, a new species of iguanid lizard previously confused with *Liolaemus multiformis* (Squamata: Iguanidae). Copeia 1989: 456-460.
NÚÑEZ H (1992) Geographical data of Chilean lizard and snakes in the Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile. Smithsonian Herpetological Information Service 91. 29 pp.
NUÑEZ H, D PINCHEIRA-DONOSO & C GARIN (2004) *Liolaemus hajeki*, nueva especie de lagartija de Chile (Squamata, Sauria). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 53: 85-97.
NÚÑEZ H, J NAVARRO & A VELOSO (2000) *Liolaemus foxi*, una nueva especie de lagarto para el Norte de Chile (Squamata: Reptolia: Sauria) Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 17: 257-268.
NÚÑEZ H, J NAVARRO & J LOYOLA (1991) *Liolaemus_maldonadae* y *Liolaemus cristiani*, dos especies nuevas de lagartijas para Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 42: 79-88.
NÚÑEZ H, J NAVARRO, C GARIN, D PINCHEIRA-DONOSO & V MERIGGIO (2003) *Phrynosaura manueli* y *Phrynosaura torresi*, nuevas especies de lagartijas para el norte de Chile (Squamata: Sauria). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 52: 67-88. .
NÚÑEZ H, J NAVARRO, J SUFAN & JL GALAZ (1998) Distribución geográfica de *Phrynosaura* (Reptilia: Tropiduridae). Noticiario Mensual Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 334: 11-14.
NÚÑEZ H, JA SCHULTE & C GARIN (2001) *Liolaemus josephorum*, nueva especie de lagartija para el norte de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 50: 91-107.
NÚÑEZ H, MA LABRA & J YÁÑEZ (1982) Hábitos alimentarios de dos poblaciones andinas de *Bufo spinulosus* Wiegmann, 1835 (Anura: Bufonidae). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 39: 81-91.
NUÑEZ H, V MALDONADO & R PÉREZ (1997) Reunión de trabajo con especialistas de herpetología para categorización de especies según estados de conservación. Noticiero Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 329: 12-19.
NÚÑEZ L & T DILLEHAY (1979) Movilidad giratoria , armonía social y desarrollo en los Andes meridionales: patrones de tráfico e interacciones económicas. Antofagasta , Chile: Universidad del Norte.
OLTREMARI J & K TELEN (1999) Manual para la formulación de Planes de Manejo en áreas silvestres protegidas privadas. Producto final del estudio “Análisis y Diseño Metodológico para la Elaboración de

Planes de Manejo en Áreas Silvestres Protegidas Privadas". Informe Final, Tomo II. CONAMA. Santiago.
ORTIZ JC & P MARQUET (1987) Una nueva especie de lagarto altoandino: *Liolaemus islugensis* (Reptilia-Iguanidae). Gayana: Zoología (Chile) 51: 59-63.
ORTIZ JC (1994) Una nueva especie de lagarto altoandino del género *Liolaemus* (Sauria, Tropiduridae). Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile) 65: 191-195.
ORTIZ S (1986) Legislación vigente en el ámbito del manejo de cuencas hidrográficas. Corporación Nacional Forestal Octava Región, Concepción, Chile. 35 pp.
ORTIZ S (1990) La actividad forestal y su regulación ambiental. Seminario CORMA sobre "Legislación forestal y su dimensión en el derecho ambiental". Concepción, Chile, noviembre 1990.
OSGOOD WH (1943) The mammals of Chile. Field Museum of Natural History, Zoological Series 30: 1-268.
OYARZO H & H CORREA (1991) Comunidad avial asociada a la laguna del Negro Francisco (II Región, Atacama). En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 122-131.
PARADA M (1991) Flamencos en el norte de Chile, distribución, abundancia y fluctuaciones estacionales del número. En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 52-66.
PATTERSON B & R PASCUAL (1972) The fossil mammal of South America.In: A Keast, F Erk & B Glass, Evolution, Mammals and Southern Continents: 247-310. State University of New York Press, Albany.
PEART B (1977) Definition of Interpretation. Paper at: Association of Interpreters Naturalists Workshop, Texas A & M University, April 1977. USA.
PELLET P, E UGARTE, E OSORIO & F HERRERA (2005) Conservación de la biodiversidad en Chile, ¿legalmente suficiente? La necesidad de cartografiar la ley antes de decidir. Revista Chilena de Historia Natural 78: 125-141.
PEÑA L (1968) Aves observadas y colectadas en la cordillera de Antofagasta. Noticiario Mensual del Museo de Historia Natural 13(145): 8-11.
PEÑA LG (1961) Results of research in the Antofagasta ranges of Chile and Bolivia. Postilla 49: 3-42.
PHILIPPI RA (1964) Catálogo de las aves de Chile con su distribución geográfica. Investigaciones Zoológicas Chilenas 11: 1-179.
PHILIPPI RA (1967) Tres especies de aves capturadas por primera vez en Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 29: 121-124.
PHILIPPI RA, AW JOHNSON & JD GOODALL (1944) Expedición ornitológica al norte de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 22:65-120.
PICHLER & ZEIL (1972) Paleozoic and Mesozoic ignimbriles of Northern Chile. N. Jb. Miner. Abh.,116, 196-207
PIELOU EC (1984) Ecological diversity. John Wiley & Sons, Inc. New York, 165 pp.
PINCHEIRA-DONOSO & H NUÑEZ (2005) Las especies chilenas del género Liolaemus Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae) Taxonomía, sistemática y evolución. Museo Nacional de historia Natural, Chile. Publicación Ocasional 59: 1-486.
PINE RH, SD MILLER & ML SCHAMBERGER (1979) Contributions to the mammalogy of Chile. Mammalia 43: 339-376.
POIANI KA & BD RICHTER (2000) Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad. Documentos de Trabajo para la Ciencia de la Conservación Nº 1. Herdnon, VA: The Nature Conservancy.
QUINTANILLA V (1977) Zonación altitudinal de la vegetación en el norte árido chileno, a la latitud del trópico de Capricornio. Revista de Geografía Norte Grande 5: 17-39
QUINTANILLA V (1988) Fitogeografía y cartografía de la vegetación de Chile árido. Contribuciones Científicas y Tecnológicas, Área Geociencias 82: 1-28.
RAMÍREZ C & M GARDEWEG (1982) Hoja Toconao, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, No. 54, 122 pp.

RAMIREZ C & R WESTERMEIER (1976) Estudio de la vegetación espontánea del Jardín Botánico de la Universidad Austral de Chile (Valdivia), como ejemplo de tabulación fitosociológica. Agro Sur 4(2): 93-105.
RAMIREZ C (1988) Formas de vida, fitoclimas y formaciones vegetales. El Arbol...Nuestro Amigo, Temuco 4: 33-37.
RAMÍREZ G & D PINCHEIRA-DONOSO (2005) Fauna del altiplano y desierto de Atacama. Vertebrados de la provincia de El Loa. Phrynosaura Ediciones. Calama, Chile. 395 pp.
RAU J, C ZULETA, A GANTZ, F SAIZ, A CORTES, L YATES, A SPOTORNO & E COUVE (1998) Biodiversidad de artrópodos y vertebrados terrestres del Norte Grande de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 527-554.
RAU JR, M DELIBES & J F BELTRÁN (1987) Estudio comparado de la dieta de los zorros mediterráneos (Carnivora, Canidae). Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (Chile) 18: 163-168.
RECA A, C UBEDA, D GRIGERA, M BECACECCI, C BERTONATTI, J BIANCHINI, M BOLKOVIC, N BONINO, C BORGHI, E CABEZAS, C CAMPAGNA, H CASTELLO, M COZZUOL, E CRESPO, J CRESPO (1994) Conservación de la fauna de tetrápodos. Un índice para su evaluación. Mastozoología Neotropical 1 (1):17-28.
REDFORD KH & JF EISENBERG (1992) Mammals of the Neotropics. Volume 2, the southern cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, ix + 430 pp.
REIG OA (1981) Teoría del origen y desarrollo de la fauna de mamíferos de América del Sur. Monographiae Naturae 1: 1-162.
REIG OA (1986) Diversity pattern and differentiation of high Andean rodents. In: Vuillemier F & M Monasterio (eds) High altitude tropical biogeography: 404-439. Oxford University Press, New York, New York.
REIG OA (1987) An assessment of the systematics and evolution of the Akodontini, with the description of new fossil species of Akodon (Cricetidae: Sigmodontinae). Pp. 347-399 en Patterson, B. D. & R. M. Timm (Eds.) Studies in neotropical mammalogy: essays in honor of Philip Hershkovitz. Fieldiana: Zoology, New Series 39. vii + 506 pp.
REISE D & W VENEGAS (1987) Catalogue of records, localities and biotopes from research work on small mammals in Chile and Argentina. Gayana, Zool. 51:103-130.
RIDEOUT-CIVITARESE S, MH LEGG & DM ZUEFLE (1997) More thoughts on the differences betwen environmental interpretation and environmental education. Legacy 8(6): 10,28-29.
RIDES (2003) Contribución de los Estudios de Biodiversidad en la Evaluacion Integrada del Salar de Atacama, 79 pp.
RIDGELY RS & G TUDOR (1994) The birds of South America. Vol II the suboscine passerines. University of Texas Press, Austin. USA.
RIEU M (1975) Les formations sédimentaires de la pampa del Tamarugal et le rio Loa. (Ct norte Grande)) du Chili). Cah. ORSTOM, sér. Géol. 7(2) : 145-164.
RISACHER F, H ALONSO & C SALAZAR (1999) Geoquímica de aguas en cuencas cerradas. I, II y III Regiones de Chile. Ministerio de Obras Publicas, Universidad Católica del Norte, Institut de Recherche pour le Développement (Ex Orstom), Dirección General de Aguas. S.I.T. N 51. 89 pp.
ROCHELLE JA (1994) Maintenance of late sucessional ecosystem values in the pacific northwest: evolving methodologies to guide habitat planning and policy making. En VA Sample (ed) Remote sensing and GIS in ecosystem management: 43-47 Island Press, Washington D.C.
ROMERO H (1985) Geografía de climas en geografía de Chile. Ediciones Instituto Geográfico Militar (IGM). Tmo XI. 243 pp.
ROZZI R, JJ ARMESTO, A CORREA, JC TORRES-MURA & M SALLABERRY (1996) Avifauna de bosques primarios templados en islas deshabitadas del Archipiélago de Chiloé, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 69: 125-139.
SALABERRY M, J AGUIRRE & J YÁÑEZ (1992) Adiciones a la lista de aves de Chile: descripción de nuevas especies para el país y otros datos ornitológicos. Noticiero Mensual del Museo de Historia Natural 321: 3-10.

SCHAT H & M SCHOLTEN (1986) Effects of salinity on growth, survival and life of four short-lived pioneers from brackish dune slacks. Acta Oecologica. 7:221-231.
SCHLATTER R & W SIELFELD (2006) Avifauna y mamíferos acuáticos de humedales de Chile. En I Vila, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez eds Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile: 141-187. Editorial Universitária, Santiago de Chile. 188 pp.
SCHLATTER R, J SALAZAR, A VILLA & J MEZA (1991) Demography of black-necked swans, *Cygnus melancoryphus* in three chilean wetland areas. Wildfowl Suppl. 1: 88-94.
SCHMIDT-NIELSEN K (1979) Animal physiology adaptation and environment. Cambridge University Press. Cambridge.
SEPÚLVEDA C (2004) ¿Cuánto hemos avanzado en conservación privada de la biodiversidad?: el aporte de las Áreas Protegidas Privadas en perspectiva. Ambiente y Desarrollo 20(1): 75-79. CIPMA. Santiago.
SERNATUR (2004) Actualización plan maestro turístico" Dirección Regional de Turismo. II Región de Antofagasta. I Etapa. Diagnóstico de la situación actual de la actividad turística. Elaborado por la Universidad Andrés Bello.
SGA-GND (2007) Estudio de impacto ambiental para la perforación geotérmica profunda el Tatio Fase I.
SHUMWAY S & M BERTNESS (1992) Salt stress limitation of seedling recruitment in a saltmarsh plant community. Oecologia 92: 490-497.
SIELFELD W & N AMADO (1994) Nuevos antecedentes sobre la presencia de la tagüita purpúrea (*Porphyrula martinico* Linnaeus, 1776) Gruiforme, Rallidae, en la primera región de Tarapacá, Chile. Boletín Chileno de Ornitología 1:24.
SIELFERLD W, N AMADO, J HERRERO, R PEREDO & A REBOLLEDO (1996) La avifauna del salar de Huasco: primera región, Chile. Boletín Chileno de Ornitología 3: 17-24.
SIMONETTI (1995) Diversidad Biológica: algo más que nombres, algo más que números. En Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds) Diversidad Biologica de Chile. CONICYT
SIMONETTI J & A VELOSO (2003) Contribución de los estudios de biodiversidad en la evaluacion integrada del Salar de Atacama. Programa de Estudios Interdisciplinarios en Biodiversidad/RIDES.
SIMONETTI JZ, & A SPOTORNO (1980) Posición taxonómica de *Phyllotis micropus* (Rodentia: Cricetidae).An. Mus. Hist. Nat. Valparaiso 13 285–297.
SOULÉ ME & KA KOHM (1989) Research Prirorities for Conservation Biology. Island Press. Washington, D. C.
SOUSA W (1984) The role of disturbance in natural comunities. Annual Review of Ecology and Systematics 15: 353-391.
SPELLERBERG IF (1994) Monitoring ecological change. Cambridge University Press, Cambridge.
SPOTORNO A, C ZULETA, A GANTZ, F SAIZ, J RAU, M ROSSEMAN, A CORTES, J RUIZ, L YATES, E COUVE & J MARIN (1998) Sistemática y adaptación de mamíferos, aves e insectos fitófagos en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 71: 501-526.
SPOTORNO A, L WALTER, SV FLORES, M YEVENES, JC MARIN & C ZULETA (2001) Evolución de los filotinos (Rodentia, Muridae) en los Andes del Sur. Revista Chilena de Historia Natural. (47) 1:
SPOTORNO AE & A VELOSO (1990) Flora and fauna of the altiplano. En: R Fernández (ed) Strategies in human adaptation to a rigorous environment: the Aymara: 19-32. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 265 pp.
SPOTORNO AE (1986) Systematics and evolutionary relationships of Andean phyllotine and akodontine rodents. Tesis Doctoral, University of California, Berkeley, California. 219 pp.
SPOTORNO AE, JP VALLADARES, JC MARÍN & H ZEBALLOS (2004b) Molecular diversity among domestic guinea-pigs (*Cavia porcellus*) and their close phylogenetic relationship with the Andean wild species *Cavia tschudii*. Revista Chilena de Historia Natural 77: 243-250.
SPOTORNO AE, JP VALLADARES, JC. MARIN, RE PALMA & C ZULETA (2004) Molecular divergence and phylogenetic relationships of chinchillids (rodentia: chinchillidae). Journal of Mammalogy 85: 384–388.

SPOTORNO AE, LI WALKER & JC MARÍN (2008) Origen, evolución y domesticación de los mamíferos chilenos. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 269-284. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.

SQUEO FA, LA CAVIERES, G ARANCIO, JE NOVOA, O MATTHEI, C MARTICORENA, R RODRIGUEZ, MTK ARROYO & M MUÑOZ (1998) Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 571-591.

STATTERSFIELD AJ, ML CROSBY, AJ LONG, & DC WEGE (1998) Endemic bird areas of the world: priorities for biodiversity conservation. Bird Life Conservation Series N.º 7. Cambridge: Bird Life International.

STEPPAN S (1998) Phylogenetic relationships and species limits within Phyllotis (Rodentia: Sigmodontinae): concordance between mtDNA sequence and morphology. Journal of Mamalogy.

STEUBING L, R GODOY & M ALBERDI (2001) Métodos de Ecología Vegetal. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 345 pp.

STORK NE & MJ SAMWAYS (1995) Inventorying and Monitoring. En Global Biodiversity Assessment (ed. Heywood, V.H.), pp. 453-544, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

TEILLIER S & P BECERRA (2003) Flora y vegetación del salar de Ascotán, Andes del Norte de Chile. Gayana Bot. 60(2): 114-122.

TEILLIER S (2000) Flora del salar de Ascotán, Región de Antofagasta (II Región), Chile. Chloris Chilensis Año 3 N° 1. URL: http://www.chlorischile.cl

TEILLIER S (2004) La vegetación de la cuenca media-alta del río Loa (3100-4150 msnm). Región de Antofagasta (II), Chile. Chloris Chilensis Año 7 N° 2. URL: http://www.chlorischile.cl

TORRES-MURA JC, M LEMUS & C GARIN (2003) Registro del turpial norteño, *Icterus galbula* (Aves: Icteridae) em Calama, II región, Chile. Noticiero Mensual del Museo de Historia Natural 351: 9-12.

TREVIZAN J, L BARRIOS, C FONFACH & R ROJAS (2001) Caracterización y delimitación del Oasis de Calama, Provincia del Loa, Región de Antofagasta. JJ Consultores Asociados. 57 pp.

UICN (2007) IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org

UNEP (1992) Convention on biological diversity. United Nations Environmental Program, Environmental Law and Institutions Program Activity Centre. Nairobi, Kenia.

USHER M (1995) Scientific requirements of a monitoring program. En FB Goldsmith (ed) Monitoring for conservation and ecology: 15-32. Chapman & Hall, London.

VALENZUELA R (1994) Diagnóstico preliminar del ordenamiento jurídico vigente, en lo que se refiere a la protección de la diversidad biológica. Contrato N° 01-0007-001 preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile. 47 pp.

VALLADARES J, R ETHERIDGE, J SCHULTE, G MANRIQUEZ & A SPOTORNO (2002) Nueva especie de lagartija del norte de Chile, Liolaemus molinai (Reptilia: Liolaeminae). Revista Chilena de Hitoria Natural. 75:473-489.

VAN ANDEL J & JP VAN DEN VERGH (1987) Disturbance of grasslands. Outline of the theme. In: J Van Andel, JP Bakker & RW Snaydon (eds) Disturbance in grasslands, causes, effects and processes. Geobotany 10, Junk, Dordrecht, 3-13.

VELLARD J (1951) Estudios sobre batracios andinos. I- El grupo *Telmatobius* y formas afines (Estudios sobre batracios andinos). Mem Mus Hist Nat Jav Prado 1: 1-90.

VELOSO A & J NAVARRO (1988) Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Boll. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino 6: 481-539.

VELOSO A & L TRUEB (1976) Description of a new species of Telmatobiine frog, *Telmatobius* (Amphibia: Leptodactylidae), from the Andes of northern Chile. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 62: 1-10.

VELOSO A (2006) Batracios de las cuencas hidrográficas de Chile: origen, diversidad y estado de conservación. Pp. 103-140 En: Vila I, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez (Eds) (2006) Macrofitas y Vertebrados de los sistemas limnicos de Chile.

VELOSO A, JC ORTIZ, J NAVARRO, H NÚÑEZ, P ESPEJO & MA LABRA (1995) Reptiles. Pp. 326-335 en Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (Eds.) Diversidad biológica de Chile. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Santiago. xii + 364 pp.

VELOSO A, M SALLABERRY, J NAVARRO, P ITURRA, J VALENCIA, M PENNA & N DÍAZ (1982) Contribución al conocimiento de la herpetofauna del extremo norte de Chile. Pp. 135-268 en Veloso, A. & E. Bustos-Obregón (Eds.) El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del norte grande de Chile (Arica, Lat. 18° 28'S). Volumen I, Proyecto MAB-6, UNEP-UNESCO 1105-77-01, ROSTLAC, Montevideo.

VIDAL M (2004) Reptiles terrestres de Chile. Guías de Identificación y Biodiversidad Fauna Chilena. Apuntes de Zoología, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. 15 pp.

VILLAGRÁN C & V CASTRO (1999) Etnobotánica y manejo ganadero de las vegas, bofedales y quebradas en el Loa Superior, Andes de Antofagasta, Norte de Chile. Chungará 29 (2): 275-304.

VILLAGRÁN C, J ARMESTO & MTK ARROYO (1981) Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro Leon in northern Chile. Vegetatio 48: 3-16.

VILLAGRÁN C, MTK ARROYO & C MARTICORENA (1983) Efectos de la desertización en la distribución de la flora andina de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 56(2): 137-157.

VILLAGRÁN C,MTK ARROYO & J ARMESTO (1982) La vegetación de un transecto altitudinal de los Andes del norte de Chile (18-19º S). En: El ambiente natural y las poblaciones humanas de Los Andes del Norte Grande de Chile (Arica, lat. 18º28' S) (Veloso, A. y E. Bustos, eds.), Vol. 1, pp. 13-70. UNESCO, Montevideo, UY.

VUILLEUMIER F (1997) An overview of field guides to neotropical birds with remarks on their role in the development of neotropical ornithology. Ornitología Neotropical 8: 195-236.

WALKER LI, M ROJAS, S FLORES, AE SPOTORNO & G MANRÍQUEZ (1999) Genomic compatibility between two phyllotine rodent species evaluated through their hybrids. Hereditas 131: 227-238.

WHITTAKER RH (1972) Evolution and measurement of species diversity. Taxon 21 (2/3): 213-251.

WHITTAKER RH (1975) Communities and Ecosystems, segunda edición. Nueva York: Macmillan.

WIKUM D & GF SHANHOLTZER (1978) Application of the Braun-Blanquet cover – abundance scale for vegetation analysis in land development studies. Environmental Management 2(4): 323-329

WING, E. 1986. Domestication of Andean Mammals. Pp: 246-264, en: Vuilleumier, F. & M. Monasterio (Eds). High Altitude Tropical Biogeography. Oxford University Press. 649 pp.

YÁÑEZ J & A MUÑOZ-PEDREROS (2008) Mamíferos vivientes de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez (eds) Mamíferos de Chile, segunda edición. CEA Ediciones. 573 pp.

YÁÑEZ JL & H NÚÑEZ (1983) *Liolaemus fabiani*, a new species of lizard from northern Chile (Reptilia: Iguanidae). Copeia 1983: 788-790.

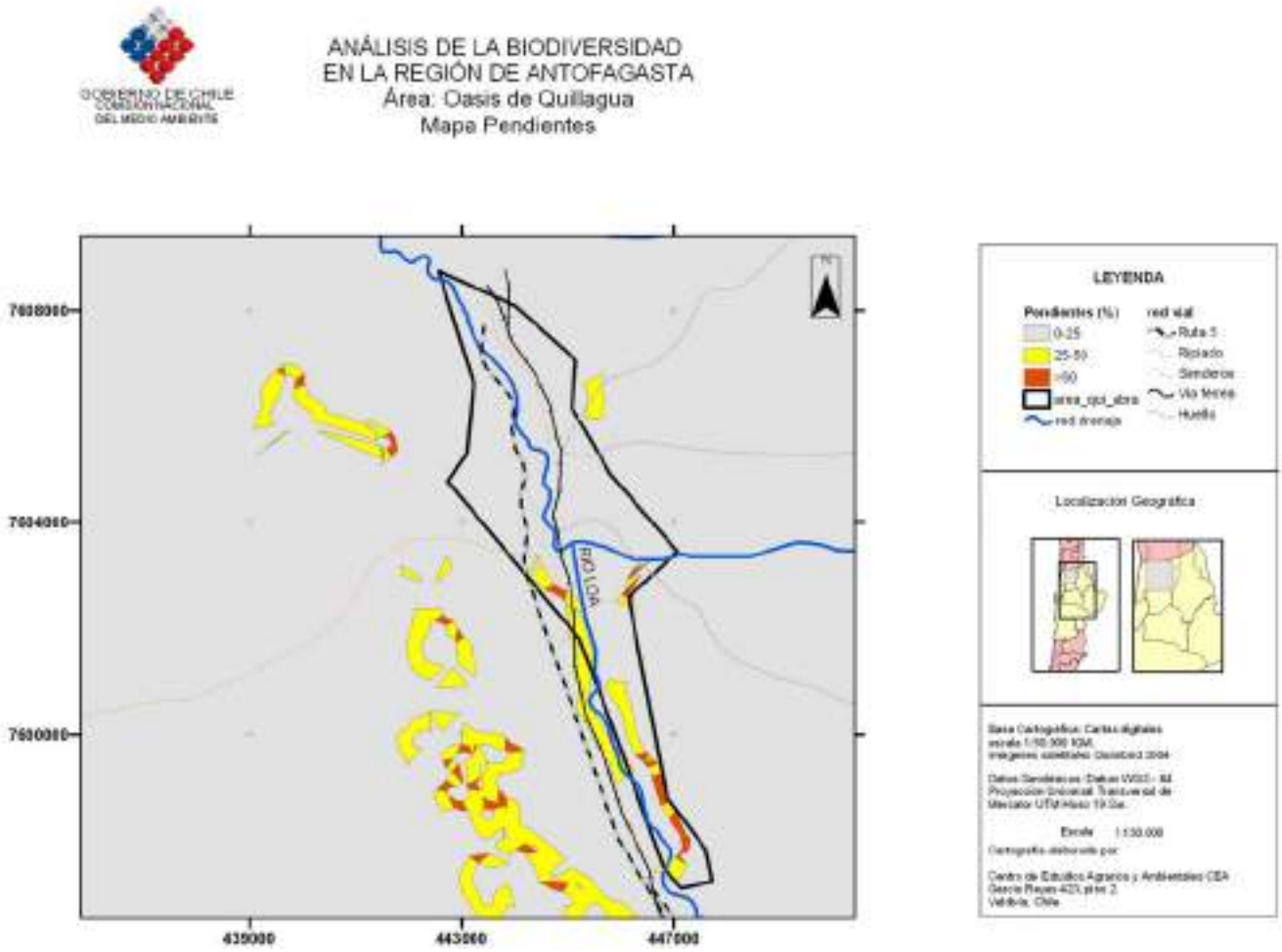
ZINZMEISTER W (1978) Effect of the west Antarctic ice sheet on shallow-water marine fauna of Chile. Antarctic Journal 13: 25-26.

ANEXOS

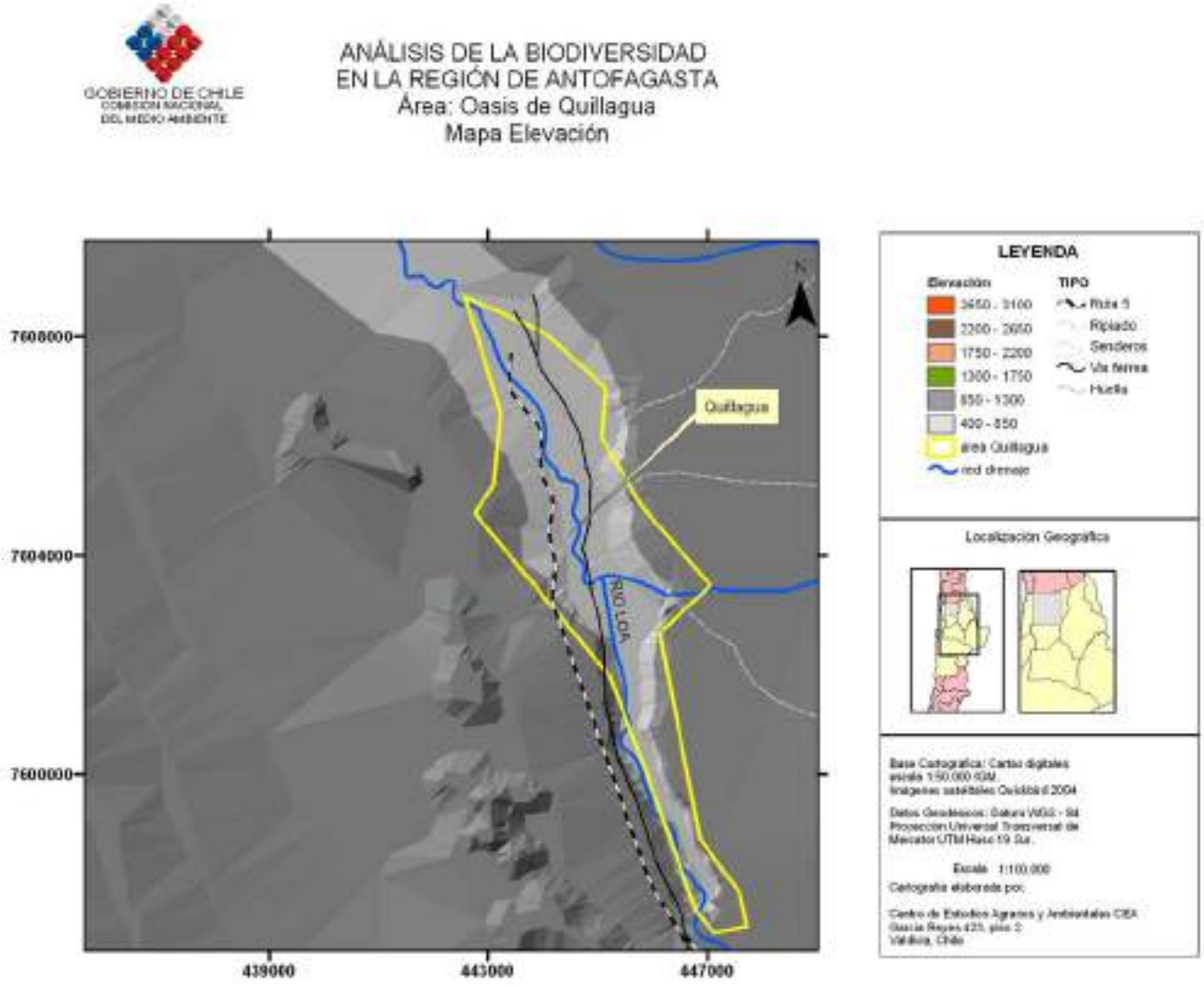
ANEXOS

ANEXOS CAPÍTULO II

ANEXO 2-1. MAPA DE PENDIENTES PARA EL VALLE DE QUILLAGUA.

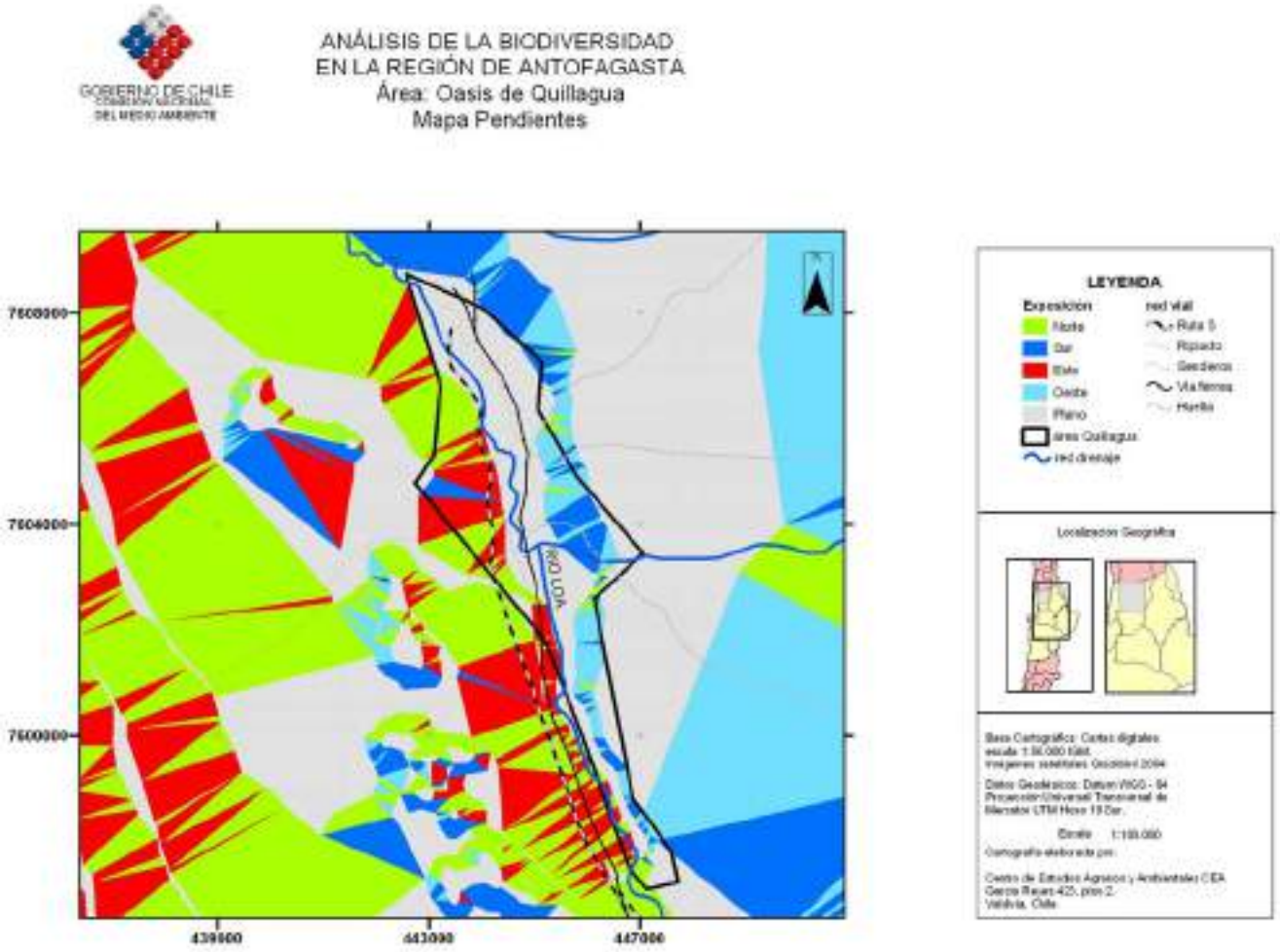


ANEXO 2-2. MAPA DE ELEVACIÓN PARA EL VALLE DE QUILLAGUA.

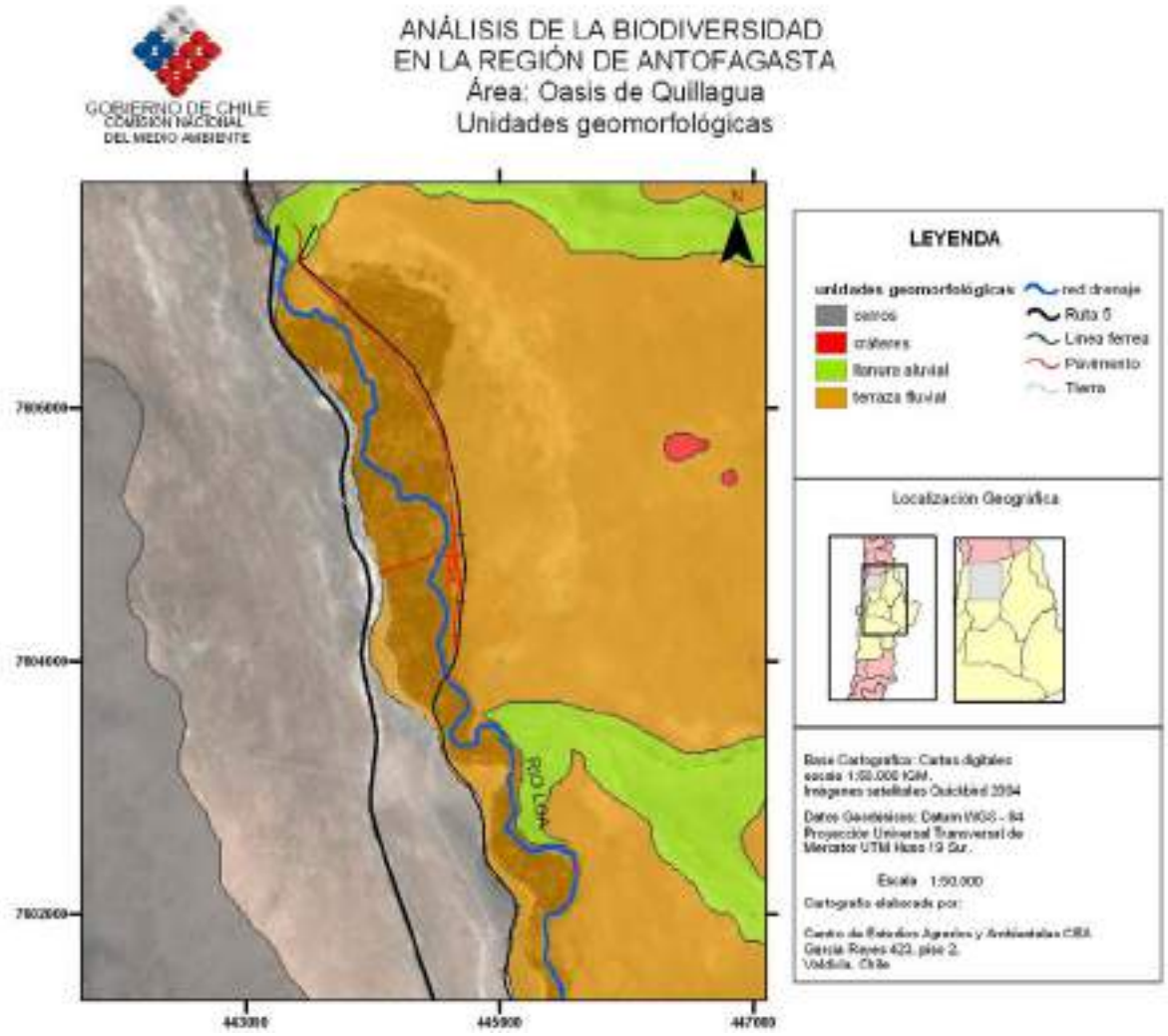


Folio006613

ANEXO 2-3. MAPA EXPOSICIÓN PARA EL VALLE DE QUILLAGUA.



ANEXO 2-4. GEOMORFOLOGIA DEL VALLE DE QUILLAGUA.



ANEXOS CAPÍTULO IV

ANEXO 4-1. INVENTARIO FLORÍSTICO DE CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

ESPECIES	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS DE CALAMA	VOLCAN LICANCABUR	LAGUNA LEJÍA	GÉISERS EL TATIO
Algae					
Chara sp.	X	X			
Cladophora sp.	X	X			
Nostoc sp		X			
Spirogyra sp.	X	X			
Stygeoclonium sp.	X	X			
Pteridophyta (Filicopsida)					
Azolla filiculoides Lam.	X	X			X
Notholaena nivea (Poiret) Desv.			X		
Pinophyta (Gnetopsida)					
Ephedra breana Phil.			X		X
Ephedra multiflora Phil. ex Stapf			X		X
Ephedra rupestris Benth.					X
Angiospermae (Magnoliophyta)					
Dicotyledoneae (Magnoliopsida)					
Acacia macracantha Humb. & Bonpl.ex Willd.	X	X			
Acantholippia punensis Botta			X		
Adesmia aphylla Clos			X		
Adesmia atacamensis Phil.			X		X
Adesmia echinus K. Presl			X		
Adesmia kingii Phil.			X		
Adesmia melanthes Phil.			X		
Adesmia polyphylla Phil.			X		X
Adesmia sp.			X		
Adesmia spinosissima Meyen ex Vogel					X
Adesmia subterranea Clos			X	X	
Ambrosia artemisioides Meyen et Walp.			X		
Arenaria rivularis Phil.				X	X
Astragalus sp			X		X
Atriplex atacamensis Phil.	X	X			
Atriplex imbricata (Moq.) Dietr.			X		
Atriplex semibaccata R. Br.		X			
Azorella compacta Phil.					X
Azorella cryptantha (Clos) Reiche			X		
Baccharis boliviensis (Wedd.) Cabr.			X		X
Baccharis incarum Wedd.			X		X
Baccharis juncea (Cass.) Desf.	X	X			X
Baccharis petiolata DC.	X	X	X		
Belloa virescens (Wedd.) Cabrera					X

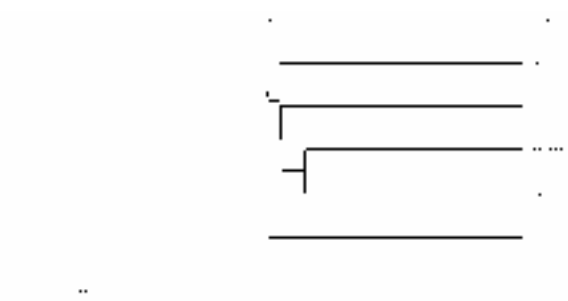
Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze		X			
Cajophora superba Phil.					X
Calandrinia occulta Phil.				X	
Calandrinia salsoloides (Barnéoud) Carolin ex Hershk.	X		X		
Calceolaria stellariifolia Phil.				X	X
Chaetanthera dioica (Remy) B.L. Rob.			X		X
Chaetanthera revoluta (Phil.) Cabr.			X	X	X
Chenopodium petiolare H.B.K.			X		
Chenopodium sp.		X			
Chuquiraga atacamensis O.K.			X		X
*Cistanthe salsoloides (*Barnéoud) Carolin ex Hershk.		X			
Cotula mexicana (DC.) Cabr.					X
Cumulopuntia hystrix F.Ritter			X		
Diplostephium meyenii Wedd.			X		X
Erigeron andicola DC.			X		X
Erigeron senecioides Weed.		X			
Fabiana densa Remy var. ramulosa			X		X
Fabiana denudata Miers			X		X
Fabiana squamata Phil.			X		
Geoffroea decorticans (Guillies ex Hook. & Arn.) Burkart	X				
Gnaphalium sp.			X		X
Haplopappus rigidus Phil.			X		
Heliotropium curassavicum L.	X	X			
Hoffmanseggia sp.			X		
Hypochaeris taraxacoides (Walp.) Benth. et Hooker					X
Junellia minima (Meyen) Mold.					X
Junellia seriphioides (Gill. et Hook.) Mold.			X		X
Junellia tridactyla (Phil.) Mold.				X	X
Krameria lappacea (Dombey) Burdet & B.B. Simpson			X		
Lampaya sp.			X		
Lenzia chamaepitys Phil.				X	X
Lilaeopsis macloviana (Gand.) A.W. Hill					X
Limosella australis R. Br.			X		
Lobivia formosa (Pfeiff.) Dodds					X
Lucilia sp					X
Lupinus oreophilus Phil.			X		
Lycium humile Phil.					X
Lycopersicon chilense Dunal			X		
Lythrum sp		X			
Malesherbia sp.	X				
Medicago sativa L.	X	X			
Menonvillea sp.			X	X	
Mimulus glabratus H.B.K. var. *glabratus*					X
Moschopsis monocephala (Phil.) Reiche			X	X	
Mulinum crassifolium Phil.			X	X	X
Mutisia lanigera Wedd.					X

Myriophyllum quitense H.B.K.					X
Neuontobothrys linifolius (Phil.) O.E. Schulz			X		
Nototriche argentea A.W. Hill					X
Nototriche auricoma (Phil.) A.W. Hill			X	X	
Nototriche cfr. *pulvinata*			X		
Nototriche sp.				X	
Nototriche sp.1				X	
Opuntia conoidea (Back.) A. Hoffmann			X		X
Opuntia ignescens Vaupel			X		X
Opuntia sp					X
Oreocereus leucotrichus (R.Phil.) Wagenkn.					X
Oxalis erythrorrhiza Gill. ex H. et A.				X	
Oxalis pycnophylla Wedd.					X
Parastrephia lucida (Meyen) Cabr.					X
Parastrephia phylicaeformis (Meyen) Cabr.			X		X
Parastrephia quadrangularis (Meyen) Cabr.			X		X
Parastrephia teretiuscula (O.K.) Cabr.			X		
Perezia atacamensis (Phil.) Reiche			X	X	X
Perezia pygmaea Wedd.			X		X
Polyachyrus carduoides Phil.			X		
Prosopis alba Griseb.	X	X			
Prosopis chilensis Stuntz	X	X			
Prosopis tamarugo Phil.	X				
Pycnophyllum bryoides (Phil.) Rohrb.			X	X	X
Pycnophyllum macropetalum Mattf.			X	X	X
Pycnophyllum molle Remy					X
Reicheella andicola (Phil.) Pax					X
Satureja parvifolia (Phil.) Epling					X
Schinus molle L.		X			
Senecio adenophyllus Meyen ex Walp.			X		
Senecio atacamensis Phil.			X		
Senecio cfr. *algens*			X		
Senecio cfr. *socompae*			X		
Senecio graveolens Wedd.			X		
Senecio puchii Phil.			X	X	X
Senecio rosmarinus Phil. var. *rosmarinus*			X		X
Senecio sp		X			
Sisymbrium amplexicaule A. Gray			X		
Sisymbrium sp					X
Solanum furcatum Dunal ex Poir. var. *furcatum*			X		
Solanum sp.		X			
Tagetes multiflora H.B.K.			X		X
Tarasa operculata (Cav.) Kapov.			X		
Tephrocactus atacamensis (Phil.) F. Ritter			X		
Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) H.Rob. & Cuatrec.	X	X			X
Tiquilia sp.			X		

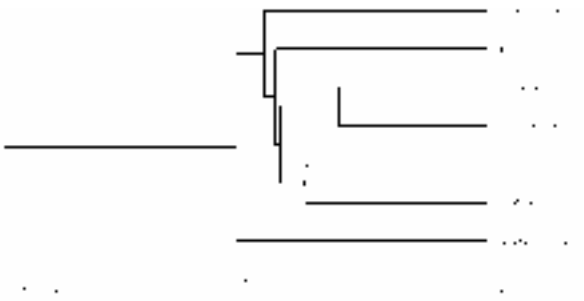
Trichocereus atacamensis (Phil.) Backeb			X		X
Trichocline caulescens Phil.			X		
Urbania pappigera Phil.			X	X	X
Urtica trichantha (Wedd.) Acev. ex L.E. Navas					X
Valeriana nivalis Wedd.			X		
Valeriana urbanii Phil.					X
Werneria aretioides Wedd.			X		
Werneria denticulata Blake			X		X
Werneria glaberrima Phil.					X
Werneria incisa Phil.				X	
Werneria pinnatifida J. Rémy					X
Werneria poposa Phil.			X		
Monocotyledoneae (Liliopsida)					
Aristida adscensionis L.			X		X
Aristida asplundii Henrard.			X		
Arundo donax	X				
Carex gayana Desv.					X
Carex maritima Gunn. var. Misera				X	
Cortaderia atacamensis (Phil.) Pilger		X	X		X
Cyperus sp					X
Deyeuxia antoniana (Griseb.) Parodi				X	X
Deyeuxia breviaristata Wedd.					X
Deyeuxia cabrerae (Parodi) Parodi				X	X
Deyeuxia chrysantha J. Presl					X
Deyeuxia crispa Rugolo et Villav.			X		
Deyeuxia curvula Wedd.					X
Deyeuxia deserticola Phil.			X		
Deyeuxia eminens J. Presl					X
Deyeuxia sp.			X		X
Deyeuxia velutina Nees et Meyen					X
Dielsiochloa floribunda (Pilger) Pilger			X		X
Distichlis humilis Phil.			X		
Distichlis spicata (L.) Greene	X	X			X
Festuca chrysophylla Phil.			X	X	X
Festuca deserticola Phil.					X
Festuca hypsophila Phil.					X
Festuca orthophylla Pilger			X		X
Festuca sp.			X	X	
Hordeum chilense Roem. & Schult.	X				
Hordeum sp.				X	
Juncus acutus L.		X			
Juncus articus Willd.		X			X
Juncus dombeyanus J.Gay ex Laharpe		X			
Lemna minor L.					X
Myriophyllum quitense H.B.K.		X			
Oxychloe andina Phil.					X

Phragmites australis (Cav.) Trin. Ex Steud.	X	X			
Poa sp.		X			
Polypogon australis Brongn.			X		X
Polypogon monspeliensis (L.) Desf.		X			
Potamogeton strictus Phil. ENDEMICA		X			
Puccinellia frigida (Phil.) I. M. Johnst.				X	
Puccinellia sp					X
Ruppia maritima L.	X	X			
Scirpus americanus Pers.	X	X			
Stipa bomanii Haum.			X		
Stipa chrysophylla Desv.			X		
Stipa frigida Phil.			X	X	
Stipa nardoides (Phil.) Hackel ex Hitchc.			X	X	X
Stipa speciosa Trin. et Rupr.			X		
Stipa venusta Phil.			X		X
Zameioscirpus atacamensis (Phil.) Dhooge & Goetgh.					X
Zea mays L.		X			
TOTAL ESPECIES	24	37	93	29	92

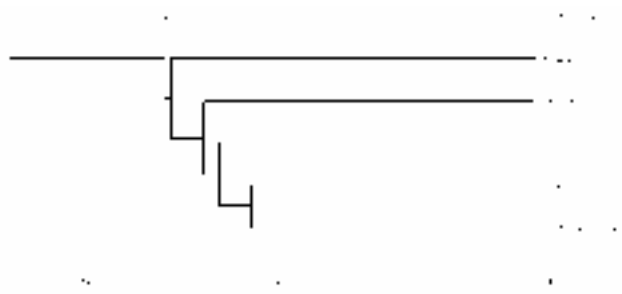
ANEXO 4-2. SIMILITUD ENTRE DIFERENTES ESTACIONES EN LA PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.



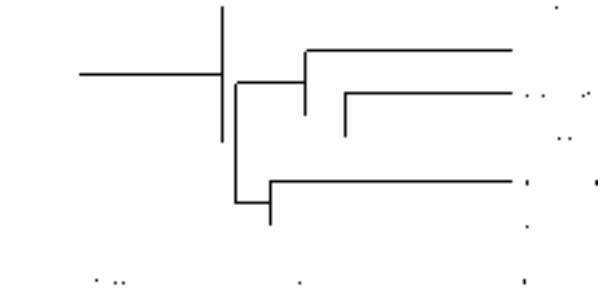
Valle de Quillagua



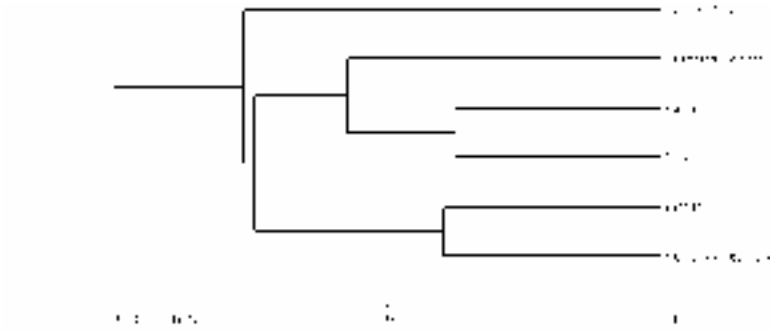
Oasis de Calama



Laguna Lejía



Volcán Licancabur



Geisers del Tatio

ANEXO 4-3. MAMÍFEROS PRESENTES EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. EC= estado de conservación. 1= Ley de Caza, 2= Glade (1993), 3= UICN (2007), 4= Cofré & Marquet (1998).

	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa sub desértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
ÁREAS		Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur, Tatio	Licancabur, Tatio	Tatio	Tatio
MAMÍFEROS													
Myotis atacamensis	V[3]	x											
Chaetophractus nationi	P[1]									x	x		
Akodon albiventer									x	x	x		
Abrothrix olivaceus		x		x									
Abrocoma cinerea							x	x		x	x	x	x
Abrothrix andinus							x			x	x	x	
Eligmodontia puerulus	LR/lc[3]									x	x		
Phyllotis rupestris				x						x	x		
Phyllotis magister	NP[4]			x			x	x	x	x	x	x	x
Auliscomis sublimis												x	x
Lagidium viscacia	P[1]						x			x	x		
Chinchilla brevicaudata							x						
Ctenomys fulvus	V[1]					x			x	x	x		
Ctenomys opimus										x	x		
Rattus norvergicus				x									
Rattus rattus		x	x	x	x								
Mus musculus		x	x	x	x								
Lycalopex culpaeus	I[1]			x		x		x	x	x	x	x	x
Lycalopex griseus				x									
Leopardus colocolo	P[1]							x	x				
Vicugna vicugna	P[1]						x			x	x	x	x
Lama glama							x					x	
Lama guanicoe									x				
Equus asinus									x			x	
Oryctolagus cuniculus				x	x								

ANEXO 4-4. AVES PRESENTES EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. EC= estado de conservación. 1= Ley de Caza, 2= Glade (1993), 3= UICN (2007).

ESPECIE	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa altoandina subdesértica de la puna de Atacama	Humedales ripariano del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
		Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur, Tatio	Licancabur, Tatio	Tatio	Tatio
Agriornis andicola	V[3]									x	x	x	
Agriornis montana				x	x								
Anas cyanoptera		x		x									
Anas flavirostris		x		x				x				x	
Anas georgica		x		x				x	x			x	
Anas puna												x	
Asthenes modesta							x			x	x	x	
Athene cunicularia				x									
Attagis gayi	R[1]					x							
Bolborhynchus aurifrons							x						
Bubo magellanicus				x	x								
Buteo polyosoma		x		x						x	x	x	
Calidris bairdii						x						x	
Calidris minutilla		x											
Carduelis atrata							x	x		x	x	x	
Charadrius alticola						x							
Chloephaga melanoptera	V[1]					x						x	
Chordeiles acutipennis		x		x									
Cinclodes atacamensis								x				x	
Cinclodes fuscus				x									
Circus cinereus				x	x								
Columba livia				x	x								
Conirostrum cinereum			X										
Conirostrum tamarugense			X										
Dendrocygna viduata				x									
Egretta caerulea				x									
Falco femoralis		x		x						x	x	x	

Falco peregrinus	V[1]			x	x								
Falco sparverius				x	x								
Fulica ardesiaca		x		x									
Fulica gigantea	V[1]											x	
Gallinago andina												x	
Geositta cunicularia						x							
Geositta punensis						x	x						
Geranoaetus melanoleucus				x	x								
Icterus galbula				x									
Larus modestus	V[1]	x											
Larus serranus	V[1]					x						x	
Leptasthenura aegithaloides				x				x				x	
Lessonia oreas								x				x	
Lophonetta specularioides						x						x	
Metriopelia melanoptera				x					x	x	x	x	
Metropelia aymara										x	x	x	x
Muscisaxicola flavinucha						x				x	x	x	
Muscisaxicola frontalis						x	x						
Muscisaxicola maclovianus		x	X										
Muscisaxicola maculirostris		x	X	x						x	x		
Muscisaxicola rufivertex				x		x	x		x	x	x	x	x
Nycticorax nycticorax				x									
Oreotrochilus estella							x						
Oreotrochilus sp.										x	x		
Pardillarus sanguinolentus		x		x									
Passer domesticus		x	X	x									
Petrochelidon pyrrhonota				x									
Steganopus tricolor				x		x							
Phalcoboenus megalopterus				x			x			x	x	x	
Phleocryptes melanops		x		x									
Phoenicoparrus andinus	V[1]					x						x	
Phoenicoparrus jamesi	V[2]					x							
Phoenicopterus chilensis	V[3]					x						x	
Phrygilus atriceps							x	x	x	x	x	x	
Phrygilus dorsalis										x	x	x	x
Phrygilus fruticeti				x				x					

Phrygilus gay				x									
Phrygilus plebejus						x	x	x		x	x		
Phrygilus unicolor							x			x	x		
Pterocnemia pennata	P[1]						x						x
Pygochelidon cyanoleuca		x		x				x				x	
Riparia riparia				x									
Sicalis auriventris						x	x	x	x	x	x		
Sicalis olivascens						x	x						
Sicalis uropygialis						x	x						
Tachuris rubrigastra		x		x									
Thinocorus orbignyianus												x	
Tinamotis pentlandii	V[1]									x	x		x
Tringa flavipes												x	
Troglodytes aedon		x	X	x	x			x					
Turdus chiguanco								x					
Tyrannus savana		x											
Tyrannus tyrannus				x									
Tyto alba				x	x								
Upucerthia dumetaria			X	x	x		x						
Upucerthia ruficaudus							x			x	x		
Vultur gryphus	V[1]									x	x	x	x
Zenaida auriculata			X	x	x								
Zenaida meloda				x									
Zonotrichia capensis		x	X	x	x			x					

ANEXO 4-5. HERPETOFAUNA PRESENTE EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. E= Especie endémica; EC= estado de conservación. 1= Ley de Caza, 2= UICN (2007), 3= Veloso (2006).

ESPECIE	E	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa altoandina subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
ÁREAS			Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur Tatio	Licancabur Tatio	Tatio	Tatio
Liolaemus andinus								x		x	x	x	x	
Liolaemus erguetae											x	x		
Liolaemus barbarae	E										x	x		
Liolaemus constanzae		R[1]							x	x	x	x		
Liolaemus fabiani	E	R[1]								x				
Liolaemus hajeki	E													x
Liolaemus paulinae	E	R[1]			x									
Liolaemus puritamensis	E							X			x	x		
Microlophus theresioides	E	R[1]	x	X	x	x								
Phrinosaura audivelata	E	R[1]								x				
Phrynosaura torresi	E				x									
Phyllodactylus gerrhopygus					x									
Tachymenis peruviana										x	x	x		
Bufo spinulosus		V[1]							x				x	
Telmatobius dankoi	E	I[3]			x									
Telmatobius vilamensis	E	DD[2]							x					

ANEXO 4-6. CATÁLOGO DE VERTEBRADOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO VALLE DE QUILLAGUA. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. O= ORIGEN N= NATIVO, I= INTRODUCIDO, E= ERRANTE, EC= ESTADO DE CONSERVACIÓN, VU= VULNERABLE, R= RARA.

ORDEN	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	O	EC
MAMIFEROS				
CHIROPTERA	*Myotis atacamensis*	Murciélago oreja de ratón	N	
RODENTIA	*Abrothrix olivaceus*	Laucha olivácea	N	
	Rattus rattus	Rata negra	I	
	Mus musculus	Laucha	I	
AVES				
ANSERIFORMES	*Anas flavirostris*	Pato jergón chico	N	
	Anas georgica	Pato jergón grande	N	
	Anas cyanoptera	Pato colorado	N	
FALCONIFORMES	*Buteo polyosoma*	Aguilucho	N	
	Falco femoralis	Halcón perdiguero	N	
GRUIFORMES	*Fulica ardesiaca*	Tagua andina	N	
	Pardirallus sanguinolentus	pidén	N	
CHARADRIFORMES	*Calidris minutilla*	playero enano	N	
	Larus modestus	Gaviota garuma	N	VU
	Zenaida auriculata	Tórtola	N	
CAPRIMULGIFORMES	*Chordeiles acutipennis*	Gallina ciega peruana	N	
PASSERIFORMES	*Upucerthia dumetaria*	Bandurrilla	N	
	Phleocryptes melanops	Trabajador	N	
	Muscisaxicola macloviana	Dormilona tontita	N	
	Muscisaxicola maculirostris	Dormilona chica	N	
	Tyrannus savana	Cazamoscas tijereta	E	
	Tachuris rubrigastra rubrigastra	Siete colores del norte	N	
	Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina dorso negro	N	
	Troglodytes aedon	Chercán	N	
	Conirostrum tamarugense	Comesebo del Tamarugal	N	
	Conirostrum cinereum	Comesebo chico	N	
	Zonotrichia capensis	Chincol	N	
	Passer domesticus	Gorrión	I	
REPTILES				
SQUAMATA	*Microlophus theriesiodes*	Corredor de Tereza	N	R

Folio006627

ANEXOS CAPÍTULO VI

ANEXO 6-1. BASE DE DATOS TABULADOS PARA LOS VALORES DE CALIDAD VISUAL DE LAS UP REGISTRADAS EN EL ÁREA, SEGÚN EL MÉTODO DE MUÑOZ-PEDREROS ET AL. (1993). N= NÚMERO IDENTIFICADOR DE LAS IMÁGENES O PAISAJES, G1= EVALUACIÓN DEL GRUPO DE EXIGENTES, G2= EVALUACIÓN DEL GRUPO TRANSFORMADOR DEL PAISAJE, G3= EVALUACIÓN DEL GRUPO CONTROL, X1= VALOR PROMEDIO QUE CADA GRUPO EVALUADOR LE ASIGNO A CADA PAISAJE, X2= VALOR PROMEDIO QUE CADA GRUPO LE ASIGNO A LA UP, X3= VALOR PROMEDIO DE CADA PAISAJE, X4= VALOR PROMEDIO DE LA UP, DE= DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

	GRUPO 1								GRUPO 2								GRUPO 3										
UP	1	2	3	4	5	X1	X2	DE	1	2	3	4	5	X1	X2	DE	1	2	3	4	5	X1	X2	DE	X 3	X4	DE
Cascada quebrada río Loa	22	22	15	18	3	16	16	0,3	13	22	15	16	21	17	18	0,4	22	24	23	16	24	22	18	4,8	18	17	1,4
Cascada quebrada río Loa	13	20	17	16	16	16			22	23	9	16	20	18			18	17	10	15	15	15			16		
Quebrada con vegetación	7	20	20	9	16	14	14	0,4	6	6	13	12	17	11	15	3,9	16	9	17	15	15	14	16	1,2	13	15	1,6
Quebrada con vegetación	11	13	21	12	11	14			19	18	7	23	15	16			16	18	17	16	13	16			15		
Quebrada con vegetación	13	13	18	12	15	14			24	17	9	23	18	18			16	23	18	12	15	17			16		
Construcción muralla quebrada	3	4	6	10	8	6	9	3,3	16	7	5	13	3	9	11	3,6	5	5	15	15	6	9	11	2,8	8	10	2,5
Muralla quebrada	3	16	7	9	10	9			23	5	8	16	23	15				12	9	9	10	10			11		
Construcción	9	3	12	7	6	7			6	7	5	7	4	6			11	6	10	4	5	7			7		
Construcción	13	15	15	15	19	15			10	19	15	11	16	14			10	15	7	13	12	11			14		
Construcción	7	6	9	5	9	7			23	15	5	11	8	12			4	20	16	6	6	10			10		
Construcción	12	5	12	10	10	10			6	10	6	10	10	8			20	23	15	10	10	16			11		
Pradera de brea con basura	9	1	5	1	3	4	5	1,5	3	3	2	6	2	3	5	2,3	3	3	1	6	5	4	6	2,5	4	5	2,0
Pradera de brea con basura	7	2	2	2	2	3			3	3	1	3	3	3			2	3	1	3	4	3			3		
Pradera de brea con basura	9	6	7	7	6	7			6	9	7	12	4	8			5	10	6	10	10	8			8		
Pradera de brea con basura	10	5	8	5	6	7			6	9	9	10	2	7			4	7	6	10	9	7			7		
Pradera de brea con basura	9	3	2	3	10	5			7	10	5	12	5	8			2	16	20	5	5	10			8		
Pradera de brea con basura	7	3	3	2	4	4			3	3	5	6	3	4			3	5	4	10	10	6			5		
Pradera de brea con basura	8	3	5	5	4	5			3	3	5	5	2	4			3	5	4	10	10	6			5		
Planicie desierto con basura	10	3	3	3	3	4	5	1,8	3	3	3	6	2	3	5	2,9	3	5	3	5	5	4	5	2,8	4	5	2,1
Planicie desierto con basura	7	3	4	3	3	4			5	3	3	7	2	4			3	6	6	2	5	4			4		
Planicie desierto con basura	6	2	1	3	4	3			3	3	3	6	3	4			1	3	5	2	3	3			3		
Planicie desierto con basura	4	3	5	3	6	4			4	3	1	6	2	3			2	5	2	10	3	4			4		
Planicie desierto con basura	5	3	2	3	3	3			4	2	1	7	2	3			2	3	3	1	2	2			3		
Planicie desierto con basura	6	4	8	2	3	5			3	2	3	5	2	3			2	2	2	3	2	2			3		

Planicie desierto con basura	4	3	3	3	5	4			13	3	6	5	2	6			16	15	18	3	4	11			7		
Planicie desierto con basura	4	2	2	2	4	3			2	2	3	4	2	3			2	3	10	3	3	4			3		
Planicie desierto con basura	7	5	9	5	11	7			1	18	11	15	12	11			2	2	2	13	15	7			9		
Planicie desierto con basura	11	5	12	5	7	8			15	10	5	10	3	9			8	10	10	4	5	7			8		
Cerro desierto con basura	10	3	2	2	4	4	4	0,0	1	3	1	6	12	5	5	0,0	3	3	10	1	2	4	4	0,0	4	4	0,0
Quebrada río Loa vegetación riparia	13	23	16	7	17	15	13	2,8	23	18	13	23	5	16	15	2,1	23	16	16	3	15	15	14	3,3	15	14	2,1
Quebrada río Loa vegetación riparia	14	23	17	10	11	15			16	18	14	17	15	16			15	18	13	16	15	15			15		
Quebrada río Loa vegetación riparia	14	18	21	18	13	17			24	18	7	25	8	16			23	21	17	16	18	19			17		
Quebrada río Loa vegetación riparia	3	24	13	5	11	11			24	24	16	21	9	19			19	20	22	20	18	20			17		
Quebrada río Loa vegetación riparia	7	23	18	13	19	16			16	23	9	21	22	18			6	7	18	16	17	13			16		
Quebrada río Loa vegetación riparia	10	18	11	15	10	13			16	10		20	23	17			5	12	9	10	15	10			13		
Quebrada río Loa vegetación riparia	16	15	17	1	9	12			3	23	17	13	14	14			6	7	5	14	15	9			12		
Quebrada río Loa vegetación riparia	12	5	6	3	11	7			23	18	11	10	5	13			18	24	22	11	11	17			13		
Quebrada río Loa vegetación riparia	7	10	14	5	11	9			11	13	11	12	13	12			7	15	10	13	14	12			11		
Quebrada río Loa vegetación riparia	15		15	16	15	15			16	18	10	15	17	15			16	16	8	14	14	14			15		
Quebrada río Loa vegetación riparia	13		16	16	10	14			24	10	9	15	17	15			23	18	16	14	14	17			15		
Quebrada río Loa vegetación riparia	6	18	11	7	11	11			5	15	15	15	12	12			6	10	10	12	13	10			11		
Quebrada río Loa vegetación riparia	8	15	11	11	10	11			21	14	5	14	13	13			5	18	16	15	13	13			13		
Quebrada río Loa vegetación riparia	9	20	16	2	9	11			23	3	14	16	18	15			10	16	11	14	13	13			13		
Laguna vegetación palustre	15	24	23	15	14	18	18	0,0	17	24	20	23	17	20	20	0,0	16	16	14	16	17	16	16	0,0	18	18	0,0
Quebrada desierto	9	23	16	14	16	16	15	0,3	24	9	12	22	16	17	16	0,6	15	16	9	17	18	15	14	1,0	16	15	0,6
Quebrada desierto	9	26	9	17	15	15			24	9	9	20	17	16			11	15	9	18	15	14			15		
Cerros desierto	10	24	16	17	16	17	17	0,0	24	9	7	22	14	15	15	0,0	15	18	16	15	16	16	16	0,0	16	16	0,0
Lomaje desierto	4	23	8	11	8	11	10	1,4		9	9	18	7	11	11	1,9	15	10	15	26	10	15	13	3,2	12	11	1,7
Lomaje desierto	5	23	5	11	6	10			27	10	9	18	1	13			5	10	9	9	10	9			11		
Lomaje desierto	5	23	10	11	10	12			18	7	9	19	11	13			22	17	17	10	10	15			13		
Lomaje desierto	9	15	7	3	9	9			11	9	11	10	4	9			10	15	11	10	10	11			10		
Embalse vegetación riparia	16	23	11	2	16	14	14	0,0	23	23	20	14	4	17	16	0,7	21	23	13	15	15	17	18	0,3	16	16	0,1
Embalse vegetación riparia	12	20	13	8	15	14			4	23	21	16	15	16			24	20	16	14	15	18			16		
Valle praderas grama y brea	8	23	12	12	11	13	13	1,2	27	18	9	21	10	17	19	1,4	23	16	16	5	17	15	15	0,6	15	16	0,6
Valle praderas grama y brea	7	24	7	11	10	12			29	18	12	22	15	19			18	20	11	9	15	15			15		
Valle praderas grama y brea	13	25	14	11	10	15			28	17	13	23	14	19			22	17	11	12	13	15			16		

Valle praderas grama y brea	12	23	14	5	9	13			29	18	18	22	15	20			22	18	12	15	13	16			16		
Planicie desierto	5	23	5	11	7	10	10	0,6	28	17	5	16	12	16	12	2,4	6	10	9	16	10	10	11	1,5	12	11	0,9
Planicie desierto	6	18	10	11	7	10			15	6	7	16	6	10			11	16	11	10	10	12			11		
Planicie desierto	7	18	1	11	7	9			14	7	5	17	7	10			5	11	11	10	10	9			9		
Planicie desierto	6	18	9	11	6	10			14	9	10	17	9	12			11	15	10	10	10	11			11		
Planicie desierto	7	15	9	10	9	10			24	10	9	15	5	13			13	15	16	10	10	13			12		
Planicie desierto	10	9	10	10	10	10				9	5	12	11	9			16	18	13	10	9	13			11		
Río praderas brea	7	18	14	5	10	11	11	0,1	28	17	17	13	13	18	18	0,3	22	23		14	13	18	17	1,0	15	15	0,2
Río praderas brea	14	16	14	2	9	11			24	17	18	16	15	18			20	21	15	14	13	17			15		
Praderas cultivo en desuso	13	20	12	3	11	12	10	1,7	23	16	15	17	13	17	12	4,6	24	23	16	10	11	17	12	4,2	15	11	3,4
Praderas cultivo en desuso	10	5	7	10	10	8			14	16	7	12	5	11			10	13	10	10	10	11			10		
Praderas cultivo en desuso	10	5	11	11	10	9			7	10	5	11	6	8			8	11	5	10	10	9			9		
Praderas brea	5		7	10	12	9	9	0,0	22	7	6	16	17	14	14	0,0	14	10	11	10	10	11	11	0,0	11	11	0,0
Praderas cultivo maíz	10	5	11	3	6	7	9	3,4	3	16	10	12	5	9	10	0,7	5	7	22		12	12	11	0,4	9	10	1,2
Praderas cultivo maíz	11	10	15	12	11	12			4	18	12	13	4	10			16	5	13	10	11	11			11		
Pradera de chilca y brea	12	5	11	10	7	9	9	1,1	7	8	9	9	8	8	9	1,3	3	5	3	10	7	6	8	2,2	8	9	1,1
Pradera de chilca y brea	14	5	10	3	7	8			4	16	6	9	3	8			9	11	11	10	7	10			8		
Pradera de chilca y brea	9	10	12	11	10	10			14	5	6	10	7	8			5	10	5	10	10	8			9		
Pradera de chilca y brea	9	10	10	10	9	10			7	9	10	12	15	11			6	11	15	10	11	11			10		
Pradera atriplex y brea	3	5	9	5	11	7	7	0,9	17	10	13	11	4	11	9	1,8	23	18	16	10	10	15	11	3,7	11	9	1,9
Pradera atriplex y brea	3	5	9	5	12	7			4	10	13	11	4	8			7	11	5	10	10	9			8		
Pradera atriplex y brea	4	3	7	5	11	6			4	9	9	12	5	8			7	11	5	10	10	9			7		
Pradera atriplex y brea	7	10	9	5	10	8			17	9	10	14	7	11			22	18	15	10	9	15			11		
Pradera atriplex y brea	9	5	7	10	7	8			6	9	7	12	5	8			7	7	5	10	10	8			8		
Planicie con escombros	7	5	10	5	6	7	7	0,0	6	5	9	11	10	8	8	0,0	3	7	5	5	6	5	5	0,0	7	7	0,0
Pradera de grama salada	6	10	10	10	9	9	9	0,0	7	18	6	16	9	11	11	0,0	3	10	5	9	9	7	7	0,0	9	9	0,0
Plantación de algarrobos	12	25	17	18	18	18	18	0,4	20	15	19	21	23	20	20	0,0	19	25	23	18	18	21	21	1,7	19	19	0,7
Plantación de algarrobos	12	23	17	18	17	17			20	15	19	21	23	20			19	15	21	18	18	18			18		

ANEXO 6-2. BASE DE DATOS TABULADOS PARA EL ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS VISUALES BÁSICAS DE LAS UP REGISTRADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

CODIGO UP	Foto	Forma	Línea	Tono	Brillo	Grano	Densidad	Regularidad	Contraste	Escala	Compos espacial	Posición
CRL	1	tridimensional	borde definido	claro	brilante	medio	medio	en grupo	muy alto	relativa	Fig. dominante	media ladera
QV	2	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	Fig. dominante	Pie de ladera
CON	3	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	denso	al azar	medio	relativa	Cerrado	contra el terreno
PBB	4	tridimensional	borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
PBB	5	tridimensional	borde difuso	claro	brillante	medio	medio	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PDB	6	tridimensional	borde definido	claro	brillante	fino	disperso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
PDB	7	tridimensional	borde definido	claro	brillante	fino	disperso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
PDB	8	tridimensional	borde definido	claro	brillante	fino	disperso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
CDB	9	tridimensional	borde definido	claro	brillante	fino	disperso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
QLV	10	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	denso	en grupo	alto	relativa	Fig. dominante	llanura
QLV	11	tridimensional	borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	Fig. dominante	llanura
LVP	12	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	muy alto	relativa	Fig. dominante	Pie de ladera
QD	13	tridimensional	borde definido	claro	mate	fino	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	ladera/cumbre
QD	14	tridimensional	borde definido	claro	mate	medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	llanura
CD	15	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	llanura
QV	16	tridimensional	borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	en espesura	Pie de ladera
QV	17	tridimensional	borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	muy alto	relativa	en espesura	Pie de ladera
QLV	18	tridimensional	borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	muy alto	relativa	encajado	fondo del valle
CON	19	tridimensional	borde difuso	claro	brillante	medio	disperso	al azar	bajo	relativa	en espesura	media ladera
QLV	20	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	alto	relativa	Fig. dominante	fondo del valle
LD	21	tridimensional	borde difuso	claro	brillante	medio	disperso	al azar	bajo	relativa	en espesura	media ladera
LD	22	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	alto	relativa	panorámico	ladera/cumbre
PDB	23	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PDB	24	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PDB	25	tridimensional	borde definido	claro	brillante	fino	disperso	al azar	alto	relativa	focalizado	llanura
VPGB	26	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera

PD	27	tridimensional	borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	ladera/cumbre
VPGB	28	tridimensional	borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
VPGB	29	tridimensional	borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
VPGB	30	tridimensional	borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
RPB	31	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	focalizado	pie de ladera
RPB	32	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	grueso	denso	al azar	alto	relativa	focalizado	pie de ladera
EVR	33	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	denso	en grupo	alto	relativa	Fig. dominante	pie de ladera
EVR	34	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
PCD	35	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	alto	relativa	panorámico	llanura
PDB	36	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	en grupo	medio	relativa	panorámico	llanura
PDB	37	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PDB	38	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
PB	39	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	fino	disperso	al azar	alto	relativa	panorámico	ladera/cumbre
QLV	40	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	medio	relativa	focalizado	pie de ladera
LD	41	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	fino	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	ladera/cumbre
QLV	42	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	medio	relativa	panorámico	pie de ladera
PD	43	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	ladera/cumbre
PD	44	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PD	45	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	fino	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	llanura
PD	46	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	ladera/cumbre
PDB	47	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	fino	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	llanura
PCM	48	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	grueso	denso	ordenado	alto	relativa	panorámico	llanura
CON	49	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	Fig. dominante	llanura
PCHB	50	tridimensional	Borde difuso	oscuro	brillante	medio	denso	en grupo	medio	relativa	panorámico	llanura
PCHB	51	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	panorámico	llanura
QLV	52	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	focalizado	llanura
QLV	53	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	grueso	denso	en grupo	alto	relativa	Fig. dominante	media ladera
QLV	54	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	denso	en grupo	alto	relativa	panorámico	llanura
LD	55	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	grueso	disperso	al azar	medio	relativa	en espesura	ladera/cumbre

PCM	56	tridimensional	Borde difuso	oscuro	brillante	grueso	denso	ordenado	alto	relativa	panorámico	llanura
CON	57	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	en grupo	alto	relativa	en espesura	ladera/cumbre
QLV	58	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	medio	en grupo	alto	relativa	focalizado	pie de ladera
QLV	59	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	medio	medio	en grupo	medio	relativa	panorámico	media ladera
CRL	60	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	denso	en grupo	alto	relativa	Fig. dominante	media ladera
PAB	61	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
PAB	62	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	al azar	alto	relativa	panorámico	llanura
PAB	63	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	grueso	denso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
QLV	64	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	medio	denso	en grupo	alto	relativa	panorámico	pie de ladera
PAB	65	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	focalizado	llanura
PCD	66	tridimensional	Borde definido	oscuro	brillante	medio	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PAB	67	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Grueso	denso	al azar	medio	relativa	panorámico	media ladera
PBB	68	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	Grueso	medio	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PBB	69	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Grueso	disperso	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PE	70	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	Medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	pie de ladera
PBB	71	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Grueso	denso	en grupo	medio	relativa	en espesura	llanura
PGS	72	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Fino	disperso	ordenado	bajo	relativa	panorámico	llanura
CON	73	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	Medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	llanura
QLV	74	tridimensional	Borde definido	oscuro	brillante	Medio	medio	en grupo	alto	relativa	panorámico	llanura
PD	75	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Medio	disperso	al azar	bajo	relativa	panorámico	media ladera
QLV	76	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	Grueso	denso	en grupo	alto	relativa	focalizado	pie de ladera
CON	77	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Medio	medio	en grupo	medio	relativa	en espesura	llanura
PCD	78	tridimensional	Borde difuso	oscuro	brillante	Medio	medio	al azar	bajo	relativa	panorámico	media ladera
PCHB	79	tridimensional	Borde definido	claro	brillante	Medio	medio	al azar	medio	relativa	en espesura	media ladera
PCHB	80	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Medio	medio	al azar	bajo	relativa	focalizado	llanura
PBB	81	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Medio	medio	al azar	medio	relativa	panorámico	llanura
PBB	82	tridimensional	Borde difuso	claro	brillante	Medio	medio	al azar	medio	relativa	panorámico	media ladera

Folio006633

ANEXO 6-3. BASE DE DATOS TABULADOS PARA VALORES DE FRAGILIDAD. D= DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN; E= DIVERSIDAD DE ESTRATOS; A= ALTURA DE LA VEGETACIÓN; ES= ESTACIONALIDAD DE LA VEGETACIÓN; CV= CONTRASTE CROMÁTICO V/V; CS= CONTRASTE CROMÁTICO V/S; P=PENDIENTE Y H= VALOR HISTÓRICO Y CULTURAL; X=VALOR DE FRAGILIDAD PARA LA UP; DE=DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

										VPSUP		VFUP	
CODIGO UP	Foto	D	E	A	ES	CV	CS	P	H	x	DE	X	DE
Cerros desierto	15	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1,1	1	0,0
Cerro desierto basura	9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5	1	0,0
Construcción	3	3	3	3	3	3	1	3	1	3	0,9	1	1,0
	19	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1,1		
	49	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	57	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7		
	73	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	77	3	1	1	2	2	3	1	1	2	0,9		
Cascada quebrada río Loa	1	3	2	3	1	1	3	2	2	2	0,8	2	0,4
	60	3	2	2	2	3	3	3	3	3	0,5		
Embalse vegetación riparia	33	3	2	2	1	1	2	1	3	2	0,8	2	0,1
	34	3	3	2	1	1	2	1	3	2	0,9		
Lomaje desierto	21	0	0	0	0	0	0	3	3	1	1,4	1	0,2
	22	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1,1		
	41	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7		
	55	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1,1		
Laguna vegetación palustre	12	3	2	3	1	1	3	2	1	2	0,9	2	0,0
Pradera atriplex y brea	61	2	2	2	1	3	2	1	1	2	0,7	2	0,1
	62	2	2	2	1	3	2	1	1	2	0,7		
	63	2	2	2	1	1	2	1	1	2	0,5		
	65	2	2	2	1	3	1	1	1	2	0,7		
	67	1	2	2	2	1	2	2	1	2	0,5		
Pradera brea	39	0	0	0	0	0	0	3	3	1	1,4	1	0,0
Pradera brea y basura	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	1	0,4
	5	2	3	3	1	3	3	1	1	2	1,0		
	68	2	2	2	2	1	2	1	1	2	0,5		
	69	2	2	2	2	1	2	1	1	2	0,5		
	71	2	2	2	2	1	2	1	1	2	0,5		
	81	2	2	2	2	2	2	1	1	2	0,5		
	82	2	2	2	3	3	3	2	1	2	0,7		
Pradera cultivo desuso	35	3	2	2	2	2	3	1	1	2	0,8	2	0,1
	66	3	3	3	2	3	2	1	1	2	0,9		
	78	3	2	3	0	3	3	2	1	2	1,1		
Pradera cultivo maíz	48	3	3	3	2	3	2	1	2	2	0,7	2	0,6
	56	3	1	2	2	1	1	1	1	2	0,8		
Pradera chilca y brea	50	3	3	3	2	1	3	1	1	2	1,0	2	0,3
	51	3	2	2	2	2	2	1	1	2	0,6		
	79	3	3	2	2	3	3	3	1	3	0,8		
	80	3	2	2	2	1	3	2	1	2	0,8		
Planicie desierto	27	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7	1	0,1
	43	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	44	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	45	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	46	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1,1		
	75	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7		
Planicie desierto basura	6	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5	1	0,5
	7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	8	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	23	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7		
	24	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7		
	25	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0,7		
	36	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		

	37	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
	38	3	2	2	2	3	2	1	1	2	0,8		
	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,5		
Planicie con escombros	70	3	0	0	0	0	0	2	1	1	1,2	1	0,0
Pradera grama salada	72	3	1	3	1	2	2	1	1	2	0,9	2	0,0
Quebrada desierto	13	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1,1	1	0,0
	14	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1,1		
Quebrada río Loa vegetación riparia	10	3	2	3	1	1	1	1	2	2	0,9	2	0,4
	11	3	2	3	1	1	1	1	2	2	0,9		
	18	3	1	2	1	1	2	1	3	2	0,9		
	20	3	2	3	1	1	3	3	2	2	0,9		
	40	3	2	2	1	1	2	3	2	2	0,8		
	42	3	0	0	0	0	0	3	2	1	1,4		
	52	3	2	2	2	1	3	2	2	2	0,6		
	53	3	2	2	2	2	3	3	1	2	0,7		
	54	3	2	2	1	1	1	1	1	2	0,8		
	58	3	3	2	1	3	3	3	3	3	0,7		
	59	3	3	2	2	1	2	3	3	2	0,7		
	64	3	1	2	2	1	2	3	2	2	0,8		
	74	3	2	2	2	1	3	1	1	2	0,8		
	76	2	1	2	2	1	1	2	1	2	0,5		
Quebrada con vegetación	2	3	3	2	3	3	3	3	1	3	0,7	2	0,5
	16	3	1	2	1	1	2	1	2	2	0,7		
	17	3	1	2	1	1	2	1	3	2	0,9		
Río pradera brea	31	3	2	2	3	2	3	1	1	2	0,8	2	0,1
	32	3	2	2	3	1	2	2	1	2	0,8		
Valle pradera grama y brea	26	3	2	2	1	1	3	3	3	2	0,9	2	0,2
	28	3	2	2	1	1	3	1	2	2	0,8		
	29	3	2	2	1	1	3	1	1	2	0,9		
	30	3	2	2	1	1	3	1	2	2	0,8		
Plantación de algarrobos	82	1	2	1	3	1	2	1	1	2	0,8	2	0,2
	83	2	2	1	3	1	3	1	1	2	0,9		

ANEXO 6-3. Ficha de caracterización de los evaluadores de paisaje.
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXO 6-4. Planilla para la evaluación de la calidad del paisaje.
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXOS CAPÍTULO VII

ANEXO 7-1. Encuesta General. Caracterización Socioeconómica-Cultural
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXO 7-2. Entrevista General. Actores Relevantes
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXOS CAPÍTULO X

ANEXO 10-1. DOS EJEMPLOS DE FICHAS DE TRABAJO DE AULA PARA EL DOCENTE

Ficha de Actividad “LOS PUEBLOS ATACAMEÑOS”
1. Objetivo Fundamental Verticales Conocer las características principales de los pueblos originarios de Chile.
2. Sector de Aprendizaje Comprensión del Medio Natural, Social y Cultural
3. Curso 4º básico
4. Aprendizaje esperado Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.
5. Indicador Comparan diferentes formas de vida de algunos pueblos originarios.
6. Sugerencia metodológica Actividades - El docente preguntará a los alumnos que pueblos originarios de Chile conocen y con que características los relacionan. - El docente afirmará o corregirá la información entregada. - El docente preguntará a los alumnos, que conocen del pueblo “atacameño”. - Observarán imágenes sobre la cultura “atacameña” (restos arqueológicos, manifestaciones culturales actuales, etc). Y se comentará lo observado. - Los alumnos colorearán imágenes de objetos y ceremonias propias del pueblo atacameño. - Los alumnos consultarán en sus casas, a sus vecinos o en software educativos, información sobre las imágenes coloreadas. La siguiente clase se comentará los resultados de la tarea.
7. Materiales - Pizarra y plumón. - Presentación en power point sobre el pueblo o los pueblos “atacameños”. - Cartilla de trabajo de los alumnos - Texto con información sobre características de los pueblos atacameños - Software sobre culturas indígenas nortinas.
8. Tiempo 90 minutos (2 horas pedagógicas)
9. Tipo de Evaluación - Se evaluará la participación de los alumnos, tanto en el aporte de ideas como en la información entregada. - Se evaluará el trabajo realizado en la cartilla (realización del trabajo, orden y calidad de la información).
10. Relación con otros subsectores - Artes: colorear imágenes - Lenguaje: entrevistas y escritura de información obtenida.

Ficha de Actividad: “VEGETACION DEL OASIS DE CALAMA”
1. Objetivo Fundamental - Identificar a las especies y poblaciones biológicas como niveles de organización de vegetales, animales y seres humanos.
2. Sector de Aprendizaje Estudio y Comprensión de la Naturaleza
3. Curso 5º básico
Contenido: Recursos naturales y conservación: conocimiento de especies animales y vegetales nativas y reconocimiento de la importancia comercial de algunas de ellas; señalar estrategias básicas de cuidado y conservación de Especies animales y vegetales; consecuencias positivas y negativas del uso y explotación de las especies sobre la calidad de vida de los habitantes en su región.
5. Aprendizaje esperado Identifican especies nativas e introducidas (plantas y animales) de la región; reconocen las características del paisaje de la región que permiten que tales especies vivan allí.
6. Sugerencia metodológica Actividades - Previamente, los alumnos visitaran el Oasis de Calama y fotografiaran las diferentes especies encontradas. - Revisando un texto o software con información de la vegetación del oasis, por parejas, identificaran el nombre de cada especie. - Imprimirán 6 especies las que pegaran en la Cartilla y anotaran su nombre y principales características. - El profesor explicará cuales son las características geográficas, que permiten la existencia de esas especies en el oasis. - Los alumnos preguntaran a su familia, que otras especies conocían y/o han desaparecido del oasis. La información la anotaran en su cartilla y se comentará la clase siguiente.
7. Materiales - Pizarra y plumón. - Fotografías de especies vegetales del Oasis de Calama (previamente obtenidas). - Cartilla de trabajo de los alumnos. - Computadores e impresora. - Texto o software con información sobre vegetación del Oasis de Calama. - Presentación en power point, sobre características geográficas de la comuna de Calama
8. Tiempo 90 minutos (2 horas pedagógicas)
9. Tipo de Evaluación - Se evaluará el cumplimiento en traer imágenes de vegetales. - Se evaluará el trabajo de búsqueda de información (pertinencia, claridad y trabajo en equipo). - Se evaluará el trabajo realizado en la cartilla (realización del trabajo, orden y calidad de la información).
10. Relación con otros subsectores Lenguaje: entrevistas y escritura de información obtenida.

ANEXO 10-2. DOS EJEMPLOS DE FICHA DE ACTIVIDAD DE CARTILLA DE ALUMNOS

Ficha de Actividad "LOS PUEBLOS ATACAMEÑOS"
Curso: 4º básico
Subsector: Estudio y Comprensión de la Naturaleza
Aprendizaje esperado: Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.

A trabajar…

En esta ficha, tienes 4 imágenes que representan aspectos culturales de los pueblos atacameños.

Consulta con tus familiares, personas mayores o busca en algún libro o CD… y averigua a que corresponde cada imagen

_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Evaluación:

Responde brevemente:

¿A quién consulté por las imágenes?

¿Hice mi tarea con suficiente anticipación?

Ficha de Actividad "VEGETACION DEL OASIS DE CALAMA"
Curso: 5º básico
Subsector: Estudio y Comprensión de la Naturaleza
Aprendizaje esperado: Identifican especies nativas e introducidas (plantas y animales) de la región; reconocen las características del paisaje de la región que permiten que tales especies vivan allí.

A trabajar…
Imprime y pega las imágenes de 6 plantas encontrados en el Oasis de Calama, luego escribe su nombre y las principales características que posee.

1	**2**
Nombre	Nombre
Características	Características

3	4
Nombre	Nombre
Características	Características

5	6
Nombre	Nombre
Características	Características

Tarea:

Averigua con los adultos de tu casa o familia, ¿Qué otras especies vegetales existían en el Oasis de Calama?

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Evaluación:

Responde brevemente:

¿Conseguí las imágenes con suficiente anticipación?

¿A quién consulté sobre las plantas que existían en el Oasis?

¿Fui ordenado al realizar mis tareas?

ANEXO 10-3. ACTIVIDADES PROPUESTAS

1º BÁSICO.

COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL – 1º básico

Aprendizaje esperado	Indicadores
Identifican y caracterizan sus grupos de pertenencia a nivel familiar, escolar, local y nacional	- Describen sus grupos de pertenencia: familia, escuela, vecindario o localidad y país. - Describen algunas tradiciones regionales o nacionales: mitos, leyendas, celebraciones y comidas.
Describen algunas plantas y animales de su entorno y reconocen la importancia de su cuidado	- Observan plantas y animales de su entorno más cercano. - Identifican plantas y animales de su entorno. - Relatan como es el lugar donde viven los animales y plantas observadas. - Dan ejemplos de cómo cuidar plantas y animales.
Establecen relaciones entre el pasado y el presente y proyectan acciones a desarrollar en el futuro	- Distinguen situaciones, hechos, objetos y costumbres del pasado y del presente. - Establecen semejanzas y diferencias entre las situaciones, hechos, objetos y costumbres del pasado y del presente.

2º BÁSICO.

COMPRENSION DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL – 2º básico

Aprendizaje esperado	Indicadores
Identifican diferentes actividades laborales y valoran la importancia del trabajo para el desarrollo de la vida en sociedad.	• Nombran profesiones y oficios que se realizan en la región donde viven. • Describen la función que cumplen trabajadores que se desempeñan en diferentes actividades laborales.
Comprenden la importancia del uso de instrumentos para percibir características no observables a simple vista en organismos de su entorno.	• Comparan observaciones realizadas con lupa y sin ella. • Describen rasgos de organismos del entorno, a partir de observaciones realizadas con instrumentos.
Manifiestan curiosidad para ampliar su conocimiento del entorno.	• Formulan preguntas para profundizar el conocimiento del entorno. • Buscan y comparan información para aclarar sus interrogantes.
Caracterizan diferentes paisajes, agudizando su capacidad de observación.	• Reconocen diferentes elementos del paisaje, tales como cordillera, cerro, valle, nubes, viento, agua, animales, plantas, construcciones, caminos, campos cultivados. • Distinguen elementos naturales y elementos culturales de los paisajes.
Caracterizan flora y fauna típica de Chile y señalan las medidas adoptadas para su protección.	• Reconocen flora y fauna típica de Chile. • Describen características de algunas plantas y animales de Chile. • Señalan algunas especies de plantas y animales que están en peligro de extinción en nuestro país. • Identifican instituciones, locales y nacionales, que protegen a la flora y fauna. • Dan ejemplos de medidas adoptadas para la protección de la flora y fauna.
Reconocen diferentes formas en que animales y plantas se relacionan con su hábitat.	• Definen, con sus propias palabras, el concepto de “hábitat” como el lugar donde los organismos viven y encuentran lo que necesitan para vivir: refugio, aire, agua, alimento y espacio. • Describen distintas formas de interacción de animales y plantas con su hábitat: de alimentación, de defensa y de refugio.
Describen diferentes maneras en que el ser humano se relaciona con su medio ambiente y reconocen la importancia de su cuidado	• Reconocen la necesidad que tiene el ser humano de interactuar con el medio ambiente. • Describen situaciones que muestran cómo los seres humanos interactúan con su medio ambiente. • Dan ejemplos de conductas de las personas que contribuyen al cuidado del medio ambiente. • Relacionan el cuidado del medio ambiente con la salud de las personas.

3º BÁSICO.

COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL – 3º básico

Aprendizaje esperado	Indicadores
Describen interacciones entre plantas, animales y el medio.	• Describen experiencias que muestran que las plantas fabrican su propio alimento. • Distinguen entre organismos productores y organismos consumidores. • Identifican animales carnívoros, herbívoros y omnívoros.
Comprenden el concepto de recurso natural como todo elemento que el ser humano obtiene de la naturaleza para satisfacer sus necesidades.	• Identifican recursos naturales. • Dan razones que muestran la importancia de cuidar los recursos naturales. • Identifican los principales recursos naturales que se explotan en Chile, y los localizan en el mapa. • Nombran y describen actividades productivas relacionadas con la obtención de recursos naturales

EDUCACIÓN ARTÍSTICA – 3º básico

Aprendizaje esperado	Indicadores
Reconocen propiedades estéticas de diversos materiales en elementos naturales, objetos y obras de arte, por ejemplo: piedra, cuero, huesos, madera, arcilla, fibras, textiles, metal, papel, cartón, vidrio, plástico, otros.	• Identifican diversos materiales en el entorno natural y cultural.
Exploran manifestaciones musicales folclóricas mediante la ejecución grupal vocal e instrumental de danzas y canciones.	• Ejecutan danzas folclóricas, incorporando elementos del entorno cultural.
Reconocen y exploran diversas formas de interacción de las manifestaciones artísticas entre sí y con el entorno social y cultural. Emplean combinaciones de medios artísticos para expresarse.	• Relacionan diferentes manifestaciones artísticas en cuanto a: medios, temáticas, formas, personajes, ideas o sentimientos expresados. • Expresan sentimientos, emociones e ideas combinando diferentes medios de expresión artística.
Recrean en trabajos de grupo manifestaciones lúdicas del folclor por medio de la música y la expresión corporal, con movimiento corporal, expresión verbal y cantada, apropiados a cada caso.	• Practican, conocen y valoran distintas manifestaciones lúdicas del folclor (danzas imitativas, juegos, rondas y otros). • Ejecutan cantos tradicionales con acompañamiento instrumental.

4º BÁSICO.

LENGUAJE Y COMUNICACIÓN – 4º básico

Aprendizaje esperado	Indicadores
Escuchan comprensivamente cuentos, fábulas, leyendas poemas y noticias; captando la información explícita e implícita que contienen.	• Reconocen información explícita sobre personajes, acciones o lugares de las narraciones escuchadas. • Demuestran la comprensión de lo escuchado a través de preguntas pertinentes, comentarios, opiniones y expresiones artísticas.
Relatan diversas narraciones en forma clara y coherente y recitan poemas con expresión de las emociones que contienen.	• Relatan cuentos, leyendas, fábulas, experiencias personales, hechos y películas, escuchados, vistos o leídos, utilizando oraciones completas y bien construidas. • Recitan poemas, de tres estrofas o más, dándoles la adecuada entonación a sus versos

COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL – 4º básico

Aprendizaje esperado	Indicadores
Caracterizan la diversidad geográfica en Chile en relación a su clima, flora y fauna.	• Localizan en el mapa de Chile: el norte, el centro y el sur del país. • Describen las principales características del norte, centro y sur del país, en relación a su clima. • Identifican la fauna y flora típica del norte, centro y sur de Chile.

Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.	• Nombran y ubican en el mapa pueblos originarios de Chile. • Comparan diferentes formas de vida de algunos pueblos originarios. • Señalan aportes de los pueblos originarios a la cultura nacional.
Caracterizan la diversidad de plantas y animales, los clasifican según criterios convencionales y reconocen la importancia de su cuidado.	• Describen la diversidad de plantas y animales existente en distintos hábitat. • Clasifican plantas usando categorías convencionales: con flores y sin flores. • Clasifican animales usando categorías convencionales, como vertebrados (mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces) e invertebrados (insectos y arañas). • Dan razones de la importancia de la preservación de la diversidad de organismos presentes en el planeta.
Identifican características de adaptación en plantas y animales.	• Relacionan características morfológicas de plantas con su hábitat. • Relacionan características morfológicas de animales con su hábitat. • Identifican mecanismos de adaptación relacionados con la defensa y la alimentación.

EDUCACIÓN ARTÍSTICA – 4º básico

Aprendizaje esperado	Indicadores
Aprecian manifestaciones artísticas,identifican en ellas elementos que reflejan su diversidad (etnias, culturas, contextos geográficos y estilos) y emiten opiniones al respecto.	• Observan y analizan obras artísticas visuales provenientes de diferentes etnias, culturas y contextos geográficos, reconociendo en ellas semejanzas y/o diferencias en términos estéticos (formas, colores, materiales, temáticas). • Manifiestan sus opiniones acerca de obras artísticas visuales.
Aprecian y valoran las diversas funciones y posibilidades expresivas de las artes en la naturaleza y la sociedad, demostrando una capacidad reflexiva y crítica adecuada al nivel.	• Investigan, conocen y reflexionan acerca de las posibilidades expresivas de los distintos lenguajes artísticos. • Expresan sentimientos e ideas artísticos utilizando distintos materiales sonoros, visuales, plásticos, literarios y otros). • Conocen y valoran mediante la práctica grupal de cantos, música instrumental y danzas, distintas funciones de la música en diferentes sociedades.

5º BÁSICO

LENGUAJE Y COMUNICACIÓN – 5º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Lectura y audición de leyendas y cuentos tradicionales chilenos que representen la diversidad cultural del país.	• Valoran las leyendas y cuentos tradicionales como un medio de aproximación a la diversidad cultural del país.

ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA – 5º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Niveles de organización de los seres vivos: diferenciar especies vegetales y animales; apreciar diferencias entre especies animales y la especie humana; establecer relaciones entre especies y población; apreciar el papel que los procesos de mortalidad, natalidad y migratorios desempeñan en los cambios de magnitud de una población.	• Identifican, a partir de observación y consulta en fuentes diversas, diferentes plantas y animales. • Conocen y utilizan algunos descriptores para identificar y clasificar representantes de los reinos: animal, planta, fungi, protista y monera. • Conocen por qué los hongos (Fungi), los protozoos, las algas (Protista) y las bacterias (Monera) son seres vivos. • Usan claves dicotómicas para identificar animales vertebrados. • Demuestran que en todos los ambientes es posible encontrar diversidad de seres vivos.
• Recursos naturales y conservación: conocimiento de especies animales y vegetales nativas y reconocimiento de la importancia comercial de algunas de ellas; señalar estrategias básicas de cuidado y conservación de Especies animales y vegetales; consecuencias positivas y negativas del uso y explotación de las especies sobre la calidad de vida de los habitantes en su región.	• Identifican especies nativas e introducidas (plantas y animales) de la región; reconocen las características del paisaje de la región que permiten que tales especies vivan allí. • Identifican procesos de natalidad, mortalidad y migratorios como factores que determinan la magnitud de una población. • Determinan usos dados a las especies y poblaciones de la región y algunas consecuencias posibles de la sobre-explotación de especies para la calidad de vida de sus habitantes.

ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA SOCIEDAD – 5º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Tipos de mapas: reconocimiento de ejemplos y comprensión de la funcionalidad de mapas de tipo físico y político.	• Distinguen y confeccionan distintos tipos de mapas con simbología convencional. • Entienden la funcionalidad de los mapas físicos y políticos.
• Pueblos precolombinos: localización y caracterización de sus formas de vida.	• Ubican espacial y temporalmente las culturas maya, azteca e inca. • Describen las principales características de la organización de la sociedad en las culturas maya, azteca e inca. • Valoran el desarrollo cultural americano antes de la llegada del europeo.
• Relación sociedad-paisaje: valoración de los procesos de producción agropecuaria y forestal, urbanización, construcción de áreas verdes, erosión, contaminación y reservas naturales.	• Comparan las características del mundo rural y urbano. • Caracterizan los procesos de producción agropecuaria y forestal en Chile. • Identifican y valoran la importancia de las reservas naturales en América. • Distinguen factores naturales y humanos que inciden en el deterioro de la naturaleza. • Buscan información y comunican los resultados de su indagación en torno a temas medioambientales.

EDUCACIÓN ARTÍSTICA – 5º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
• El arte indígena chileno: conocer y apreciar producción en escultura, alfarería, textiles: - Las artes visuales como actividad humana fundamental en los pueblos indígenas. - Aplicación de temáticas y técnicas del arte indígena en la creación personal y en la elaboración de proyectos artísticos integrados.	• Comprenden el arte y el quehacer artístico como una actividad humana fundamental tanto en el presente como en el pasado. • Reconocen y aplican elementos visuales y técnicas del arte indígena chileno en composiciones creativas. • Reconocen en imágenes y objetos concretos, las formas y colores característicos del arte de las culturas atacameña, diaguita y mapuche. • Aplican o adaptan creativamente temáticas y técnicas del arte indígena en la producción y/o decoración de objetos de uso cotidiano. • Reconocen en el arte del presente, huellas o influencias del pasado indígena chileno. • Elaboran proyectos grupales que consideran el uso de diferentes lenguajes artísticos en la expresión de creencias, mitos, ritos y costumbres del presente o del pasado.
• Folclor regional: conocer, identificar y valorar las diversas manifestaciones de la expresión artística regional.	• Entienden y valoran el canto y la danza folclóricos como formas de expresión propias y representativas de las comunidades. • Cantan canciones pertenecientes a la tradición musical de su región, en forma afinada, con precisión rítmica y adecuada posición corporal, respiración, fraseo y dicción. • Escuchan variada música folclórica de su región, reconociendo auditivamente los instrumentos musicales utilizados y las diferentes modalidades de interpretación vocal e instrumental.

EDUCACIÓN FISICA – 5º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Actividades de expresión rítmica-corporal: danzas folclóricas, bailes populares y danza.	• Asocia e interpreta con gracia y coordinadamente movimientos y ritmos mediante la práctica de danzas folclóricas nacionales, en parejas o en grupos.

6º BÁSICO

ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA – 6º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
	• Conocen tipos de energía. • Interpretan situaciones cotidianas y experimentales en términos de transformaciones y transferencias de energía.
	• Caracterizan un ecosistema como una unidad ecológica en que interactúan el biotopo y la biocenosis. • Reconocen que el flujo de materia y energía se produce en cadenas y tramas alimentarias.
	• Analizan críticamente información relativa al impacto ambiental que tiene

	en la sociedad actual la generación y el consumo de energía, y evalúan propuestas de solución. • Asumen una posición crítica y fundamentada acerca de los efectos de la acción humana sobre diferentes ecosistemas.

ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA SOCIEDAD – 6º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Las grandes unidades de relieve, clima y vegetación en las regiones geográficas naturales de Chile.	• Distinguen las regiones geográficas naturales de Chile y sus características en cuanto a relieve, clima y vegetación. • Valoran las regiones geográficas naturales como ecosistemas particulares.
• Las regiones administrativas de Chile.	• Identifican las regiones administrativas del país.
• La Guerra del Pacífico: Consecuencias para Chile, Perú y Bolivia. La vida cotidiana durante la guerra.	• Comprenden el factor económico como uno de los que originan la Guerra del Pacífico.
• Recursos naturales y actividades económicas en el país y en la región. • Actividades económicas principales del país por sector económico.	• Describen las principales actividades económicas del país, y su distribución geográfica.
• Población económicamente activa de la región: trabajos representativos y sectores económicos.	• Caracterizan las regiones de Chile desde una perspectiva económica, distinguiendo población económicamente activa y pasiva, y sectores económicos.

EDUCACIÓN ARTÍSTICA – 6º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Conocimiento de las principales características de las diversas manifestaciones artísticas del período colonial. Por ejemplo: formas, técnicas, colores, materiales, simbología y otros elementos de la arquitectura, imaginería, pintura, objetos y artesanía de la época.	• Reconocen elementos básicos de la arquitectura, imaginería, pintura, objetos y la representación de costumbres en el arte colonial.
• Percepción, experiencia personal y registro del color en el entorno natural y cultural.	• Identifican y registran colores del entorno natural y cultural.
• Sentido de la música en la cosmovisión de algunas etnias nacionales: aymará, mapuche, rapa-nui.	• Discriminan auditivamente características de timbre, rítmicas y melódicas de la música de las distintas etnias que habitan nuestro territorio.
• La música de las diferentes zonas folclórico-musicales del país: especies cantadas y música de danzas; instrumentos y música instrumental.	• Establecen, en términos generales, diferencias musicales (rítmicas, melódicas, armónicas, de timbre y de interpretación) entre la música tradicional del norte, el centro y el sur del país.
• Ejecución de un instrumento melódico.	• Ejecutan individual y/o grupalmente música instrumental de alguna región del país, utilizando el instrumento que estudian.
• Baile de una danza tradicional del país	

7º BÁSICO

EDUCACIÓN MATEMÁTICA – 7º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Comparación de la escritura de los números en el sistema decimal con la de otros sistemas de numeración en cuanto al valor posicional y a la base (por ejemplo, egipcio, romano, maya).	• Conocen otros sistemas de numeración, sus usos en otras culturas, sus usos actuales.

ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA – 7º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Alimentación en el ser humano. Alimentación sana. Enfermedades asociadas a la alimentación. Salud dental.	• Aprecian la importancia para el ser humano de una alimentación sana en el mantenimiento de la salud.

ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA SOCIEDAD – 7º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
• La revolución agrícola y su influencia en las primeras Civilizaciones.	• Valoran el esfuerzo y las habilidades técnicas e inventivas del hombre y mujer prehistórico para adaptarse y transformar el medio, reconociendo la creación de herramientas y símbolos como aportes muy significativos del período.

EDUCACIÓN TECNOLÓGICA – 7º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
	• Aplican los conocimientos sobre formas de energías no convencionales y usos eficientes de la energía y de los materiales en el diseño y construcción de un objeto tecnológico.

ARTES VISUALES – 7º básico

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Descubrimiento del entorno natural como referente de distintas áreas del diseño.	• Descubren formas, estructuras y colores del entorno natural y las asocian a diversas modalidades del diseño.
• Percepción y registro de formas, estructuras y colores del entorno natural empleados en el ámbito del diseño.	• Reconocen el diseño en objetos y otros elementos del entorno cultural.
• Aplicación de formas, estructuras y colores del entorno natural en la elaboración de diseños en el plano y/o el volumen.	• Emplean formas, estructuras y colores del entorno natural en la elaboración de diseños en el plano y el volumen.
• Reconocimiento y registro de diseños que dan cuenta de nuestra identidad, en diferentes épocas, regiones y ámbitos socioculturales.	• Reconocen y caracterizan diseños representativos de diversas localidades y regiones de Chile.
• Apreciación de manifestaciones del diseño en rituales, fiestas religiosas, carnavales, celebraciones, etc.	• Identifican áreas del diseño en festividades de diferentes épocas, regiones y ámbitos socioculturales. • Aprecian elementos utilizados en la celebración de festividades tales como: trajes típicos, adornos, objetos, etc.
• Diseño y elaboración de máscaras, vestuario, objetos y otros elementos necesarios para la celebración de festividades propias del entorno cultural.	• Realizan diseños de elementos necesarios para la celebración de festividades.

1º MEDIO

HISTORIA Y CIENCIAS SOCIALES – 1º medio

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Grandes unidades naturales que caracterizan la región.	• Identifica y localiza las grandes unidades naturales que caracterizan la región (Cordillera de Los Andes, Cordillera de la Costa, planicies litorales, depresión intermedia, valles fluviales, áreas desérticas, zonas de islas y fiordos).
• Clima, relieve, vegetación y fauna de la región y su variación entre unidades naturales.	• Diferencia las grandes unidades naturales de la región en términos de relieve, clima, vegetación y fauna.
• Causas y factores explicativos de las variaciones del clima entre unidades naturales (altitud, latitud, orografía, continentalidad).	• Caracteriza el clima de la región y explica su variación entre unidades naturales, considerando como factores explicativos la latitud, la altitud, la orografía, la continentalidad.
• El paisaje natural y su transformación por la acción humana.	• Aprecia el papel de la sociedad en la creación del paisaje. • Valora la preocupación por los efectos ambientales de la acción humana.
• Problemas ambientales.	• Discute la existencia de problemas ambientales en su región, distinguiendo sus causas, las distintas posiciones en juego y las alternativas para enfrentarlos.
• Recursos naturales de la región.	• Conoce la existencia y distribución de los recursos naturales de la región; identifica aquellos que sirven de sustento a las actividades productivas más destacadas: suelos, aguas, vegetación, recursos mineros, pesqueros, etc.; y los diferencia en recursos renovables y no renovables.

• Población regional: volumen, densidad, distribución por sexo y edad, condición urbano-rural.	• Describe la población regional en términos de su volumen, densidad, distribución por sexo y edad, y condición urbano-rural.
• Dinámica demográfica: natalidad, mortalidad, migraciones.	• Reconoce la natalidad, la mortalidad y las migraciones como los grandes factores de cambio demográfico.
• Caracterización de la población en términos socioeconómicos.	• Conoce la distribución de la población regional por sectores económicos. • Opina sobre la desigualdad socio-económica de la población, y valora la equidad social.
• Diversidad cultural en la región.	• Reconoce similitudes y diferencias entre grupos sociales y culturales en la región. • Comprende el significado de los conceptos cultura, costumbre y diversidad cultural, y los aplica al análisis de la realidad regional. • Valora su propia identidad e historia local.

BIOLOGÍA – 1º medio

Contenidos	Aprendizajes esperados
Influencia humana en el ecosistema.	• los diversos aspectos de la relación humana con el ambiente, que satisfacen necesidades orgánicas, tecnológicas y estéticas; • el valor de la responsabilidad y preocupación individual y colectiva por el ambiente.

QUÍMICA – 1º medio

Contenidos	Aprendizajes esperados
Mineralogía: cristales, minerales metálicos y no metálicos; minerales primarios y secundarios; distribución geográfica de los minerales en Chile.	▪ Identifiquen, a lo menos, cinco minerales metálicos y cinco no metálicos producidos en Chile. ▪ Distingan entre minerales primarios y secundarios.

EDUCACIÓN FÍSICA – 1º medio

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Formas y técnicas de exploración básicas de al menos un entorno natural, tal como: espacio abierto dentro del establecimiento educacional, espacio natural cercano a éste, zona precordillerana, zona desértica, terreno costero, etc.	▪ Demuestren sensibilidad y valoración de los recursos naturales desde puntos de vista diversos: deportivo, estético, lúdico, descanso, salud, diversión, económico, etc. ▪ Dominen las técnicas que les permitan relacionarse debidamente con el entorno natural, por ejemplo, manejo de desechos, manejo del fuego, cuidado de especies naturales, purificación del agua para consumo humano, etc. ▪ Exploren en forma segura, reconozcan especies de flora y fauna del lugar, y respeten la realidad sociocultural de los lugares visitados.
• Técnicas de seguridad en al menos un espacio físico natural, tal como: espacio abierto dentro del establecimiento educacional, espacio natural cercano a éste, zona precordillerana, zona desértica, terreno costero, etc.	▪ Se desenvuelvan con seguridad y confianza en los medios físicos naturales, previniendo riesgos derivados de las condiciones climáticas o de higiene. ▪ Muestren capacidad para relacionarse positivamente y trabajar con compañeros en el logro de objetivos comunes durante situaciones adversas y de incertidumbre generadas en ambientes físicos naturales.
• Técnicas de campamento en un terreno geográfico natural, tal como: espacios abiertos dentro del establecimiento educacional, espacios naturales cercanos a éste, zonas precordilleranas, zonas desérticas, terrenos costeros, etc.	▪ Apliquen técnicas básicas que se relacionan con la selección, armado y cuidado de un campamento. ▪ Conozcan los elementos básicos para cuidar y dar buen uso a los recursos naturales existentes en lugares seleccionados para el armado de un campamento. ▪ Seleccionen el lugar de campamento considerando criterios de seguridad pertinentes.

2º MEDIO

HISTORIA Y CIENCIAS SOCIALES – 2º medio

Contenidos	Aprendizajes esperados
América Precolombina. Las grandes civilizaciones precolombinas. Los pueblos pre-hispánicos en el actual territorio chileno.	• Reconoce que el continente americano estaba poblado en el siglo XV por una multiplicidad de grupos humanos, distinguiendo a mayas, aztecas e incas, y los pueblos indígenas en el actual territorio de Chile.

	• Aplica el concepto antropológico de cultura para caracterizar los pueblos indígenas de América.
La conquista española. Principales características y propósitos de la empresa de conquista de los españoles en América y sus efectos para los pueblos indígenas. La conquista de Chile: la ocupación del territorio.	• Reconoce los efectos que tuvo la conquista española en los pueblos indígenas y distingue las distintas políticas que la Corona y la Iglesia mantuvieron en su relación con ellos.
Relaciones entre españoles e indígenas: trabajo obligatorio, mestizaje, evangelización, sincretismo cultural y resistencia mapuche.	• Entiende que la historia de los pueblos indígenas no termina con la llegada de los europeos y visualiza las dificultades que tienen actualmente estos pueblos para insertarse en las naciones-estados latinoamericanos. • Vincula la situación actual de los grupos indígenas en Chile con la relación entre españoles e indígenas iniciada en la Colonia, y comprende que este es un proceso que afecta diferentes pueblos indígenas del continente. • Describe las características principales de la empresa de conquista en América, con énfasis en la conquista del territorio de Chile. • Caracteriza la sociedad colonial, en términos de sus instituciones políticas, las actividades económicas preponderantes, la vida cotidiana en la ciudad y fuera de ella. • Reconoce que la identidad cultural latinoamericana se construyó en el encuentro entre españoles e indígenas.

BIOLOGÍA – 2º medio

Contenidos	Aprendizajes esperados
1. Biodiversidad y factores que la afectan.	• la biodiversidad como el número de especies (riqueza específica) en un cierto hábitat, producto de la interacción entre genoma, especie y ecosistema; que el cuidado de la biodiversidad demanda el estudio de múltiples factores que la determinan;
2. Recursos naturales.	• que las perturbaciones introducidas por la actividad humana pueden resultar en destrucción de hábitats naturales o su conversión a actividades incompatibles con la conservación de la biodiversidad;
3. Preservación, conservación y protección	• el concepto de desarrollo sustentable como la forma de explotar los excedentes biológicos sin agotar el capital, asegurando que las generaciones futuras tengan las mismas oportunidades de beneficiarse que las actuales; • cómo evaluar éticamente la conveniencia de perturbar ecosistemas frágiles y aquilatar los costos biológicos del desarrollo, apreciando que el ser humano no es el dueño final de la biodiversidad, sino que debe legarla a futuras generaciones.

4º MEDIO

BIOLOGÍA – 4º medio

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Ecología y sociedad	• La estructura y composición de especies de los ecosistemas presentan un equilibrio en el tiempo, que puede perdurar por años sin grandes variaciones, a menos que se altere por factores externos o ruidos, principalmente actividad humana (ej. sobreexplotación de especies y contaminación), con consecuencias a veces catastróficas. • El desarrollo tecnológico ha traído consigo un uso creciente, actualmente de gran magnitud, de recursos naturales no renovables, tales como petróleo (carbono fósil) y minerales, generando grandes fuentes de contaminación. • La velocidad de recuperación de un sistema ecológico dañado es mayor mientras mayor sea su diversidad específica. Por esto los daños por intervención humana pueden ser dramáticos si atentan contra la diversidad específica, especialmente en los biomas menos diversos y de hábitat extremos (desérticos, polares o de grandes alturas). La intervención humana en un ecosistema debe ser cuidadosamente estudiada para no ocasionar daños irreversibles y los gobiernos han adquirido la obligación de velar por el cuidado de sus comunidades biológicas.

INFORME FINAL
LICITACION ID: 618775-8-LP13
BIP: 30126735-0

ANÁLISIS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN HUMEDALES ANDINOS

V3

Octubre 2017

CONTROL REVISIÓN DOCUMENTO				
Versión	**Fecha**	**Elaborado por:**	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
0	01/08/2017	Gonzalo Benavides D'Angelo Durán Carola Aparicio Diego Arce Cristian Godoy José María Peralta Pedro Fuentes Lucía Varas Viviana Vásquez Felipe Lillo Elizabeth Chihuailaf Jorge Faundez Romina Acevedo Camila Ulloa José María Peralta	José María Peralta	Manuel Contreras L.
1	04/09/2017	Gonzalo Benavides D'Angelo Durán Carola Aparicio Diego Arce Cristian Godoy José María Peralta Pedro Fuentes Lucía Varas Felipe Lillo Camila Ulloa José María Peralta	José María Peralta	Manuel Contreras L.
2	04/10/2017	Pedro Fuentes Cristian Godoy Lucía Varas Carola Aparicio Diego Arce	José María Peralta	Manuel Contreras L.
3	30/10/2017	Cristian Godoy Lucía Varas Carola Aparicio Diego Arce	José María Peralta	Manuel Contreras L.

EQUIPO DE TRABAJO PRINCIPAL		
Nombre	**Título/Grado**	**Rol en el Proyecto**
Manuel Contreras	Biólogo, MSc, PhD	Director de proyecto
José María Peralta	Ing. Agrónomo, MSc, PhD	Jefe de Proyecto
Irma Vila	Lic. Biología, MSc	Asesora Científica
María E. Farías	Bióloga, PhD	Asesora Científica
Luis Ahumada	Biólogo	Tapetes Microbianos
Karina Araya	Ingeniero Agronomo	Coordinador Regional
Carola Aparicio	Ingeniero Agronomo	Coordinador Regional
Lucía Varas	Ingeniero Civil Ambiental	Encargada Salares
Diego Arce	Ingeniero Civil Hidráulico	Modelación numérica
Francisca Urmeneta	Ingeniero Civil Hidráulico	Modelación servicios ecosistémicos
Cristián Godoy	Ingeniero Civil, PhD €	Encargado de Modelación
Pedro Fuentes	Cartógrafo	Especialista cartografía
D'Angelo Durán	Biólogo Ambiental	Especialista en fichas sitios prioritarios.
Camila Ulloa	Médico Veterinaria	Especialista en Fauna
Gonzalo Benavides	Biólogo, PhD	Especialista en Ecosistemas Terrestres
Raúl Lagos	Técnico de terreno	Conductor y técnico de terreno
Marco Contreras	Técnico de terreno	Conductor y técnico de terreno.

CONTRAPARTE TÉCNICA		
Nombre	**Título/Grado**	**Rol**
Roberto Villablanca	Biólogo Marino	Responsable revisión informes

Folio006652

RESUMEN EJECUTIVO

Folio006653

RESUMEN EJECUTIVO

La región altoandina de la región de Antofagasta y, en general de la zona norte de Chile, tiene un alto valor ecológico, económico y cultural, además de tener una importancia estratégica especial para el país. En la Región de Antofagasta, esta área se extiende desde los 2.000 m de altitud y cubre el sector cordillerano y precordillerano, con una superficie de 76.768,9 km^2, y contiene un número importante de humedales, los cuales presentan múltiples usos o servicios ecosistémicos para los habitantes de la región. Dentro de los principales, se encuentran la provisión de agua a la industria, la agricultura y al sistema ecológico, como también los servicios de turismo y recreación.

Estos ecosistemas de humedales altoandinos corresponden a todos los sistemas hidrológicos abastecidos por aguas de deshielo de las altas cumbres, que originan vertientes, vegas y bofedales, ríos, lagos, lagunas y salares, los cuales pertenecen a la ecorregión de Puna, que ha sido catalogada como vulnerable y de alta prioridad para la conservación. Para la Puna Chilena se describen alrededor de 52 cuencas, que constituyen sistemas lacustres y salares altoandinos, de extensión variable, los cuales se caracterizan por presentar una alta biodiversidad, gran contenido de nutrientes y alta productividad primaria dentro de un contexto de extrema aridez en el cual se desarrollan. Las vegas y bofedales altoandinos son ecosistemas caracterizados por una condición hídrica de saturación permanente, presentando una gran diversidad biológica respecto del entorno, con un mayor número de especies vegetales y de fauna, propias de estos ecosistemas, además de permitir forraje y abrevadero de valiosas especies amenazadas en su conservación. Estos ecosistemas tienen además, una importancia social, cultural, ambiental y económica, ya que constituyen el sustento para las comunidades altiplánicas aymará, quechua y atacameña, pueblos originarios del norte grande de Chile, debido a que han proporcionado por miles de años agua y vegetación para sus animales, los cuales constituyen su fuente nutricional. Asimismo, en torno a ellos se desarrollan una serie de actividades turísticas que son el pilar del desarrollo económico comunal. Constituyen así un factor clave para la sustentabilidad económica, social y cultural de la región.

A pesar de su importancia, varios de los humedales altoandinos de la Región de Antofagasta se encuentran deteriorados o sometidos a presiones importantes que conducen a su deterioro. La razón de ello es multifactorial, y está dada principalmente por un uso no sustentable, principalmente de sus aguas. La industria minera, entre otros, ha hecho un uso no sustentable del agua de ese territorio, lo que ha conducido al deterioro e incluso desaparición de algunos de estos ecosistemas. Por otra parte, la industria turística no sustentable ha contribuido a la contaminación de los mismos. La actividad agropecuaria que realizan las comunidades del territorio también contribuye a su deterioro, por exceso de pastoreo. Todo lo anterior se ve agravado por las bajas medidas de protección y además, al bajo empoderamiento de la ciudadanía, que no reconoce la importancia de preservar y hacer un uso sustentable de este recurso.

Hay un factor adicional a los anteriormente mencionados que está afectando, tanto la conservación y estado de los humedales alto andinos, como la estabilidad de las poblaciones humanas que habitan el territorio. Este factor es el cambio climático, proceso lento y paulatino, que está presente en el territorio provocando cambios en el régimen de temperatura y de los patrones de precipitación, afectando las fuentes y reservas de agua del territorio. Este factor, combinado a la vulnerabilidad de la biodiversidad del territorio,

Folio006654

produce que las poblaciones humanas y la riqueza cultural de la zona se vean amenazadas. Dado lo anterior, se hace imperativo evaluar el impacto del cambio climático sobre esta zona en particular, y entregar herramientas de adaptación de los habitantes, que verán afectada su fuente de sustento o servicios ecosistémicos que les brindan los humedales.

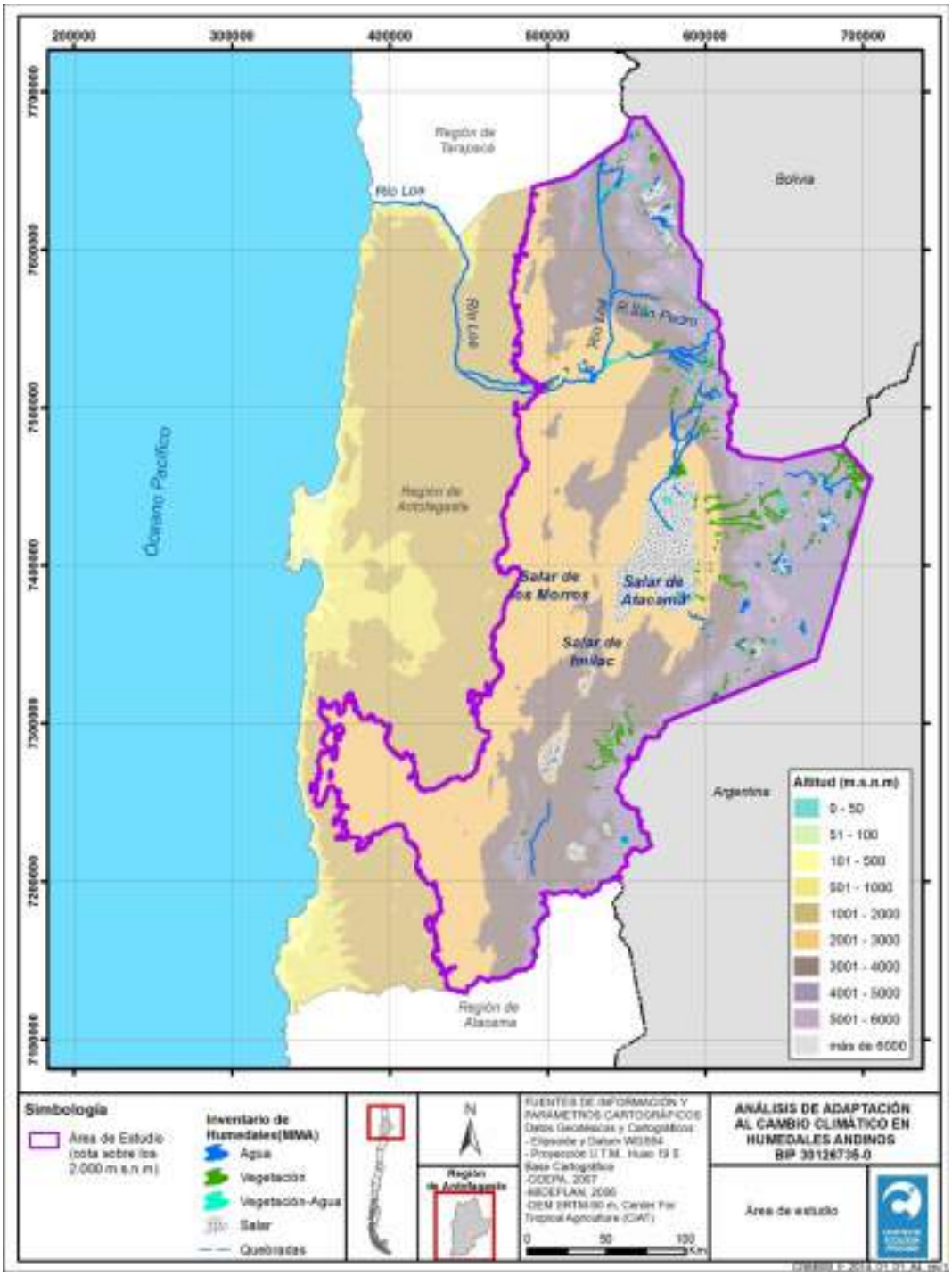


Figura 1. Area de estudio asociada a los humedales altoandinos de la región de Antofagasta.

Folio006655

Por lo tanto, la Subsecretaria del Medio Ambiente, Seremi Antofagasta del Gobierno de Chile licitó el estudio **titulado "Análisis de Adaptación al Cambio Climático en Humedales Andinos"**, cuyo objetivo principal fue el analizar, identificar y aplicar medidas piloto de restauración y conservación de humedales altoandinos de la región de Antofagasta, como adaptación de comunidades locales frente al cambio climático. La Figura 1 muestra el área de estudio que comprendió este proyecto.

Este estudio nació dado que las evaluaciones realizadas a nivel país respecto de la vulnerabilidad de la biodiversidad frente a escenarios de cambio climático, indican que los humedales altoandinos son vulnerables frente a cambios en las condiciones ambientales, principalmente frente a cambios en la temperatura y en las tasas de precipitación. También, se determinó que estos sistemas son vulnerables a las presiones antrópicas producto de las actividades productivas de la zona, principalmente asociadas a la extracción de recursos hídricos desde múltiples usuarios. Dado lo complejo del escenario, el estudio requería tener una mirada global, integrada y de largo plazo respecto de la sensibilidad ambiental de estos sistemas de humedales altoandinos, identificando las presiones actuales y potenciales, tanto globales como locales, de modo de aplicar medidas efectivas de planificación, control, mitigación y remediación de estos sistemas.

Dentro de los objetivos específicos del estudio estuvieron la recopilación, sistematización y análisis de la información biótica y abiótica existente sobre los humedales altoandinos seleccionados como de importancia para la región y sus comunidades, la caracterización de sus usos, presiones y amenazas, la identificación, caracterización y mapeo de los distintos tipos de bienes y servicios ecosistémicos de los humedales seleccionados, la identificación y caracterización de los diferentes actores claves vinculados a los usos, presiones y amenazas de los humedales seleccionados, la identificación e implementación de medidas piloto de adaptación al cambio climático en las comunidades del territorio y la difusión de la importancia de los temas atingentes al conocimiento de estos ecosistemas, su conservación y manejo, en la comunidades locales, y en la región, en general.

1.1 Líneas de trabajo del estudio

El desarrollo del estudio se realizó en base a diferentes líneas de trabajo, las cuales contemplaron la ***identificación de humedales prioritarios,*** donde a partir de una revisión bibliográfica de estudios paralelos y previos, se elaboró una caracterización física, biológica y ecológica de los humedales; una caracterización hidrológica e hidrogeológica y un catastro de las actividades productivas y de las demandas hídricas del área de estudio. Esta información fue integrada sobre una plataforma SIG sobre la cual se identificaron y caracterizaron las presiones y amenazas sobre los humedales altoandinos emplazados en el área de estudio (extracción de agua subterránea, pastoreo, turismo, demanda agua potable, etc). Esta información fue utilizada como base para definir los humedales prioritarios, los cuales fueron definidos a dos niveles, aquellos más estables para ser usados como testigos para el cambio climático (3) y, otros sometidos a presiones y amenazas, los cuales fueron seleccionados en conjunto con las comunidades locales (15).

Una segunda línea de trabajo correspondió al ***monitoreo y caracterización de los humedales considerados prioritarios,*** donde se implementaron monitoreos locales

Folio006656

intensivos y extensivos en los humedales definidos como para ser usados como testigo ante el cambio climático y aquellos sometidos a presiones, respectivamente. El monitoreo intensivo consistió en aplicar un conjunto completo de muestreos y análisis de las matrices de agua, sedimentos, biota, emisiones de gases de efecto invernadero, y de análisis de imágenes hiperespectrales. Estos monitoreos fueron realizados en 3 temporadas distintas. El monitoreo extensivo, por otro lado, consistió en el monitoreo y caracterización de algunos parámetros de calidad de agua, de flora y vegetación. La información levantada de cada uno de los sistemas fue usada para describir y caracterizar el comportamiento ecosistémico de cada humedal o sistema, identificando las variables de estado y forzantes que determinaban sus procesos funcionales.

Una tercera línea de trabajo consistió en desarrollar una ***modelación acoplada atmosférica-hidrogeológica,*** donde a partir de la información hidrológica e hidrogeológica del área de estudio, del catastro de demandas hídricas, y de series de datos de escenarios probables a escala local provenientes de los resultados de correr los modelos atmosféricos globales de cambio climático, se corrió el modelo de aguas subterráneas Modflow a nivel regional, lo que permitió proyectar el nivel del agua subterránea para las situaciones de uso actual y bajo escenarios de cambio climático. Sobre la base de este análisis fueron identificadas áreas donde las presiones y amenazas tendrían un efecto de mayor magnitud en el mediano y largo plazo, para evaluar la vulnerabilidad de los humedales altoandinos a la extracción de agua subterránea y/o una menor recarga hidrológica.

De forma paralela a la modelación, se desarrolló además una ***evaluación económica-ambiental para la conservación,*** donde se realizó una caracterización y modelación de bienes y servicios ecosistémicos de los humedales altoandinos, identificándose el valor de ellos y su vulnerabilidad en términos de los servicios por ellos prestados.

Complementariamente se hizo una ***evaluación del costo de la instalación de una o varias plantas de desalinización en la costa y la elevación del agua desalada*** hacia las faenas mineras emplazadas en el altiplano, como posibilidad futura para la conservación del recurso hídrico. Paralelamente se estimó el costo económico asociado a la pérdida irrecuperable de los sistemas identificados en peligro en la etapa anterior. Ambos costos fueron utilizados en una evaluación económica utilizando indicadores de rentabilidad como el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno).

Una de las etapas de mayor relevancia del estudio fue la ***aplicación de medidas piloto para la restauración y conservación***, en donde a partir de la información levantada en los monitoreos intensivos y extensivos sobre los sitios priorizados y las necesidades y percepciones de las comunidades, se desarrollarán iniciativas que permitan aumentar el conocimiento y la información disponible del territorio y el empoderamiento local, los cuales son claves en la adaptación de las poblaciones residentes al cambio climático.

Finalmente, el estudio tuvo una línea de trabajo asociada a la ***difusión y participación*** de los actores locales en la información levantada y generada por el estudio, en donde los avances y resultados obtenidos, fueron difundidos a la comunidad y autoridades mediante presentaciones y talleres, los que fueron coordinados de manera conjunta con el Ministerio del Medio Ambiente, Seremi Antofagasta .

Folio006657

1.2 Actividades desarrolladas y resultados

Dentro de las actividades desarrolladas, se sistematizó la información existente de meteorología, fluviometría y de calidad de agua, proveniente de las estaciones de registro de la Dirección General de Aguas (DGA) y del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Los datos de ambas fuentes fueron revisados y estandarizados de forma tal de que estuvieran disponibles para su uso posterior en modelos u otras aplicaciones. Además, se hizo una recopilación de información respecto a la existencia de proyectos mineros a partir de los registros del SEIA; información geológica y geomorfológica desde el SERNAGEOMIN, la identificación de sistemas de vegas y bofedales a partir de la información de CIREN y un estudio que desarrolló la DGA y, una recopilación y revisión de los derechos de agua del área de estudio, a partir de información de la DGA.

A modo de resumen, en el área de estudio se ubican 49 estaciones meteorológicas, de las cuales 42 están bajo la tuición de la DGA y 7 del INIA, estas últimas ubicadas principalmente en zonas con algún potencial agrícola. Respecto a las estaciones fluviométricas y de calidad de agua, se registran 73 Vigentes de las primeras, y 34 Vigentes de las últimas. Respecto a los proyectos mineros se lograron identificar 134 iniciativas, de las cuales CODELCO lidera el número de proyectos con 41 (30,6%), y Minera Escondida con 18 (13,4%).

Respecto a los derechos de agua, se encontraron 148 derechos de agua superficial, correspondientes a 5.967,18 l/s, donde el principal titular es SENDOS (caudal total otorgado de 2.311,37 l/s, o el 38,7%) seguido por la Comunidad Atacameña Río Grande y Asociación de Regantes y Agricultores de San Pedro (caudal total otorgado de 1.157,37 l/s, correspondiente a un 19,4% del total de derechos). Los derechos de agua subterráneos correspondieron a 394 derechos, donde según información del pago de patentes, el 58% de ellos se encontraba Operativo, 20% derechos Parcialmente Activos (sujetos a pago por una parte del caudal otorgado), y un 18% en condición de Inactividad. Un 4% están actualmente en revisión. El caudal total otorgado corresponde a 13.603,6 l/s y los principales titulares son CODELCO, con un caudal total otorgado de 5.221 l/s (38,4% del total) y Minera Escondida, con 3.564,49 l/s (26,2 % del total).

Respecto al catastro de sistemas de vegas y bofedales en el área de estudio, se logró determinar un total de 264 sistemas, de los cuales 188 (71,2%) son alimentados por fuentes de agua proveniente del escurrimiento superficial, 29 (10,98%) a partir de aguas subsuperficiales y 47 (17,8%), a partir de aguas subterráneas.

Adicionalmente, se utilizó como insumo para la caracterización de humedales y su priorización, la información generada en el proyecto “Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos”, donde se realizó un análisis integrado de vulnerabilidad y variabilidad histórica y presiones y amenazas hacia los humedales de la región de Antofagasta. Dicho estudio arrojó como resultado una clasificación del estado de los humedales en tres categorías, a saber:

- **Humedales Estables**: Son aquellos Humedales que en su análisis de Recurrencia Histórica muestra una tendencia al Alza y que dentro de sus análisis de Vulnerabilidad estén clasificados Bajos o Medios.

Folio006658

- **Humedales Estables con Presión Antrópica**: Son aquellos Humedales que es su análisis de Recurrencia Histórica muestren una tendencia al Alza, y que dentro de su análisis de vulnerabilidad antrópica estén clasificados como Altos o Muy Altos.

- **Humedales Inestables**: Son aquellos humedales que en sus análisis de Recurrencia Histórica presenten una tendencia a la Baja.

La Tabla 1 muestra el número de humedales y el porcentaje respecto al total, asociado a la clasificación anterior.

Tabla 1. Priorización de Humedales por Categoría[1].

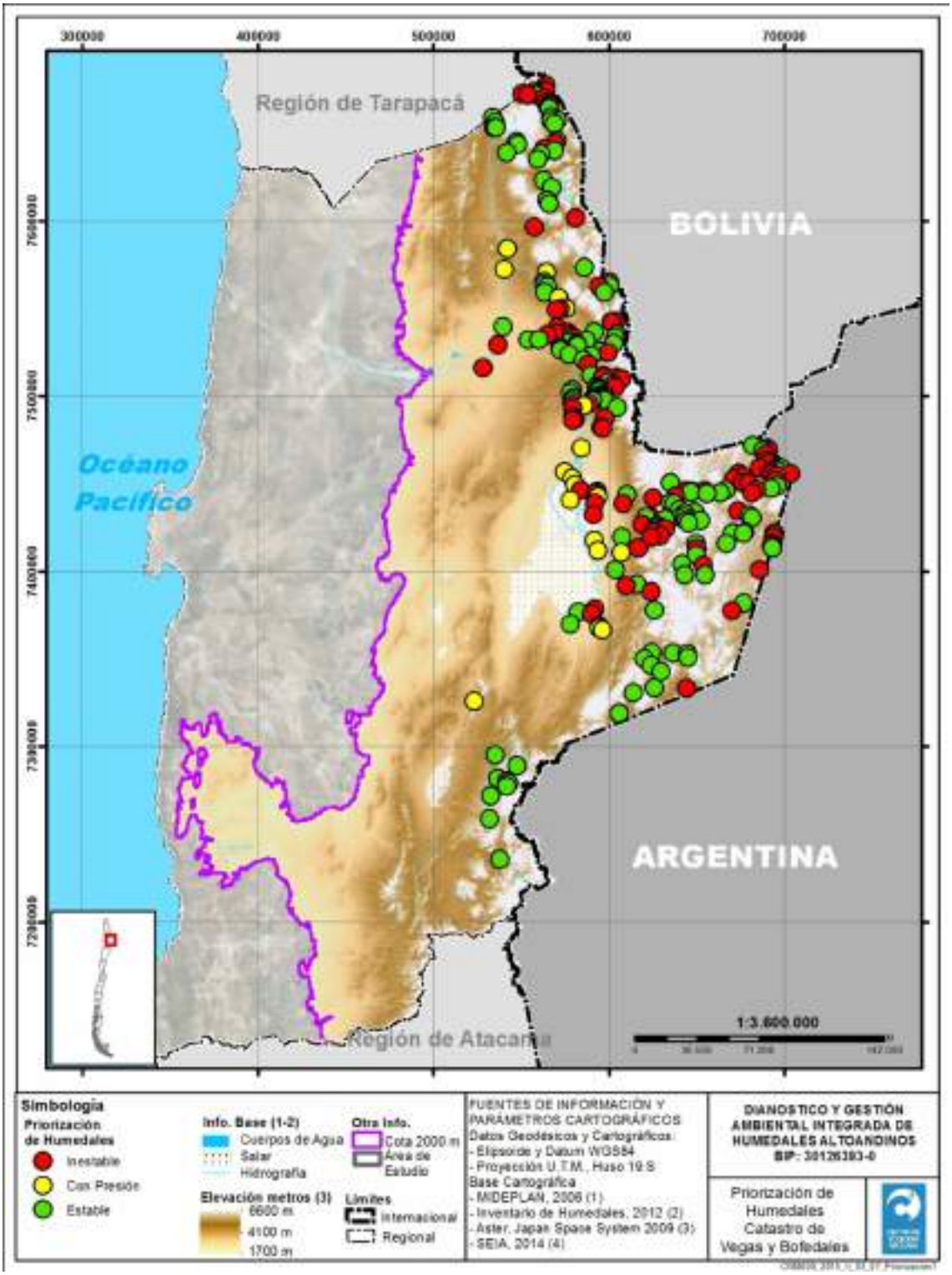
Resumen Priorización		
Categorias	**Nº**	**%**
Humedal Estable	136	52%
Humedal Estable con Presion Antrópica	20	8%
Humedal Inestable	94	36%
Humedales sin Dato	14	5
Total	**264**	**100%**

Fuente: Informe final Proyecto Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos. BIP: 30126393-0

La distribución geográfica de los humedales clasificados se ilustra en la Figura 2.

[1] Informe Final Proyecto Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos BIP: 30126393-0

Folio006659



Fuente: Informe final Proyecto Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos. BIP: 30126393-0

Figura 2. Priorización de humedales, catastro de Vegas y Bofedales SITHA-CIREN.

Folio006660

Con la información anterior, se procedió a realizar una identificación preliminar de humedales prioritarios, para luego establecer los criterios que permitieron una priorización basada en elementos ambientales, como de servicios ecosistémicos y de importancia para las comunidades. El objetivo del proceso de priorización fue seleccionar algunos de los humedales para proceder a caracterizarlos, mediante campañas de terreno. La priorización y selección de los humedales para su caracterización se basó en el análisis y clasificación realizada a los cuerpos de agua y vegetación en el proyecto "Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos", código BIP 30126293-0 (Figura 2); en el considerar un grupo de humedales sin intervención (condición natural), para poder comparar, los efectos sólo del cambio climático; en considerar un grupo de humedales que estén sometidos a amenazas o presiones, ya sea por extracción de agua, pastoreo u otras (vulnerabilidad y estado); en considerar que los humedales están asociados a grupos humanos o comunidades y; en tener una adecuada representación de cada una de las ADI de la Región. Dado los criterios anteriormente descritos, los humedales se dividieron en dos grandes grupos, a saber, aquellos sin intervención o en condición lo más natural posible y, aquellos sometidos a presiones. Respecto a los humedales sin intervención, se seleccionaron 3, que correspondieron al salar de Carcote, la vega Tocorpuri y el salar de Aguas Calientes I. Respecto a aquellos sometidos a amenazas o presiones, se seleccionaron 6 correspondiente al ADI Alto El Loa (Lasana, Cebollar Ascotan, Ollague, Cupo,Ayquina y Chiuchiu) y 5 correspondientes al ADI Atacama La Grande (Talabre, Machuca, Peine, Camar y Coyo), lo que corresponde a 11 localidades.

La caracterización de los sistemas en condición natural fue realizada en función de las variables vigorosidad de la vegetación, determinada por teledección o análisis de imágenes hiperespectrales; calidad de agua; biota acuática; caracterización de los tapetes microbianos; flora y vegetación; fauna y flujo de gases de efecto invernadero. Se realizaron 3 campañas de monitoreo, octubre de 2015, agosto de 2016 y marzo de 2017. Respecto a los sistemas con intervención, en 11 localidades asociadas a las comunidades de las ADI Alto El Loa y Atacama La Grande, se levantó información de terreno en marzo de 2016, para calidad de agua, biota acuática, fauna, flora y vegetación. De estos últimos sectores y localidades se elaboraron Informes específicos, los cuales fueron entregados a cada comunidad. Dichos informes contienen una descripción del área y/o localidad, y la información específica de la fauna, flora y vegetación encontrada en cada uno de los lugares caracterizados en conjunto con la comunidad.

Dentro de las actividades del proyecto estaba considerado desarrollar modelaciones numéricas, que abarcaban dos líneas de desarrollo y análisis principales. La primera de ellas correspondió a la modelación denominada de aguas subterráneas, la cual corresponde a la creación, calibración y ejecución de un modelo numérico de aguas subterráneas de toda la Región de Antofagasta, el cual permitía realizar una estimación de los cambios futuros de niveles y dinámicas del agua subterránea, posibles de existir como parte del proceso de cambio climático, y en conjunto con las presiones antrópicas locales futuras. Junto con la modelación antes descrita, se desarrolló una línea paralela de evaluación de los sistemas naturales, la cual buscó realizar una aproximación de valorización de los sistemas naturales contenidos en el área de estudios, en términos de los servicios ecosistémicos y el valor que ellos entregan, tanto a nivel biológico como a la comunidad. Esta evaluación es realizada utilizando el modelo InVEST ("Integrated Evaluation of Ecosystem Services and Tradeoffs").

Folio006661

La construcción de los modelos fue realizada en base a los antecedentes recopilados y sistematizados como parte de este estudio, además de tenerse como base la sistematización previamente realizada en el proyecto en desarrollo BIP 30126293-0: "Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos". Las modelaciones de aguas subterráneas entregarán información de la dinámica y magnitudes del cambio (espacialmente) esperado bajo los diferentes escenarios de cambio climático, permitiendo realizar una sensibilización espacial y determinar los posibles efectos esperados (en magnitud) en cada uno de los sistemas naturales priorizados y estudiados en el proyecto. En cuanto a la modelación realizada con InVEST, el modelo permitió la evaluación de sólo dos servicios ecosistémicos, calidad de hábitat y turismo.

La modelación de aguas subterráneas es realizada con el modelo ModFlow, y utiliza como base de la evaluación, la información aportada por modelos climatológicos globales e información de gran escala desarrollada por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), esta última desarrollada con el modelo global base de circulación MIROC5. Esos últimos, son procesados y llevados al campo cercano (área de estudio) mediante un proceso de "downscaling" en el modelo numérico WRF (de la sigla en inglés de "The Weather Research and Forecasting"). Los escenarios estudiados corresponden a los propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). En particular, se utilizaron las condiciones de clima futuro RCP 2.6 y RCP 8.5, los cuales corresponden a una de las últimas generaciones de escenarios que utilizan una condición de mayor forzamiento radiativo en relación a la condición de clima actual, debido básicamente al efecto invernadero. Adicionalmente, y según las recomendaciones de este mismo panel, se realizó el estudio del clima Histórico, con el objetivo de analizar las variaciones entre el clima actual versus el clima futuro. Los resultados obtenidos muestran que los escenarios de cambio climático cuentan con una tendencia favorable de las recargas totales a nivel global, con respecto a la situación actual. Esto se debe principalmente al aumento de las precipitaciones en toda la zona de estudio en los escenarios climáticos futuros. Particularmente, la situación más favorable correspondería al escenario RCP 8.5, en donde el aumento de la recarga es mucho mayor que para la condición actual. Por otro lado, el escenario RCP 2.6 presenta una condición mejorada a nivel global, pero a nivel local presentó una situación desfavorable en comparación a la situación actual en el tramo norte, en la zona cercana a las subcuencas de río Salado, río San Salvador y parte del río Loa.

Con los resultados anteriores, más el análisis multicriterio desarrollado en el estudio "Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos", se elaboró una Categorización de Riesgo de humedales, la cual incorpora el estado actual del humedal más la vulnerabilidad estimada por los efectos del cambio climático. De estos resultados se desprende que más del 60% de los humedales se encuentra con un Riesgo Bajo, mientras que un 17% presentó un Riesgo Medio, particularmente para el escenario RCP 2.6. Este último resultó ser el escenario futuro más desfavorable, en términos de la disponibilidad de agua para los humedales.

A partir de esta información, se realizó un análisis económico asociado al costo de desalación de agua de mar y la reposición de la misma en los humedales bajo análisis o costos de pérdida de humedales. La obtención de agua potable proveniente del mar, por medio de la desalinización, es una práctica muy desarrollada a nivel mundial, demostrando ser un método técnico y económicamente viable. Se describen los principales métodos de desalinización de agua de mar, estima sus costos de inversión y

Folio006662

operación, describiendo casos a nivel mundial y nacional, y por otra parte, dado el valor de los servicios ecosistémicos, estima el costo unitario de pérdida de humedales. Finalmente, estima el costo de reposición de dichos humedales, en un horizonte de 20 años. Se estimó, en base a literatura y revisión de proyectos actualmente en funcionamiento en Chile, que el metro cúbico de agua desalada cuesta cerca de US$ 0,8 a 1,0/m^3 si está en la costa, pero su precio sube conforme se bombea hacia el interior. En zonas de altura, donde están varias mineras en la región de estudio, puede llegar a costar entre US$ 5 a 8 el metro cúbico. Se recogieron los resultados de uno de los estudios clave relativo a la valoración de áreas silvestres en el país (Figueroa, 2010), que complementa y profundiza la estimación del valor económico de los bienes y servicios ecosistémicos de las áreas protegidas, donde se encuentra los Humedales Salar. Se utiliza el concepto de precio de mercadeo –cantidad de dinero que los individuos están dispuestos a entregar por un bien o servicio ambiental, para incrementar su bienestar o impedir una pérdida del mismo, o bien la cantidad de dinero que está dispuesto a aceptar por un cambio en la calidad de vida producto del deterioro ambiental (Field, 1995).

El valor ecológico por hectárea de humedal salar, según los valores estimados por Figueroa (2010) -sobre la base de la estimación de Brander (2000)- representaría un monto de 338 dólares/ha del 2009. Se considera que el valor obtenido está claramente subestimado (incluso actualizando las cifras).

Se plantea el reemplazo de los valores utilizados como base en dicho estudio de manera de obtener cifras reales. Se obtuvo un valor de stock de US$ 1,004.383 – 1,337.717/ha.

Al estimar el VAN (6%) Perpetuo de los caudales de recarga en los Cuerpos de Agua y Sistemas Vegetacionales de la Región, considerando el efecto proyectado del Cambio Climático en tres escenarios, se observa un impacto económico valorizado superior tanto diferencial como total por concepto de recarga hídrica en los Cuerpos de Agua, concentrándose la diferencia solo en uno de ellos, de los 48 analizados. En tanto, el impacto en los Sistemas Vegetacionales es menor, tanto en términos totales como diferenciales, distribuyéndose en 26 locaciones de 264 estudiadas. El valor del VAN Perpetuo por hectárea asociado a cuerpos de agua varió entre los US$898.685 a los US$1.198.247 (dependiendo si se utiliza 6 u 8 dólares como costo del m^3 de agua) y, para sistemas vegetacionales, entre US$434.835 a US$579.780.

Uno de los objetivos del proyecto fue prospectar e implementar medidas de adaptación al cambio climático con las comunidades, tanto de la ADI Alto EL Loa, como de Atacama La Grande. Se lograron desarrollar, en forma piloto, cinco medidas de adaptación al cambio climático con las comunidades locales. La primera medida fue la implementación de un sistema de monitoreo extensivo de los humedales altoandinos con las comunidades locales. El objetivo de esta medida fue establecer una base de información confiable y empoderar a las comunidades locales con el estado de los recursos naturales de su propio territorio, generando capacidades a nivel local para observar, medir y registrar información de carácter local que dé cuenta de las variaciones observables del recurso agua, vegetación, y la fauna locales, como también de preservar el conocimiento ancestral de los usos de la flora local y la historia del territorio. Se monitorearon 16 humedales de 12 localidades y se generaron el mismo número de informes de caracterización, los cuales fueron entregados a la comunidad directamente, para su utilización.

Una segunda medida de adaptación fue la implementación, en forma piloto, de una red de monitoreo en cuencas endorreicas, que son especialmente sensibles a las presiones

Folio006663

generadas por la acción antrópica y al cambio climático. Fundamentalmente estos sistemas están estrechamente ligados a la existencia de los recursos hídricos en calidad y cantidad y, por lo tanto, en la medida que el agua es más escasa o cambia sus características, la integridad ecológica de los humedales se ve amenazada y con ello, la subsistencia de las comunidades que viven en el territorio. Dado lo anterior, se consideró que es de particular importancia contar con algún sistema que permitiera conocer el estado actual de dichos humedales, mediante información de tipo continúa, que entregue la posibilidad de realizar modificaciones al manejo de los recursos, ante signos iniciales de deterioro. La implementación consistió en la instalación de 1 estación meteorológica Campbell automática y un sensor de profundidad de nivel freático, en 3 humedales que serán usados como testigo del cambio climático, es decir, con nula o sin presión y estables. Los humedales seleccionados para la ubicación de estas estaciones de medición fueron el salar de Carcote y Aguas Calientes I y, la vega Tocorpuri. La tercera medida consistió en el apoyo a comunidades en sitios de interés turístico u otros servicios ecosistémicos.

En el análisis de la tercera medida, se tomó en cuenta que dentro de las medidas de adaptación al cambio climático, las más importantes son aquellas asociadas a la mantención y/o desarrollo de los servicios ecosistémicos que el territorio, y en forma especial los humedales del mismo, le ofrecen a las comunidades locales. Se entiende que en la medida que las presiones aumentan o el cambio climático genera cambios en las condiciones del lugar, ciertos servicios ecosistémicos se ven afectados, por lo tanto una forma de adaptación a estos cambios en definir nuevos bienes y servicios ecosistémicos con la comunidad, que les permita adaptarse a un ambiente en continuo cambio. La medida consistió en un apoyo directo, focalizado y continuo a una de las comunidades que presentó el mayor interés, con énfasis en las comunidades microbianas extremófilas que caracterizan la laguna Tebenquiche, además de varias actividades de capacitación específicas con la comunidad Coyo en el tema.

En cuarto lugar, el diagnóstico realizado permitió establecer que además de la reducción en el volumen y caudal de agua a los humedales, se constató una disminución de la calidad del agua, debido a fenómenos de salinización y contaminación inorgánica e orgánica. Dado esto, se consideró necesario desarrollar capacidades diferenciadas en monitoreo de los componentes ambientales asociados al territorio donde están insertos, de forma tal que se empoderen en su cuidado, conservación y mejoramiento, además de estar disponibles como capital humano capacitado para desempeñarse en la principal industria local. Para esto, se desarrolló una cuarta medida que consistió en implementar un programa de capacitación en tres (3) unidades educacionales del ADI Alto El Loa, para formar “monitores de calidad de agua” consistente en un curso teórico y práctico de evaluación de la calidad química del agua, más la entrega de una mochila de monitoreo que quedará disponible en cada establecimiento educacional considerado.

Finalmente, se consideró de gran importancia la nivelación de conocimientos en la comunidad, dada la necesidad de mantención y/o desarrollo de los servicios ecosistémicos que el territorio, y en forma especial los humedales del mismo, le pueden ofrecen a las comunidades locales. Se entiende que en la medida que las presiones aumentan o, el cambio climático genera cambios en las condiciones del lugar, ciertos servicios ecosistémicos se verán afectados, por lo tanto una forma de adaptación a estos cambios es encontrar o definir nuevos bienes y servicios ecosistémicos con la comunidad, que les permita adaptarse a un ambiente en continuo cambio. La base de esto es que el conocimiento existente sobre el territorio esté disponible y sea conocida por la comunidad,

Folio006664

de forma tal de que exista un adecuado equilibrio cuando se discutan temas asociados al territorio. Para esto se desarrollaron dos materiales de difusión que consistieron en una Guía de conservación y seguimiento de ecosistemas microbianos extremófilos y un libro orientado al turismo del área.

El estudio consideró además un extenso programa de participación y difusión el que tuvo como propósito promover la participación de las organizaciones civiles, académicas, de gobierno y sector privado en las actividades a desarrollar. Para esto se construyó un catastro de actores que logró agrupar 73 diferentes organizaciones, de las cuales 38 (52,1%) correspondieron a Comunidades; 25 de Organismos de Interés Público (34,2%) y 10 (13,7%) de Organizaciones Privadas. Debido a que el foco de atención del estudio y uno de sus indicadores de éxito es lograr tener impactos en la identificación e implementación de nuevos servicios ecosistémicos que permitan la adaptación de las comunidades al cambio climático, la estrategia de participación involucró la sensibilización del estudio con las comunidades locales, su difusión y el desarrollo de educación ambiental hacia la comunidad global de la región de Antofagasta.

Se seleccionaron comunidades representativas de las dos ADI de la región, que estuvieran en un radio de 10 km alrededor de los sistemas (vegetacionales y/o cuerpos de agua) que presentaran una condición estable desde el punto de vista de las forzantes ambientales y su estado actual. Esas comunidades (12) fueron visitadas en forma específica, y fueron caracterizados. Además, durante el período de desarrollo del proyecto se realizaron diferentes actividades de difusión y participación, desde la generación de material de difusión, como afiches,letreros, dípticos y trípticos; publicaciones en diarios de circulación masiva; elaboración de una guía educativa para estudiantes de las escuelas certificadas de la región; y actividades de divulgación como actividades educativas al aire libre, talleres, capacitaciones, seminarios y charlas. En resumen, se estima que el proyecto alcanzó a una población objetivo de sobre 650 personas, las que se distribuyen en 250 personas asistiendo a diferentes talleres regionales y locales de capacitación; 195 personas asistiendo a capacitaciones específicas y cerca de 200 asistentes a salidas educativas en terreno. Adicionalmente, se generaron varios insertos en páginas centrales de diarios de circulación regional. Estas charlas y talleres resultaron exitosas desde la perspectiva de que se intercambiaron experiencias y saberes de forma activa entre los participantes, como también se logró contextualizar los objetivos del Proyecto dando a conocer a la comunidad las etapas del mismo. Por otra parte, se logró trasmitir que la importancia de estos ecosistemas no solo radica en la diversidad de las especies animales y vegetales que albergan, sino también en las actividades de importancia económica y socio-cultural que sostienen.

Se logró también capacitar e instruir en uno de los ecosistemas de mayor importancia en el área de estudio, los organismos extremófilos. Se explicó como reconocerlos, sus diferencias, sus características y la importancia de su existencia. Esta información relevante fue transmitida a la comunidad a nivel local, comunal y regional. De la misma forma se explicaron las amenazas a todos estos atractivos naturales, con el propósito de que todos los usuarios contribuyan en la conservación de objetos singulares y característicos del ecosistema de los humedales.

Como una forma de darle continuidad al trabajo desarrollado y las expectativas de las comunidades, se elaboró un Programa para ser presentado al SNI denominado **“Plataforma de Generación y Transferencia de Información Ambiental de los**

Folio006665

Humedales Altoandinos de la Región de Antofagasta" cuyo propósito es instalar capacidades, infraestructura y tecnología en comunidades y organizaciones altoandinas, que generen condiciones habilitadoras para que éstas hagan un uso sustentable de los humedales del territorio. El Programa, en base al problema identificado, propone realizar una intervención en dos focos. Por una parte, en la generación de información base sobre el estado permanente de los humedales de la región. Para ello se instalará una red de observatorios ambientales que permitan recoger datos que serán procesados para ser utilizados como insumo base para la toma de decisiones, tanto por entidades públicas como privadas. El segundo foco, será el entrenamiento y educación ambiental, que permitirá a los involucrados del proyecto administrar e interpretar la información generada, apropiar a la población con la conservación de los humedales altoandinos y dejar instalados en el territorio recursos básicos para que los involucrados puedan hacer un uso sustentable de los humedales.

INDICE

Folio006667

1 SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA LOS HUMEDALES ALTO ANDINOS 1-2

1.1 Resumen ejecutivo 1-2
1.2 Estaciones de la Dirección General de Aguas 1-3
1.2.1 Estaciones meteorológicas 1-4
1.2.2 Estaciones fluviométricas 1-10
1.2.1 Estaciones de calidad de agua 1-10
1.3 Estaciones meteorológicas INIA 1-22
1.4 Análisis de los datos 1-24
1.4.1 Revisión y estandarización de los datos DGA 1-24
1.4.2 Revisión y estandarización de los datos INIA 1-31
1.4.3 Evaluación de los datos DGA 1-32
1.4.4 Evaluación de los datos INIA 1-64
1.5 Proyectos Mineros 1-82
1.6 Catastro de Derechos de Agua 1-86
1.6.1 Derechos de agua Superficiales 1-87
1.6.2 Derechos de agua Subterránea 1-97
1.7 Geomorfología y geología superficial (SERNAGEOMIN) 1-102
1.8 Catastro de información sobre vegas y bofedales 1-109
1.9 Priorización de los humedales altoandinos 1-111
1.9.1 Identificación preliminar de humedales prioritarios 1-111
1.9.2 Descripción de los humedales altoandinos 1-112
1.9.3 Sistema de lagunas terminales altiplánicas 1-113
1.9.4 Sistema de canales altiplánicos 1-117
1.10 Descripción de los sitios prioritarios preliminares 1-121
1.10.1 Cuenca Río Loa Alto 1-122
1.10.2 Salar de Ascotán 1-128
1.10.3 Geiser del Tatio 1-133
1.10.4 Oasis de Calama 1-139
1.10.5 Alrededores del Volcán Licancabur 1-144
1.10.6 Ayllus de San Pedro de Atacama 1-149
1.10.7 Salar de Atacama 1-153
1.10.8 Salar de Tara 1-162
1.10.9 Salar de Aguas Calientes (I) 1-167
1.10.10 Sistema de Lagunas Miscanti y Miñiques 1-174
1.10.11 Salar de Punta Negra 1-178

Folio006668

1.10.12 Salar de Pujsa 1-182
1.10.13 Laguna Lejía 1-185
1.10.14 Sistema Hidrológico de Soncor 1-189
1.10.15 Salar de Aguas Calientes IV 1-192
1.11 Priorización definitiva de humedales para su caracterización 1-196
1.11.1 Humedales sin intervención o en condición natural 1-196
1.11.2 Humedales con intervención o amenazados 1-197
1.11.3 Priorización con las comunidades previa al terreno. 1-200
1.11.4 Trabajo de caracterización en terreno 1-200
1.11.5 Cronograma de levantamiento de información en terreno 1-201
1.11.6 Priorización de humedales en comunidades seleccionadas por ADI 1-201
1.11.7 Resultados 1-203
1.11.7.1 ADI Alto El Loa. Resultados por comunidad 1-204
1.11.7.1.1 Comunidad de Ollagüe 1-204
1.11.7.1.2 Comunidad de Ayquina – Turi 1-205
1.11.7.1.3 Comunidad de Cupo 1-206
1.11.7.1.4 Comunidad de Toconce 1-208
1.11.7.1.5 Comunidad de Caspana 1-209
1.11.7.1.6 Resumen selección de humedales ADI Alto El Loa. 1-211
1.11.7.2 ADI Atacama La Grande. Resultados por comunidad 1-212
1.11.7.2.1 Comunidad de Rio Grande 1-212
1.11.7.2.2 Comunidad de Talabre 1-214
1.11.7.2.3 Comunidad de Peine 1-216
1.11.7.2.4 Comunidad de Machuca 1-217
1.11.7.3 Visión compartida de las ADIs entrevistadas que obedece a conclusiones previas del trabajo en terreno 1-224
1.12 Descripción del calentamiento global o cambio climático 1-224
1.13 Descripción de la adaptación ambiental de los humedales altoandinos 1-225

2 CARACTERIZACIÓN DE LOS HUMEDALES ALTOANDINOS 2-2
2.1 Resumen ejecutivo 2-2
2.2 Caracterización de Sistemas Naturales 2-6
2.2.1 Área de estudio y puntos de muestreo 2-6
2.2.2 Levantamiento de información en Sistemas Naturales 2-11
2.2.3 Caracterización Sistema Natural: Aguas Calientes I 2-13
2.2.3.1 Antecedentes 2-13

Folio006669

2.2.3.2 Superficie espejo de agua y cobertura vegetacional 2-18
2.2.3.3 Calidad agua 2-23
a) Parámetros in situ 2-23
b) Nutrientes y Clorofila a 2-25
c) Macroelementos 2-28
d) Parámetros físico-químicos 2-28
e) Metales 2-31
2.2.3.4 Tapetes microbianos 2-34
a) Biodiversidad al microscopio electrónico 2-36
b) Biodiversidad Microbiana 2-37
2.2.3.5 Biota acuática 2-45
a) Fitobentos 2-45
b) Fitoplancton 2-49
c) Zooplancton 2-53
d) Macroinvertebrados Bentónicos 2-56
2.2.3.6 Flora y Vegetación 2-59
a) Flora terrestre 2-59
b) Vegetación terrestre 2-60
c) Plantas Acuáticas 2-62
2.2.3.7 Fauna terrestre 2-63
2.2.3.8 Flujo de gases de efecto invernadero (GEI) 2-70
a) Flujos en matríz terrestre 2-76
b) Flujos en matríz acuática 2-76
c) Estimación de flujos en escala espacial 2-79
d) Comportamiento estacional de los flujos de GEI 2-80
2.2.3.9 Conclusiones 2-83
2.2.4 Caracterización Sistema Natural: Salar de Carcote 2-87
2.2.4.1 Antecedentes 2-87
2.2.4.2 Superficie espejo de agua y cobertura vegetacional 2-87
2.2.4.3 Calidad agua 2-92
e) Parámetros in situ 2-92
f) Nutrientes y Clorofila a 2-94
g) Macroelementos 2-97
h) Parámetros físico-químicos 2-97
i) Metales 2-100
2.2.4.4 Tapetes microbianos 2-103

Folio006670

2.2.4.5 Biota Acuática 2-110
a) Fitobentos 2-110
b) Fitoplancton 2-114
c) Zooplancton 2-118
d) Macroinvertebrados Bentónicos 2-121
2.2.4.6 Flora y Vegetación 2-124
a) Flora terrestre 2-124
b) Vegetación terrestre 2-124
c) Plantas Acuáticas 2-127
2.2.4.7 Fauna Terrestre 2-127
2.2.4.8 Flujo de gases de efecto invernadero (GEI) 2-133
a) Flujos en matriz terrestre 2-136
b) Flujos en matriz acuática 2-137
c) Estimación de flujos en escala espacial 2-140
d) Comportamiento estacional de los flujos de GEI 2-141
2.2.4.9 Conclusiones 2-143
2.2.5 Caracterización Sistema Natural: vegas de Tocorpuri 2-146
2.2.5.1 Antecedentes 2-146
2.2.5.2 Superficie espejo de agua y cobertura vegetacional 2-146
2.2.5.3 Calidad agua 2-151
a) Parámetros in situ 2-151
b) Nutrientes y clorofila a 2-153
c) Macroelementos 2-156
d) Parámetros físico-químicos 2-156
e) Metales 2-159
2.2.5.4 Tapetes microbianos 2-162
2.2.5.5 Biota Acuática 2-168
a) Fitobentos 2-168
b) Fitoplancton 2-172
a) Zooplancton 2-176
b) Macroinvertebrados Bentónicos 2-180
2.2.5.6 Flora y Vegetación 2-183
a) Flora terrestre 2-183
b) Vegetación terrestre 2-184
c) Plantas Acuáticas 2-186
2.2.5.7 Fauna Terrestre 2-187

Folio006671

2.2.5.8 Flujo de gases de efecto invernadero (GEI) 2-194
a) Flujo en matriz terrestre 2-197
2.2.5.8.1 Flujo en matriz acuática 2-198
2.2.5.8.2 Estimación de flujos en escala espacial 2-201
2.2.5.8.3 Comportamiento estacional de los flujos de GEI 2-202
2.2.5.9 Conclusiones 2-205
2.3 Caracterización de Sistemas Intervenidos asociados a comunidades 2-209
2.3.1 Área de estudio y puntos de muestreo 2-209
2.3.2 Levantamiento de información en Sistemas Intervenidos 2-210
2.3.3 Caracterización Localidad de Lasana 2-211
2.3.3.1 Antecedentes 2-211
2.3.3.2 Calidad de agua 2-211
2.3.3.3 Biota Acuática 2-215
2.3.3.4 Flora y Vegetación 2-217
2.3.3.5 Fauna Terrestre 2-218
2.3.4 Caracterización Localidad de Cebollar-Ascotán 2-219
2.3.4.1 Antecedentes 2-219
2.3.4.2 Calidad de agua 2-219
2.3.4.1 Biota Acuática 2-223
2.3.4.2 Flora y Vegetación 2-226
2.3.4.3 Fauna 2-227
2.3.5 Caracterización Localidad de Ollague 2-228
2.3.5.1 Antecedentes 2-228
2.3.5.2 Calidad de Agua 2-228
2.3.5.3 Biota Acuática 2-234
2.3.5.4 Flora y Vegetación 2-239
2.3.5.5 Fauna 2-241
2.3.6 Caracterización Localidad de Cupo 2-244
2.3.6.1 Calidad de Agua 2-244
2.3.6.2 Biota Acuática 2-248
2.3.6.3 Flora y Vegetación 2-250
2.3.6.4 Fauna 2-251
2.3.7 Caracterización Localidad de Ayquina 2-252
2.3.7.1 Antecedentes 2-252
2.3.7.2 Calidad de Agua 2-252
2.3.7.3 Biota Acuática 2-255

Folio006672

2.3.7.4 Flora y Vegetación 2-257
2.3.7.5 Fauna 2-258
2.3.8 Caracterización Localidad de ChiuChiu 2-259
2.3.8.1 Calidad de Agua 2-259
2.3.8.2 Biota Acuática 2-264
2.3.8.3 Flora y Vegetación 2-266
2.3.8.4 Fauna 2-268
2.3.9 Caracterización Localidad de Talabre 2-270
2.3.9.1 Antecedentes 2-270
2.3.9.2 Calidad de Agua 2-270
2.3.9.3 Biota Acuática 2-275
2.3.9.4 Flora y Vegetación 2-278
2.3.9.5 Fauna 2-280
2.3.10 Caracterización Localidad de Machuca 2-319
2.3.10.1 Antecedentes 2-319
2.3.10.2 Calidad de Agua 2-319
2.3.10.3 Biota Acuática 2-322
2.3.10.4 Flora y Vegetación 2-324
2.3.10.5 Fauna 2-326
2.3.11 Caracterización Localidad de Peine 2-327
2.3.11.1 Calidad de Agua 2-327
2.3.11.2 Biota Acuática 2-331
2.3.11.3 Flora y Vegetación 2-333
2.3.11.4 Fauna 2-335
2.3.12 Caracterización Localidad de Camar 2-335
2.3.12.1 Antecedentes 2-335
2.3.12.2 Calidad de Agua 2-336
2.3.12.3 Biota Acuática 2-340
2.3.12.4 Flora y Vegetación 2-342
2.3.12.5 Fauna 2-343
2.3.13 Caracterización Localidad de Coyo 2-344
2.3.13.1 Antecedentes 2-344
2.3.13.2 Calidad de Agua 2-344
2.3.13.3 Biota Acuática 2-348
2.3.13.4 Flora y Vegetación 2-350
2.3.13.5 Fauna 2-351

Folio006673

2.4 MODELACIÓN NUMÉRICA 2-353
2.4.1 Evaluación económica-ambiental para la conservación 2-353
2.4.1.1 Descripción de servicios ecosistémicos 2-353
2.4.1.2 Modelación de servicios ecosistémicos 2-354
2.4.1.2.1 Recreación y turismo 2-356
2.4.1.2.2 Calidad de hábitat 2-357
2.4.1.3 Implementación del modelo InVEST a la zona de estudio 2-359
2.4.1.3.1 Recreación y turismo 2-359
2.4.1.3.2 Calidad de hábitat 2-361
2.4.1.4 Identificación de los usos, presiones, amenazas y servicios ecosistémicos de los humedales en análisis 2-376
2.4.2 Modelación acoplada atmosférica-hidrológica 2-391
2.4.3 Modelación atmosférica 2-394
2.4.3.1 Escenarios de modelación atmosférica 2-394
2.4.3.2 Configuración modelo climático local 2-395
2.4.3.3 Resultados 2-397
2.4.3.4 Discusión y conclusiones 2-403
2.4.4 Modelación de aguas subterráneas 2-404
2.4.4.1 Enfoque de la modelación 2-404
2.4.4.2 Recopilación de antecedentes 2-405
2.4.4.3 Modelo conceptual 2-406
2.4.4.3.1 Alcances de la modelación 2-406
2.4.4.3.2 Delimitación de la zona a modelar 2-407
2.4.4.4 Configuración del modelo numérico 2-408
2.4.4.4.1 Tamaño y orientación de la malla 2-408
2.4.4.4.2 Refinamiento y número de estratos 2-409
2.4.4.4.3 Atributos en relación al tiempo 2-411
2.4.4.4.3.1 Tipo de régimen 2-411
2.4.4.4.3.2 Resolución temporal y horizonte 2-411
2.4.4.4.4 Condiciones de borde 2-411
2.4.4.4.5 Condición inicial 2-413
2.4.4.4.6 Parámetros del modelo numérico 2-413
2.4.4.5 Resultados 2-414
2.4.4.5.1 Indicador de vulnerabilidad ante cambio climático (IVCC) 2-419
2.4.4.5.2 Clasificación de riesgo humedales 2-429
2.4.4.6 Discusión y conclusiones 2-438

Folio006674

2.5 ANEXO I. Antecedentes previos: Monitoreo de Lagunas y Salares Preliminares 2-439
2.5.1 Conceptualización de los salares ... 2-439
2.5.1.1 Variables Químicas ... 2-440
2.5.1.1.1 Parámetros físico-químicos del agua ... 2-441
2.5.1.1.2 Extracción de ADN ... 2-441
2.5.1.1.3 Secuenciación por 454 ... 2-442
2.5.1.1.4 Microscopía estereoscópica, óptica y de barrido electrónico (MBE) ... 2-443
2.5.1.1.5 Análisis de mineralogía, EDX ... 2-443
2.5.1.1.6 Análisis de Pigmentos mediante HPLC ... 2-443
2.5.2 Propuesta para selección de sitios de muestreo ... 2-444
2.5.2.1 Antecedentes de los sitios de muestreo ... 2-445
2.5.2.1.1 Salar de Tara ... 2-445
2.5.2.1.2 Salar de Ascotán ... 2-445
2.5.2.1.3 Aguas Caliente IV ... 2-445
2.5.2.1.4 Salar de Punta Negra ... 2-446
2.5.2.1.5 Salar de Pujsa ... 2-446
2.5.2.1.6 Salar de Atacama ... 2-446
2.5.2.1.7 Laguna Lejía ... 2-447
2.5.2.1.8 Laguna Miscanti y Miñique ... 2-447
2.5.2.1.9 Geiser del Tatio ... 2-447
2.5.2.1 Sitios seleccionados para el muestreo ... 2-448
2.5.3 Metodología ... 2-449
2.5.3.1 Calidad de Agua y Sedimentos ... 2-449
2.5.3.2 Biota Acuática ... 2-452
2.5.3.2.1 Fitoplancton ... 2-453
2.5.3.2.2 Fitobentos ... 2-453
2.5.3.2.3 Zooplancton ... 2-453
2.5.4 Resultados monitoreo Septiembre 2014 ... 2-454
2.5.4.1 Calidad de aguas ... 2-454
2.5.4.2 Calidad de sedimentos ... 2-471
2.5.4.3 Biota Acuática ... 2-481
2.5.4.4 Identificación Tapetes Microbianos ... 2-493
2.6 ANEXO II. Metodologías de muestreo ... 2-508
2.6.1 Teledetección ... 2-508

Folio006675

2.6.2 Flora y Vegetación 2-520
2.6.3 Fauna 2-522
2.6.4 Calidad del agua 2-525
2.6.5 Biota Acuática 2-525
2.6.6 Tapetes Microbianos 2-526
2.6.7 Flujo de Gases de Efecto Invernadero (GEI) 2-530
2.6.7.1.1 Monitoreo de GEI en terreno 2-532
2.6.7.1.2 Puntos de monitoreo en Salar de Aguas Calientes I 2-533
2.6.7.1.3 Puntos de monitoreo en Salar de Carcote 2-535
2.6.7.1.4 Puntos de monitoreo en vega de Tocorpuri 2-538
2.7 Anexo III. Tablas de resultados Calidad de Agua 2-540

3 PROPUESTA DE MEDIDAS PILOTO DE RESTAURACION Y CONSERVACIÓN 3-2

3.1 Resumen ejecutivo de medidas piloto de adaptación al cambio climático 3-2
3.2 Descripción de las medidas propuestas 3-3
3.2.1 Medida 1: Monitoreo extensivo de los humedales altoandinos con las comunidades locales. 3-3
3.2.2 Medida 2: Implementación de una red de monitoreo en cuencas endorreicas 3-4
3.2.3 Medida 3: Apoyo a iniciativas de comunidades indígenas en sitios de interés turístico u otros servicios ecosistémicos 3-5
3.2.4 Medida 4: Implementación de capacidades analíticas de calidad agua en escuelas y liceos de ADI Alto El Loa, destinadas a mantener un monitoreo permanente de los humedales 3-5
3.2.5 Medida 5: Nivelación de conocimientos en la comunidad mediante la elaboración de documentación técnica– científica, específica del territorio. 3-7

4 RESULTADOS DE LA EJECUCIÓN PILOTO DE LAS ACCIONES DE RESTAURACION Y CONSERVACIÓN 4-2

4.1 Resumen ejecutivo de la ejecución piloto de las acciones de restauración y conservación para adaptación al cambio climático 4-2
4.2 Descripción de las medidas propuestas 4-3
4.2.1 Medida 1: Monitoreo extensivo de los humedales altoandinos con las comunidades locales. 4-3
4.2.2 Medida 2: Implementación de una red de monitoreo en cuencas endorreicas 4-7
Velocidad del viento 4-10
Dirección del viento 4-10
Compartimiento 4-12

Folio006676

Temperatura 4-12

HumeHumedad relativa 4-12

4.2.3 Medida 3: Apoyo a iniciativas de comunidades indígenas en sitios de interés turístico u otros servicios ecosistémicos 4-23

4.2.4 Medida 4: Implementación de capacidades analíticas de calidad agua en escuelas y liceos de ADI Alto El Loa, destinadas a mantener un monitoreo permanente de los humedales 4-27

4.2.5 Medida 5: Nivelación de conocimientos en la comunidad mediante la elaboración de documentación técnica– científica, específica del territorio. 4-40

4.2.6 Aplicación de las medidas 4-43

5 CARTERA DE PROYECTOS 5-1

5.1 Resumen Ejecutivo 5-1

5.2 Justificación 5-1

5.3 Descripción del problema 5-2

5.4 Soluciones y proyectos asociados 5-2

5.5 Programa 5-3

5.5.1 Causas y Efectos del problema a resolver 5-3

5.5.2 Estrategia para contribuir a resolver el problema central 5-3

5.5.3 Arbol de Problema 5-4

5.5.4 Objetivos del Programa 5-4

5.5.5 Estrategia de Intervención 5-5

5.5.6 Componentes 5-5

5.5.6.1 Componente 1 5-5

5.5.6.2 Componente 2. 5-6

5.5.6.3 Componente 3. 5-6

6 PROPUESTA DEL PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA, DIFUSION Y SENSIBILIZACION 6-2

6.1 Resumen Ejecutivo Propuesta de Programa de Participación 6-2

6.1.1 Propuesta del Programa de Participación 6-2

6.1.2 Objetivos del programa de participación comunitaria 6-2

6.1.3 Catastro de actores claves 6-3

6.1.3.1 Comunidad 6-3

6.1.3.2 Organismos de interés público 6-4

6.1.3.3 Organizaciones privadas 6-5

6.1.3.4 Resumen del catastro 6-5

6.1.4 Diseño del programa de participación 6-8

Folio006677

6.1.4.1 Experiencias previas 6-9
6.1.4.2 Objetivos específicos: 6-10
6.1.4.3 Estrategia de participación ciudadana y sensibilización del estudio .. 6-10
6.1.4.4 Objetivo: Sensibilización del estudio en las comunidades locales 6-10
6.1.4.5 Objetivo: Difusión del estudio en las comunidades locales 6-11
6.1.4.6 Objetivo: Educación ambiental hacia las comunidades locales y la Región 6-11
6.1.5 Comunidades preseleccionadas 6-12
6.1.5.1 Levantamiento de información con las comunidades 6-14
6.1.5.1.1 Caracterización de las comunidades 6-14

7 RESULTADOS DEL PROGRAMA DE DIFUSION Y PARTICIPACIÓN 7-2
7.1 Resumen Ejecutivo Resultados Programa de Participación 7-2
7.1.1 Resultados del Programa de Participación 7-2
7.2 Resumen Ejecutivo Resultados Programa de Difusión 7-10
7.2.1 Resultados del Programa de Difusión 7-10
7.2.1.1 Charlas de difusión 7-10
7.2.1.2 Talleres de difusión 7-13
7.2.1.3 Salidas Educativas 7-14
7.2.2 Principales logros del Programa de Difusión 7-15

8 INFORME TECNICO ECONÓMICO DE DESALACIÓN DE AGUA DE MAR 8-2
8.1 RESUMEN 8-2
8.2 Métodos de desalación 8-2
8.2.1 Desalación por membranas 8-2
8.2.2 Desalación por destilación o evaporación. 8-3
8.2.3 Destilación multi-efecto (MED), un proceso de vapor a baja presión. 8-3
8.3 Situación Mundial 8-4
8.4 Experiencia en Chile 8-5
8.5 Operaciones y nuevos proyectos mineros en carpeta 8-6
8.6 Costos de Desalinización y de bombeo en Chile 8-9
8.7 Inversiones en Chile 8-9
8.8 Costos 8-10
8.9 Caso detallado 8-11
8.10 Costo económico asociado a la pérdida irrecuperable de los sistemas identificados en situación de peligro 8-14

Folio006678

8.11 Valoración de los caudales de reposición en distintos escenarios de cambio climático 8-19

8.12 Conclusiones 8-24

9 REFERENCIAS 9-1

LISTADOS DE ANEXOS DIGITALES

ANEXO A: Carpetas con contenidos referidos a Capacitaciones, Salidas Educativas y Talleres

ANEXO B: Carpetas con Bases de Datos, Información Cartográfica y Resultados de Evaluación de Impacto del CC en Humedales (Modelación Acoplada)

ANEXO C: Una carpeta con oficios de invitación a actividades de difusión y capacitación

ANEXO D: Carpeta con copia del Informe Final del Estudio

ANEXO E: Carpetas con información de los terrenos realizados a lo largo del estudio (con datos, registros, imágenes, etc.)

ANEXO F: Carpetas con información referida a las Medidas Piloto de Adaptación

ANEXO G: Carpetas con documentación de la Guía Educativa y el DVD (CDROM) Interactivo

ANEXO H: Carpetas con documentación de la Cartera de Proyectos (Programa FNDR y Presupuesto)

ANEXO I: Carpeta con información del programa de Difusión (Afiche, Insertos, Letreros, Tríptico, Video del proyecto)

Folio006679

Figuras Capítulo 1

Figura 1.1. Estaciones meteorológicas de la DGA en la zona Norte. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*..... 1-7
Figura 1.2. Estaciones meteorológicas de la DGA en la zona Centro. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*..... 1-8
Figura 1.3. Estaciones meteorológicas de la DGA en la zona Sur. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*..... 1-9
Figura 1.4. Estaciones fluviométricas de la DGA en la zona Norte del área de estudio. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*..... 1-16
Figura 1.5. Estaciones Fluviométricas de la DGA en la zona Centro del área de estudio. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*..... 1-17
Figura 1.6. Estaciones de calidad de aguas de la DGA en la zona Norte del área de estudio. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0* 1-20
Figura 1.7. Estaciones calidad de aguas de la DGA en la zona Centro del área de estudio. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*..... 1-21
Figura 1.8. Distribución espacial estaciones meteorológicas INIA..... 1-23
Figura 1.9. Marco conceptual de la estandarización de datos DGA. 1-25
Figura 1.10. Marco conceptual de la estandarización de datos INIA. 1-32
Figura 1.11. Distribución de los registros diarios de precipitación por estación DGA. ... 1-35
Figura 1.12. Distribución de los registros diarios de temperatura diaria extrema por estación DGA..... 1-37
Figura 1.13. Distribución de los registros diarios de temperatura diaria en horas sinópticas por estación DGA. 1-39
Figura 1.14. Distribución de los registros diarios de humedad relativa diaria extrema por estación DGA..... 1-41
Figura 1.15. Distribución de los registros diarios de humedad relativa diaria en horas sinópticas por estación DGA..... 1-43
Figura 1.16. Distribución de los registros diarios de evaporación y recorrido del viento diario por estación DGA. Medición de velocidad del viento. 1-45
Figura 1.17. Distribución de los registros diarios de evaporación y recorrido del viento diario por estación DGA. Medición de evaporación..... 1-46
Figura 1.18. Distribución de los registros diarios de velocidad y dirección del viento diario en horas sinópticas por estación DGA. Medición de velocidad. 1-48
Figura 1.19. Distribución de los registros diarios de velocidad y dirección del viento diario en horas sinópticas por estación DGA. Medición de dirección. 1-49
Figura 1.20. Distribución de los registros diarios de velocidad media diaria del viento por estación DGA..... 1-51
Figura 1.21. Distribución de los registros diarios de horas de sol diaria por estación DGA. 1-53
Figura 1.22. Distribución de los registros diarios de nubosidad diaria en horas sinópticas por estación DGA. 1-55
Figura 1.23. Distribución de los registros diarios de evaporación diaria por estación DGA. 1-57
Figura 1.24. Distribución de los registros diarios de caudal medio diario por estación DGA. 1-59
Figura 1.25. Distribución de los registros diarios altura y caudal instantáneo por estación DGA..... 1-61
Figura 1.26. Distribución de los registros diarios hidroquímicos por estación DGA. 1-63

Folio006680

Figura 1.27. Distribución de los registros diarios por Dirección del Viento, estaciones INIA. 1-65
Figura 1.28. Distribución de los registros diarios por Humedad Relativa, estaciones INIA.1-67
Figura 1.29. Distribución de los registros diarios por Precipitación Acumulada, estaciones INIA. 1-69
Figura 1.30. Distribución de los registros diarios por Presión atmosférica, estaciones INIA. 1-71
Figura 1.31. Distribución de los registros diarios por Radiación Solar, estaciones INIA. 1-73
Figura 1.32. Distribución de los registros diarios por Temperatura del Aire, estaciones INIA. 1-75
Figura 1.33. Distribución de los registros diarios por Temperatura Superficial, estaciones INIA. 1-77
Figura 1.34. Distribución de los registros diarios por Temperatura del Suelo a 10 cm, estaciones INIA..... 1-79
Figura 1.35. Distribución de los registros diarios por velocidad del Viento, estaciones INIA. 1-81
Figura 1.36. Distribución de los proyectos mineros en la zona de estudio. 1-85
Figura 1.37. Distribución espacial de los derechos de agua superficiales en el área de estudio (sobre los 2.000 m.s.n.m.). 1-89
Figura 1.38. Distribución espacial de los derechos de agua subterráneos en el área de estudio (sobre los 2.000 m.s.n.m.). 1-99
Figura 1.39. Distribución de las cartografías geológicas SERNAGEOMIN de la Región de Antofagasta. 1-106
Figura 1.40. Extensión territorial cubierta por la selección de cartografías escala 250.000 del SERNAGEOMIN. 1-108
Figura 1.41. Distribución de vegas y bofedales, en la zona de estudio. 1-110
Figura 1.42. Modelo conceptual simplificado de sistema de lagunas altiplánicos (Adaptado de CEA, 2013). 1-116
Figura 1.43. Modelo conceptual simplificado de sistema de canales altiplánicos (Adaptado de CEA, 2013). 1-118
Figura 1.44. Ubicación del sitio prioritario Cuenca Río Loa Alto. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*..... 1-122
Figura 1.45.Ubicación del sitio prioritario Salar de Ascotán. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0* 1-129
Figura 1.46. Ubicación del sitio prioritario Geiser del Tatio. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0* 1-133
Figura 1.47. Ubicación del sitio prioritario Oasis de Calama. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0* 1-139
Figura 1.48. Ubicación del sitio prioritario alrededores del Volcán Licancabur. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*..... 1-144
Figura 1.49. Ubicación del sitio prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*..... 1-149
Figura 1.50. Ubicación del sitio prioritario Salar de Atacama. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0* 1-153
Figura 1.51. Ubicación del sitio prioritario Salar de Tara. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*..... 1-162
Figura 1.52. Ubicación del sitio prioritario Salar de Aguas Calientes (I). *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*..... 1-167

Folio006681

Figura 1.53. Ubicación del sitio prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0* 1-174
Figura 1.54. Ubicación del sitio prioritario Salar de Punta Negra. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0* 1-178
Figura 1.55. Ubicación del sitio prioritario Salar de Pujsa. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0* 1-182
Figura 1.56. Ubicación del sitio prioritario Laguna Lejía. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0* 1-185
Figura 1.57. Ubicación del sitio prioritario Sistema Hidrológico Soncor. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0* 1-189
Figura 1.58. Ubicación del sitio prioritario Salar de Aguas Calientes IV. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0* 1-192
Figura 1.59 Mapa de comunidades seleccionadas 1-199
Figura 1.60 Acta de asistencia comunidad de Ollagüe 1-205
Figura 1.61 Acta de asistencia comunidad de Ayquina– Turi 1-206
Figura 1.62 Acta de asistencia comunidad de Cupo 1-207
Figura 1.63 Acta de asistencia comunidad de Toconce 1-209
Figura 1.64 Acta de asistencia comunidad de Caspana 1-210
Figura 1.65 Acta de asistencia comunidad de Río Grande 1-213
Figura 1.66 Acta de asistencia comunidad de Talabre 1-215
Figura 1.67 Acta de asistencia comunidad de Peine 1-216
Figura 1.68 Acta de asistencia comunidad de Machuca 1-218
Figura 1.69. Mapa : Humedales priorizados por las comunidades 1-223

Figuras Capítulo 2

Figura 2-1. Ubicación puntos de muestreo en Salar de Aguas Calientes I. 2-7
Figura 2-2. Ubicación puntos de muestreo en Salar de Carcote. 2-9
Figura 2-3: Ubicación puntos de muestreo en vega Tocorpuri. 2-10
Figura 2-4 Comparación de las coberturas en el espejo de agua por clases para el Sector Aguas Calientes I, noviembre 2015– marzo 2017. 2-18
Figura 2-5 Distribución del espejo de agua en Aguas Calientes I, noviembre 2015-marzo 2017. 2-19
Figura 2-6 Distribución y comportamiento de la vegetación, Sector Salar de Aguas Calientes I, noviembre 2015-marzo 2017 2-20
Figura 2-7 Áreas de desarrollo de la vegetación en el Salar Aguas Calientes I, noviembre 2015 (Izq) y marzo 2017 (Der) 2-22
Figura 2-8 Parámetros in situ. pH (a), conductividad eléctrica (b), oxígeno disuelto (c) y temperatura (d), salar aguas Calientes I. 2-24
Figura 2-9 Nutrientes. Amonio (a), nitrito (b), nitrato (c) y nitrógeno orgánico total (d), salar Aguas Calientes I. 2-26
Figura 2-10 Fósforo total (a), ortofosfato (b), y clorofila a en perifiton (c), Salar aguas Calientes I. (<LD: menor al límite de detección). 2-27
Figura 2-11 Diagramas de piper. Composición iónica salar Aguas Calientes I. 2-28
Figura 2-12 Parámetros físico-químicos. Sólidos totales disueltos (a), sólidos totales suspendidos (b), DQO (c) y sílice disuelta (d), salar aguas Calientes I. *(*) Valor descartado.* 2-30
Figura 2-13 Metales totales. Arsénico (a), bario (b), boro (c), cobalto (d), cobre (e), níquel (f), estroncio (g) y litio (h), salar aguas Calientes I. (<LD: menor al límite de detección). .. 2-32

Folio006682

Figura 2-14 Metales totales. Molibdeno (a), vanadio (b), aluminio (c), hierro (d), cobre (e), níquel (f), estroncio (g) y litio (h), salar aguas Calientes I. (<LD: menor al límite de detección). 2-33
Figura 2-15. Vista de la vega del Salar Aguas Calientes I, octubre 2015. 2-35
Figura 2-16. A) Zona de tapetes microbianos, B) y C) área de Tapetes, D) y E) corte transversal de tapetes microbianos. 2-36
Figura 2-17. Diversidad de Diatomeas en los tapetes de Aguas Calientes I, octubre 2015. 2-37
Figura 2-18. Número de Otus observados en las muestras extraídas de Aguas Calientes I, octubre 2015. 2-38
Figura 2-19. Biodiversidad de las zonas de surgentes de Aguas Calientes I. A) ACS1 y B) ACS2. Octubre 2015. 2-40
Figura 2-20. Biodiversidad microbiana asociada a tapetes de Aguas Calientes. A) ACT1, y B) ACT2. Octubre 2015. 2-41
Figura 2-21 a) Riqueza Total (Nº de taxa) , b) Abundancia Total (cel/mm^2) y c) Abundancia Relativa (%) de Fitobentos registrada en la campaña Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar de Aguas Calientes I. 2-46
Figura 2-22. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/L) y c) Abundancia Relativa (%) de Fitoplancton registrada en la campaña Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar de Aguas Calientes I. 2-50
Figura 2-23 a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/L) y c) Abundancia Relativa (%) de Zooplancton registrada en la campaña Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar de Aguas Calientes I. 2-54
Figura 2-24. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (ind/m^2) y c) Abundancia Relativa (%) de Zoobentos registrada en la campaña Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar de Aguas Calientes I. 2-57
Figura 2-25. Pajonal hídrico Humedal Aguas Calientes I. 2-60
Figura 2-26 Riqueza (número de especies) registradas durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017, según sector de prospección, en el salar de Aguas Calientes I. 2-67
Figura 2-27 Abundancia (número de individuos) de las aves con valores sobre el 75% de forma relativa detectada durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el salar de Aguas Calientes I. 2-68
Figura 2-28. Esquema de medición de flujos superficiales de CO_2 y CH_4 con distintas cámaras terrestres (A) y en matríz acuática (B). Absorción de CO_2 por fotosíntesis (1), emisión de CO_2 por respiración (2), emisión de CO_2 por dinámica de disolución en agua (6), absorción de CH_4 por bacterias (3), consumo de CH_4 por fotooxidación (4) y emisión de CH_4 por descomposición de materia orgánica (5). 2-72
Figura 2-29. Monitoreo de GEI en distintas matrices terrestes en Salar de Aguas Calientes I, arriba durante primavera de 2015 y abajo en verano de 2017. 2-73
Figura 2-30. Ubicación de puntos de monitoreo de gases de efecto invernadero en Salar de Aguas Calientes I. Derecha, vista completa del ecosistema e izquierda, zona ampliada del área estudiada (imagen satelital de Google Earth, 2016). 2-74
Figura 2-31 Vista de los sitios de medición de gases en el Salar de Aguas Calientes I (en octubre 2015). A) ACA– 1, B) ACA– 2, C) ACA – 3, D) ACA– Acuática. 2-75
Figura 2-32. Flujo superficial de GEI en Salar de Aguas Calientes I. A) Flujo de CO_2 por punto de muestreo. B) Flujo de CH_4 por punto de muestreo. Las barras de error representan la desviación estándar. 2-78

Folio006683

Figura 2-33. Flujo superficial de CH_4 en Salar de Aguas Calientes I. A) Flujo promedio de CO_2 por campaña de muestreo. B) Flujo promedio de CH_4 por campaña de muestreo. Las barras de error representan la desviación estándar. 2-82
Figura 2-34 Comparación de las coberturas en el espejo de agua por clases para Carcote, noviembre 2015– marzo 2017. 2-88
Figura 2-35 Distribución del espejo de agua en Salar de Carcote, noviembre 2015 y marzo 2017. 2-89
Figura 2-36 Distribución y comportamiento de la vegetación, Sector Salar de Carcote, noviembre 2015 y marzo 2017..... 2-90
Figura 2-37 Áreas de desarrollo de la vegetación en el Salar de Carcote, noviembre 2015 (Izq) y marzo 2017 (Der) 2-91
Figura 2-38 Parámetros in situ. pH (a), conductividad eléctrica (b), oxígeno disuelto (c) y temperatura (d), salar de Carcote. 2-93
Figura 2-39 Nutrientes. Amonio (a), nitrito (b), nitrato (c) y nitrógeno orgánico total (d), salar de Carcote. 2-95
Figura 2-40 Fósforo total (a), ortofosfato (b) y clorofila a perifiton (c), salar de Carcote. 2-96
Figura 2-41 Diagramas de piper. Composición iónica en Salar de Carcote..... 2-97
Figura 2-42 Parámetros físico-químicos. Sólidos totales disueltos (a), sólidos totales suspendidos (b), DQO (c) y sílice disuelta (d), salar de Carcote. 2-99
Figura 2-43 Carbono orgánico total, salar de Carcote..... 2-100
Figura 2-44 Metales totales. Aluminio (a), bario (b), cobre (c), estroncio (d), manganeso (e) y hierro (f), salar de Carcote. (<LD: menor al límite de detección). 2-101
Figura 2-45 Metales totales. Boro (a), litio (b), arsénico (c), vanadio (d) y zinc (e), salar de Carcote. (<LD: menor al límite de detección). 2-102
Figura 2-46. Laguna Verde en Salar de Carcote (A). Ecosistemas microbianos asociados a la laguna Verde: Parches de agua alrededor de la laguna que presentan tapetes evaporíticos simples (B, D), mientras que dentro de la laguna se pueden observar domos y arrecifes (C) formados por precipitaciones donde no se pudo detectar actividad microbiana visible (D). Octubre 2015. 2-103
Figura 2-47. detalle de tapetes evaporíticos asociados a pequeños piletones que rodean la Laguna Verde en Salar de Carcote. Detalle de burbujas de O_2 (A-B) y asociación de larvas de invertebrados (C-D). Octubre 2015..... 2-104
Figura 2-48. Salar de Carcote (A). Detalle de zonas de tapetes (B, D) y corte transversal de tapetes (C, E). Octubre 2015. 2-105
Figura 2-49. Muestras de Carcote al Microscopio electrónico las flechas indican los procariotes (Bacterias o Archeas) en proceso de conjugación (compartiendo genes) sobre una Diatomea, también se pueden observar una Cianobacteria y mineral de yeso. Octubre 2015. 2-106
Figura 2-50. Número de Otus y diversidad comparativa en las dos muestras de tapetes microbianos evaluadas en Carcote. Octubre 2015..... 2-107
Figura 2-51. Diversidad microbiana en los tapetes de Carcote. Octubre 2015. 2-108
Figura 2-52 a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/mm^2) y c) Abundancia Relativa (%) de Fitobentos registrada en la campaña octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar Carcote. 2-111
Figura 2-53 a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/L) y c) Abundancia Relativa (%) de Fitoplancton registrada en la campaña octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar Carcote..... 2-115
Figura 2-54. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/L) y c) Abundancia Relativa (%) de Zooplancton registrada en la campaña octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar Carcote..... 2-119

Folio006684

Figura 2-55. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (ind/m^2) y c) Abundancia Relativa (%) de Zoobentos registrada en la campaña octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 en el Salar Carcote. 2-122
Figura 2-56. Vega Salina Salar de Carcote. 2-125
Figura 2-57 Riqueza (número de especies) registradas durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017, según sector de prospección, en el salar Carcote. 2-130
Figura 2-58 Abundancia (número de individuos) de las aves con valores sobre el 75% de forma relativa detectada durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el salar de Carcote. 2-131
Figura 2-59 Monitoreo de GEI en distintas matrices en Salar de Carcote, arriba durante primavera de 2015 y abajo en verano de 2017. 2-134
Figura 2-60 Ubicación de puntos de monitoreo de gases de efecto invernadero en Salar de Carcote. Derecha, vista completa del ecosistema e izquierda, zona ampliada del área estudiada (imagen satelital de Google Earth, 2016). 2-134
Figura 2-61. Vista de los sitios de medición de gases en el Salar de Carcote (en octubre 2015). A) CAR– 1, B) CAR– 2, C) CAR– 3 y D) CAR– Acuática. 2-136
Figura 2-62. Flujo superficial promedio de GEI por punto de muestreo en Salar de Carcote durante las tres campañas de monitoreo, CO_2 (A) y CH_4 (B). Las barras de error representan la desviación estándar. 2-139
Figura 2-63. Flujo superficial promedio de GEI por campaña de muestreo en ecosistemas del Salar de Carcote, CO_2 (A) y CH_4 (B). Las barras de error representan la desviación estándar. 2-142
Figura 2-64 Comparación de las cobertura en el espejo de agua por clases para Vegas de Tocorpuri, noviembre 2015– marzo 2017. 2-147
Figura 2-65 Distribución del espejo de agua en Vega Tocorpuri, noviembre 2015 y marzo de 2015. 2-148
Figura 2-66 Distribución y comportamiento de la vegetación, Sector Vega de Tocorpuri, noviembre 2015 y marzo 2017. 2-149
Figura 2-67 Áreas de desarrollo de la vegetación en Vegas de Tocorpuri, noviembre 2015 (Izq) y marzo 2017 (Der). 2-150
Figura 2-68 Parámetros in situ. pH (a), conductividad eléctrica (b), oxígeno disuelto (c) y temperatura (d), vega de Tocorpuri. 2-152
Figura 2-69 Nutrientes. Nitrito (a), nitrato (b) y nitrógeno orgánico total (c), vega de Tocorpuri. 2-154
Figura 2-70 Fósforo total (a), ortofosfato (b), clorofila a (c) y clorofila a perifiton (d), vega de Tocorpuri. 2-155
Figura 2-71 Diagramas de piper. Composición iónica en las aguas de la vega tocorpuri .. 2-156
Figura 2-72 Carbono orgánico total, salar aguas Calientes. 2-157
Figura 2-73 Parámetros físico-químicos. Sólidos totales disueltos (a), sólidos totales suspendidos (b), DQO (c) y sílice disuelta (d), vega de Tocorpuri. 2-158
Figura 2-74 Metales totales. Aluminio (a), bario (b), manganeso (c) hierro (d), cobre (e), cromo (f), boro (g) y litio (h), vega de Tocorpuri. (<LD: valores inferiores al límite de detección). 2-160
Figura 2-75 Metales totales. Estroncio (a), arsénico (b), vanadio (c) titanio (d) y zinc (e, vega de Tocorpuri. (<LD: valores inferiores al límite de detección). 2-161
Figura 2-76: Estudios de comparación entre rizosfera de bofedales de dos vegas en distinto estado de preservación: A. Vega Muerta 2-162

Folio006685

Figura 2-77: Estudios de comparación entre rizosfera de bofedales de dos vegas en distinto estado de preservación: B. Vega activa..... 2-163
Figura 2-78: Imágenes al microscopio electrónico, en la vega sana (A-C) y vega muerta. (D) Se puede observar una marcada asociación entre las raíces y las Cianobacterias, (A) con la presencia de Diatomeas vivas (B-C), mientras que en vegas muertas no se observan raíces y solo se ven escasas Cianobacterias y restos de Diatomeas muertas. . 2-164
Figura 2-79: Cantidad de OTUs determinados para las muestras estudiadas..... 2-165
Figura 2-80: Diversidad microbiana de suelos asociados a bofedales sanos (A) y muertos (B)..... 2-166
Figura 2-81. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/mm^2) y c) Abundancia Relativa (%) de Fitobentos registrada en la campaña octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 en Vegas de Tocorpuri..... 2-169
Figura 2-82. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/L) y c) Abundancia Relativa (%) de Fitoplancton registrada en la campaña octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 en Vegas de Tocorpuri..... 2-173
Figura 2-83. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/L) y c) Abundancia Relativa (%) de Zooplancton registrada en la campaña octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 en Vegas de Tocorpuri. 2-178
Figura 2-84. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (ind/m^2) y c) Abundancia Relativa (%) de Zoobentos registrada en la campaña octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 en Vegas de Tocorpuri..... 2-181
Figura 2-85. Humedal de Tocorpuri. 2-184
Figura 2-86 Riqueza (número de especies) registradas durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017, según sector de prospección, en sector de Tocorpuri. 2-191
Figura 2-87 Abundancia (número de individuos) de las aves con valores sobre el 75% de forma relativa detectada durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el sector de Tocorpuri. 2-192
Figura 2-88 Monitoreo de GEI en distintas matrices en la Vega de Tocorpuri, durante verano de 2017..... 2-195
Figura 2-89 Ubicación de puntos de monitoreo de gases de efecto invernadero en Vega de Tocorpuri. Derecha, vista completa del ecosistema e izquierda, zona ampliada del área estudiada (imagen satelital de Google Earth, 2016)..... 2-196
Figura 2-90. Vista de los sitios de medición de gases en la vega de Tocorpuri en octubre 2015. A) TOC– 1, B) TOC– 2, C) TOC– 3 y TOC– Acuática. 2-197
Figura 2-91 Flujo superficial promedio de GEI por punto de muestreo en Vega de Tocorpuri durante las tres campañas de monitoreo, CO_2 (A) y CH_4 (B). Las barras de error representan la desviación estándar. 2-200
Figura 2-92. Flujo superficial promedio de GEI por campaña de muestreo en ecosistemas de la Vega de Tocorpuri, CO_2 (A) y CH_4 (B). Las barras de error representan la desviación estándar..... 2-204
Figura 2-93. Puntos de monitoreo extensivos asociados a la selección de humedales realizado por las comunidades. 2-209
Figura 2-94. Localidad de Lasana, abril 2016. 2-211
Figura 2-95. Vista general del sector de Lasana. Pajonal con ejemplares de *Cortaderia jubata*..... 2-218
Figura 2-96.Sector Cebollar Viejo, abril 2016..... 2-219
Figura 2-97. Vista general del humedal de Cebollar viejo. Detalle de Champa y Paja brava. 2-226

Folio006686

Figura 2-98.Sector Vega Chela, localidad de Ollague, abril 2016. 2-229
Figura 2-99. Sector Puquio, localidad de Ollague, abril 2016. 2-230
Figura 2-100. Sector Quebrada del Inca, localidad de Ollague, abril 2016 2-232
Figura 2-101. Vista general de los 3 sectores de la localidad de Ollague 2-241
Figura 2-102. Sector Cupo, abril 2016 2-244
Figura 2-103. Vista general del humedal de Cupo. Colas de zorro en curso mermado. 2-250
Figura 2-104. Sector Ayquina, abril 2016 2-252
Figura 2-105. Vista general de humedal de Ayquina. Mosaico de vegetación nativa y cultivos 2-258
Figura 2-106. Sector Alvarado, localidad de Chiu, Chiu, abril 2016 2-259
Figura 2-107. Sector Inca Coya, localidad de Chiu Chiu, abril 2016 2-261
Figura 2-108 Vista general de Localidad de Chiuchiu 2-268
Figura 2-109 Sector Catarape, localidad de Talabre, abril 2016 2-271
Figura 2-110 Sector Saltar, localidad de Talabre, abril 2016 2-272
Figura 2-111 Vista general del sector de Catarape 2-279
Figura 2-112 Vista general del sector de Saltar 2-279
Figura 2-113 Sector Machuca, abril 2016 2-319
Figura 2-114 Vista general del sector hacia el camino que va al Tatio 2-325
Figura 2-115 Predominio de Pako, cuyo destino es forrajero 2-325
Figura 2-116 Sector Tilopozo, localidad de Peine, abril 2016 2-328
Figura 2-117 Afloramiento y especes de alta humedad 2-334
Figura 2-118 Predominio de grama en sector de humedad 2-334
Figura 2-119 Sector Allana, localidad de Camar, sector de Allana , abril 2016 2-336
Figura 2-120 Vista general de Quebrada Allana 2-343
Figura 2-121 Cola de zorro y Pako en curso de agua 2-343
Figura 2-122 Sector Tebenquiche, localidad de Coyo, abril 2016 2-345
Figura 2-123 Vista general del sector de Tebenquiche 2-351
Figura 2-124 Predominio de juncos en el área 2-351
Figura 2-125. Esquema de suministro, servicio y beneficio considerado en el software InVEST. 2-354
Figura 2-126. Distribución del servicio ecosistémico de recreación en área de estudio 2-360
Figura 2-127 Mapa de uso y cobertura de suelos considerado para la modelación del servicio ecosistémico de Calidad de Hábitat. 2-362
Figura 2-128. Mapas de amenazas consideradas para el modelo de Calidad de Hábitat en InVEST: Extracciones de agua Superficial y Subterránea. Las zonas en blanco indican los valores de máxima amenaza. 2-369
Figura 2-129. Mapas de amenazas consideradas para el modelo de Calidad de Hábitat en InVEST: (Izquierda) Centros poblados: Ciudades y (Derecha) Centros poblados: Pueblos y aldeas. Las zonas en blanco indican los valores de máxima amenaza. 2-370
Figura 2-130. Mapas de amenazas consideradas para el modelo de Calidad de Hábitat en InVEST: (Izquierda) Zona de Pastoreo y (Derecha) Zona de Bebederos. Las zonas en blanco indican los valores de máxima amenaza. 2-371
Figura 2-131. Mapas de amenazas consideradas para el modelo de Calidad de Hábitat en InVEST: (Izquierda) Superficie y (Derecha) Recreación y Turismo. Las zonas en blanco indican los valores de máxima amenaza 2-372
Figura 2-132. Mapas de amenazas consideradas para el modelo de Calidad de Hábitat en InVEST: (Izquierda) Faenas mineras y (Derecha) Red vial. Las zonas en blanco indican los valores de máxima amenaza. 2-373

Folio006687

Figura 2-133. Resultado preliminar del modelo de servicio ecosistémico de Calidad de Hábitat, enfocado en humedales..... 2-375
Figura 2-134. Esquema conceptual de la metodología para la modelación acoplada entre el modelo atmosférico e hidrogeológico. 2-391
Figura 2-135. Esquema de integración de los modelos atmosférico e hidrogeológico, para la evaluación de escenarios futuros de cambio climático. 2-393
Figura 2-136 Forzante radiativa de los escenarios RCP para un periodo de 100 años. 2-395
Figura 2-137: Esquema conceptual de la modelación atmosférica para llevar los resultados de los modelos globales IAMC a la escala local del área de estudio. 2-396
Figura 2-138 Representación espacial de valores promedios en el año 1999 (Histórico) del modelo local WRF, recortados al dominio activo del modelo hidrogeológico. a) Precipitación, b) Evaporación. C) Recarga. 2-398
Figura 2-139 Representación espacial de valores promedios en el año 2059 (RCP 2.6) del modelo local WRF, recortados al dominio activo del modelo hidrogeológico. a) Precipitación, b) Evaporación. C) Recarga. 2-399
Figura 2-140 Representación espacial de valores promedios en el año 2059 (RCP 8.5) del modelo local WRF, recortados al dominio activo del modelo hidrogeológico. a) Precipitación, b) Evaporación. C) Recarga. 2-400
Figura 2-141 Valores espaciales acumulados de la precipitación, evaporación y recarga neta generada a partir de los resultados del modelo WRF bajo los escenarios "Hindcast" (a), RCP 2.6" (b) y "RCP 8.5" (c)..... 2-401
Figura 2-142 Comparación de valores acumulados de cada escenario: (a), evaporación (b) y recarga neta (c). 2-402
Figura 2-143. Esquema de las etapas para la construcción de un modelo numérico de aguas subterráneas. 2-405
Figura 2-144 Representación gráfica de los límites de la zona de estudio, y el dominio del modelo..... 2-407
Figura 2-145 Discretización horizontal de 1500 x 1500 m del modelo numérico. 2-409
Figura 2-146 Serie de cortes en componente norte representativos de la zona de estudio. 2-410
Figura 2-147 Representación de la discretización vertical del modelo. Cortes sobre el eje norte. 2-410
Figura 2-148 Condiciones de borde espaciales impuesta (en azul) y calculada (en rojo) del dominio activo para los escenarios a simular. 2-412
Figura 2-149 Condición de borde impuesta para los escenarios 2-413
Figura 2-150 Variación de la carga hidráulica entre la condición inicial y final de la simulación para los escenarios Hindcast (a), RCP 2.6 (b) y RCP 8.5 (c). 2-415
Figura 2-151 Representación del análisis de la tendencia de los escenarios de cambio climático v/s Hindcast 2-416
Figura 2-152 Diferencia porcentual de variación de carga hidráulica entre los escenarios de cambio climático RCP 2.6 (a) y RCP 8.5 (b) v/s el escenario Hindcast. 2-417
Figura 2-153 Histograma de las variaciones porcentuales de carga hidráulica entre los escenarios de cambio climático RCP 2.6 (a) y RCP 8.5 (b) v/s el escenario Hindcast, para el total del dominio simulado y para las celdas con una cota sobre los 2000 msnm. .. 2-418
Figura 2-154 Procedimiento de obtención de información de los Cuerpos de Agua Agrupados (a) y Vegas-Bofedales (b) dentro del modelo numérico de aguas subterráneas. 2-420
Figura 2-155 Representación de extracción de estadísticos por sistemas de humedales de los resultados del modelo. 2-420

Folio006688

Figura 2-156 Variación de los cambios entre los escenarios de cambio climático RCP 2.6 (a) y RCP 8.5 (b) v/s el escenario Hindcast, para los cuerpos de agua agrupados (CA). .. 2-421
Figura 2-157 Variación de los cambios entre los escenarios de cambio climático RCP 2.6 (a) y RCP 8.5 (b) v/s el escenario Hindcast, para las Vegas-Bofedales. 2-422
Figura 2-158 Vulnerabilidad de Cambio Climático Escenario RCP 2.6 Catastro Cuerpos de Agua 2-423
Figura 2-159 Vulnerabilidad de Cambio Climático Escenario RCP 2.6 Catastro Vegas-Bofedales 2-424
Figura 2-160 Vulnerabilidad de Cambio Climático Escenario RCP 8.5 Catastro Cuerpos de Agua 2-425
Figura 2-161 Vulnerabilidad de Cambio Climático Escenario RCP 8.5 Catastro Vegas-Bofedales 2-426
Figura 2-162 Porcentaje de Cuerpos de Agua Agrupados según estado de Vulnerabilidad de cambio climático. 2-428
Figura 2-163 Porcentaje de Vegas-Bofedales según estado de Vulnerabilidad de cambio climático 2-428
Figura 2-164 Clasificación de Riesgo para el catastro Cuerpos de Agua, según el escenario actual 2-430
Figura 2-165 Clasificación de Riesgo para el catastro de Vegas-Bofedales, según el escenario actual 2-431
Figura 2-166 Clasificación de Riesgo para el catastro de Cuerpos de Agua, según el escenario RCP 2.6 2-432
Figura 2-167 Clasificación de Riesgo para el catastro de Vegas-Bofedales, según el escenario RCP 2.6 2-433
Figura 2-168 Clasificación de Riesgo para el catastro de Cuerpos de Agua, según el escenario RCP 8.5 2-434
Figura 2-169 Clasificación de Riesgo para el catastro de Vegas-Bofedales, según el escenario RCP 8.5 2-435
Figura 2-170 Clasificación de Riesgo asociado a sistemas de humedales del tipo Cuerpos de Agua Agrupados. 2-437
Figura 2-171 Clasificación de Riesgo asociado a sistemas de humedales del tipo Vegas-Bofedales 2-437
Figura 2-172. Modelo conceptual de sistema de lagunas altiplánicos. 2-439
Figura 2-173. Parámetros *in-situ* analizados en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014. 2-455
Figura 2-174. (Continuación) Parámetros *in-situ* analizados en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014. 2-456
Figura 2-175. Parámetros fisicoquímicos analizados en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán: a) Alcalinidad total, b) Sólidos disueltos totales y c) Sólidos suspendidos totales. Campaña de septiembre 2014. 2-458
Figura 2-176. (Continuación) Parámetros fisicoquímicos analizados en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014. 2-459
Figura 2-177. Nutrientes analizados en Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014. *: Valor bajo el límite de detección. 2-462

Folio006689

Figura 2-178. Clorofila a y en fitoplancton en Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014. 2-465
Figura 2-179. Composición iónica del agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014. 2-466
Figura 2-180. Metales disueltos en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014. 2-468
Figura 2-181. Metales totales en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014. 2-470
Figura 2-182. Parámetros fisicoquímicos en los sedimentos de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán; a) Materia orgánica y b) carbono orgánico. Campaña de septiembre 2014..... 2-472
Figura 2-183. Distribución de metales en los sedimentos de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán; a) Metales más abundantes y b) Metales en menor proporción. Campaña de septiembre 2014. Otros: vanadio, plomo, plata, níquel, mercurio, cromo, cobalto y cadmio. 2-473
Figura 2-184. Granulometría de los sedimentos de Laguna Lejía (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Pujsa (PU-1), Salar de Tara (TA-1 y AT-1) y Salar de Ascotán (AS-1). 2-474
Figura 2-185. Riqueza fitobentónica registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1) y Salar de Pujsa (PU-1). 2-482
Figura 2-186. Abundancia fitobentónica registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1) y Salar de Pujsa (PU-1). 2-482
Figura 2-187. Abundancia relativa (%) de fitobentos registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1) y Salar de Pujsa (PU-1). 2-483
Figura 2-188. Riqueza fitoplanctónica registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1), Salar de Pujsa (PU-1) y la estación AS-1. 2-486
Figura 2-189. Abundancia fitoplanctónica registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1), Salar de Pujsa (PU-1) y la estación AS-1. 2-487
Figura 2-190. Abundancia relativa (%) de fitoplancton registrada en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1), Salar de Pujsa (PU-1) y la estación AS-1. 2-487
Figura 2-191. Riqueza zooplanctónica registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1), Salar de Pujsa (PU-1) y la estación AS-1. 2-490
Figura 2-192. Abundancia zooplanctónica registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1), Salar de Pujsa (PU-1) y la estación AS-1. 2-491
Figura 2-193. Abundancia relativa (%) de zooplancton registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1), Salar de Pujsa (PU-1) y la estación AS-1. 2-491
Figura 2-194. Lagunas Altoandinas A.Ojo Rojo en Salar de Antofalla Catamarca (3900 m.s.n.m). B. Tebenquiche Salar de Atacama (2000 m.s.n.m). C.Ojos de Mar de Tolar

Folio006690

Grande (3600 m.s.n.m). D. Laguna Diamante en el cráter del Volcán Galán Catamarca (4650 m.s.n.m). E. Laguna Negra en el Salar de la Laguna Verde Catamarca (4500 m.s.n.m). F. Laguna La Brava Salar de Atacama (2000 m.s.n.m). G. Laguna Socompa Saltar (3600 m.s.n.m). 2-494
Figura 2-195. Tipos de EMEAM encontrados en los Andes: A. Biofilms en fuente hidrotermal (80°C) Volcán Galán (4900 m.s.n.m), B. Tapete microbiano de yeso carbonato y halita “ inflados” por metabolismo de organismos aeróbicos (2000 m.s.n.m), C. Microbialitos de carbonatos en La Brava, Atacama (2000 m.s.n.m), D.Evaporitas de yeso en Llamara, Atacama (850 m.s.n.m), E.Oncolitos de carbonato en Laguna Negra (4560 m.s.n.m), F. Estromatolitos en Laguna Socompa (3600 m.s.n.m). 2-496
Figura 2-196 Vista general en Punta Negra (A-C), en los márgenes del afluente de agua (B) se observan charcos con intensa actividad microbiana (D), donde se observan tapetes microbianos (E). 2-498
Figura 2-197 Corte transversal de tapetes microbianos de Salar de Punta Negra donde se pueden observar las capas características de los tapetes junto con precipitación de minerales. 2-499
Figura 2-198 Vista General de Salar de Aguas Calientes, donde se observan Vegas, asociadas al ingreso de agua afluentes de aguas subterráneas (A), en la zona mas salinas se observan precipitaciones minerales influenciadas por la dirección de viento (B-C). Sedimentos con precipitaciones minerales diferenciadas (D) se observan en los márgenes de la laguna (E-F). 2-500
Figura 2-199 Corte transversal de sedimentos de Aguas Calientes donde se puede observar la precipitación mineral marrón intermedia con influencia de raíces (A), la presencia de banda fotosintética sobre precipitación mineral marrón (B), la precipitación dispersa color marrón (C) y amarilla superior (D). 2-501
Figura 2-200 Vista General de Lejía, si bien no se han detectado tapetes microbianos en los márgenes de la laguna se observan fosiles en las paleocostas de la misma posiblemente desarrollados en épocas en las que la laguna llegaba a esos márgenes. ... 2-502
Figura 2-201. Vista general del Salar de tara donde se observa una predominancia de sistemas evaporíticos (A) bajo los cuales se desarrolla, en algunos márgenes (B), tapetes microbianos no litificantes (D). 2-503
Figura 2-202. Detalle de corte transversal de tapete microbiano del salar de Tara con estratos de comunidades microbianas claramente identificables. 2-504
Figura 2-203. Vista general de Salar de Pujsa, con sedimentos que presentan precipitación amarilla, se desconoce la génesis del mismo. 2-505
Figura 2-204. Vista General del Salar de Ascotan (AS-1) (A-B), donde se observó la distribución de un marcado precipitado amarillo de gran extresion (C.D) en algunas zonas este precipitado forma un tapete microbiano atípico (E). 2-506
Figura 2-205. Corte transversal de tapetes de salar de Ascotán, con una predominancia de precipitado amarillo de 10 cm en algunas zonas y estratificación de tapetes microbianos en otras (B). 2-507
Figura 2-206 Diagrama de la obtención de reflectancia entre un sensor multi e hiperespectral 2-509
Figura 2-207 Respuesta espectral de agua clara y agua con microalgas (Han, 1997) 2-510
Figura 2-208 Indica el comportamiento espectral teórico de la vegetación vigorosa (gráfico obtenido de Molina 1984). 2-511
Figura 2-209 Sensor AISA-Eagle Specim instalado en un avión bimotor 2-512
Figura 2-210 Plataforma aérea Piper Navajo (PPT), utilizada en el levantamiento de datos. 2-513

Folio006691

Figura 2-211 Polígonos de interés, vértices y líneas de vuelo del levantamiento de imágenes en la Vega de Tocorpuri 2-514
Figura 2-212 Polígonos de interés, vértices y líneas de vuelo del levantamiento de imágenes en el Salar de Carcote 2-515
Figura 2-213 Polígonos de interés, vértices y líneas de vuelo del levantamiento de imágenes en el Salar de Aguas Calientes I. 2-516
Figura 2-214 Procesamientos imagen hiperespectral para cálculos de índices..... 2-517
Figura 2-215 Firmas espectrales de distintos elementos encontrados en la escena. .. 2-518
Figura 2-216 Firmas espectrales de vegetación, Sensor Hiperespectral AISA..... 2-519
Figura 2-217 Resultados de los parámetros a y b de la ecuación lineal de la Línea de Suelo. 2-520
Figura 2-218. Esquema del sistema de medición de gases. 1) Cámara flotante, 2) filtro de humedad, 3) bomba de recirculación, 4) regulador de voltaje, 5) flujómetro, 6) analizador de gases, 7) bomba de vacío, 8) computador, 9) extensión eléctrica, 10) inversor de voltaje y 11) baterías de ciclo profundo. En azul se muestra el circuito de mangueras, en verde los cables de conexión eléctrica, en rojo los cables de alimentación eléctrica y en celeste el cable de conexión de datos. 2-531
Figura 2-219. Cámara terrestre para la medición del intercambio gaseoso en la superficie del suelo transparente (izquierda) y opaca (centro), y cámara flotante para las mediciones en ecosistemas acuáticos (derecha). 2-532
Figura 2-220. Ubicación de puntos de monitoreo de gases de efecto invernadero en Salar de Aguas Calientes I. Derecha, vista completa del ecosistema e izquierda, zona ampliada del área estudiada (imagen satelital de Google Earth, 2016). 2-533
Figura 2-221 Vista de los sitios de medición de gases en el Salar de Aguas Calientes I (en octubre 2015). A) ACA– 1, B) ACA– 2, C) ACA – 3, D) ACA– Acuática. 2-535
Figura 2-222 Ubicación de puntos de monitoreo de gases de efecto invernadero en Salar de Carcote. Derecha, vista completa del ecosistema e izquierda, zona ampliada del área estudiada (imagen satelital de Google Earth, 2016). 2-536
Figura 2-223. Vista de los sitios de medición de gases en el Salar de Carcote (en octubre 2015). A) CAR– 1, B) CAR– 2, C) CAR– 3 y D) CAR– Acuática. 2-537
Figura 2-224 Ubicación de puntos de monitoreo de gases de efecto invernadero en Vega de Tocorpuri. Derecha, vista completa del ecosistema e izquierda, zona ampliada del área estudiada (imagen satelital de Google Earth, 2016). 2-538
Figura 2-225. Vista de los sitios de medición de gases en la vega de Tocorpuri en octubre 2015. A) TOC– 1, B) TOC– 2, C) TOC– 3 y TOC– Acuática. 2-539

Figuras Capítulo 3

Sin Figuras

Figuras Capítulo 4

Figura 4-1: Acompañamiento en terreno de las actividades asociadas al monitoreo extensivo de los humedales de las comunidades. Fuente: Elaboración propia 4-4
Figura 4-2: Informe técnico de caracterización de humedal de Lasana. 4-5
Figura 4-3: Informe técnico de caracterización de humedal de Tebenquiche. 4-6
Figura 4-4: Datalogger CR1000, de Campbell Scientific (https://www.campbellsci.ca/cr1000-datalogger) 4-15

Folio006692

Figura 4-5: Estación meteorológica Campbell Scientific instalada en el salar de Carcote, región de Antofagasta. Ubicación 559169 E, 7635542 S, Huso 19k, altitud 3.694 m.s.n.m 4-16
Figura 4-6: Estación meteorológica Campbell Scientific instalada en el salar de Carcote, región de Antofagasta..... 4-17
Figura 4-7: Estación meteorológica Campbell Scientific de localidad de Tocorpuri, región de Antofagasta. Ubicación 596886 E, 7511761 S, Huso 19k 4-18
Figura 4-8: Acercamiento a estación meteorológica Campbell Scientific de localidad de Tocorpuri, región de Antofagasta..... 4-19
Figura 4-9: Estación meteorológica Campbell Scientific en salar de Aguas Calientes I, región de Antofagasta. Ubicación 663987 E, 7445698 S, Huso 19k 4-20
Figura 4-10: Vista de la protección de la estación meteorológica Campbell Scientific en salar de Aguas Calientes I, región de Antofagasta. Ubicación 663987 E, 7445698 S, Huso 19k..... 4-21
Figura 4-11: Estación meteorológica Campbell Scientific en salar de Aguas Calientes I, región de Antofagasta. Se observa el sensor de nivel freático en el borde inferior izquierdo de la foto..... 4-22
Figura 4-12: Firma del documento solicitud para crear un Santuario de la Naturaleza, por parte del Sr. Ministro de Medio Ambiente, Pablo Badenier, en el marco de una capacitación a profesores de la Región, en Tebenquiche. Octubre de 2016..... 4-24
Figura 4-13: Actividad de capacitación con profesores, en Tebenquiche. En la imagen, Sr. Ministro de Medio Ambiente, Pablo Badenier y SEREMI de Medio Ambiente de la región de Antofagasta, Sr. Felipe Lerzundi. Octubre de 2016..... 4-25
Figura 4-14: Actividad con la comunidad, en el marco de la inauguración del centro de sanación de Tebenquiche. En la foto, Jorge Alvarez, Presidente Comunidad Coyo, SEREMI de Medio Ambiente, Felipe Lerzundi, y Director del Centro de Ecología Aplicada (CEA), Manuel Contreras L. , junto a miembros de la comunidad. Abril 2017 4-26
Figura 4-15: Centro de sanación ubicado en la laguna Tebenquiche, instalado por la comunidad Coyo. Abril 2017..... 4-27
Figura 4-16: Estrategia de implementación de capacidades analíticas de calidad de agua. 4-29
Figura 4-17: Mochila de monitoreo de calidad de aguas a nivel educacional (Hanna HI3817BP)..... 4-30
Figura 4-18: Escalamiento potencial de los resultados del proyecto. 4-33
Figura 4-19: Alumnos de la Escuela G-52 San Francisco de Chiu-Chiu, durante la capacitación en monitoreo de la calidad del agua. Octubre de 2017..... 4-34
Figura 4-20: Alumnos de la Escuela G-52 San Francisco de Chiu-Chiu, después de la capacitación en monitoreo de la calidad del agua. Octubre de 2017..... 4-35
Figura 4-21: Alumnos del colegio Río Loa, de Calama, después de la capacitación en calidad de agua. Octubre de 2017. 4-36
Figura 4-22: Vista de la capacitación en monitoreo de la calidad del agua en el colegio Río Loa, Calama. Octubre de 2017. 4-37
Figura 4-23: SEREMI de Medio Ambiente de Antofagasta, dirigiéndose a los alumnos del colegio Río Loa, en Calama, en el marco de la capacitación en monitoreo de la calidad del agua. Octubre de 2017. 4-38
Figura 4-24: Grupo de alumnos de la Escuela San Antonio de Padua, en Ollagüe, después de la capacitación en monitoreo de la calidad del agua. Octubre de 2017..... 4-39
Figura 4-25: Capacitación en monitoreo de la calidad del agua a alumnos de la Escuela San Antonio de Padua, en Ollagüe, Octubre de 2017..... 4-40

Folio006693

Figura 4-26: Portada libro de turismo,“ Extremófilos y Origen de la Vida en Atacamä , desarrollado en el ámbito de las medidas de adaptación al Cambio Climático..... 4-42
Figura 4-27: Portada de Guía Técnica para la conservación y seguimiento de ecosistemas microbianos extremófilos, desarrollado en el ámbito de este estudio. 4-43

Figuras Capítulo 5

Figura 5-1: Arbol de problema de humedales alto andinos de la región de Antofagasta. 5-4

Figuras Capítulo 6

Figura 6-1. Plano de ubicación de las comunidades asociadas a sistemas de vegetación y cuerpos de agua considerados estables. 6-13
Figura 6-2. Localidad de Lasana. 6-19
Figura 6-3. Localidad de Chiu Chiu. 6-19
Figura 6-4. Localidad de Ascotán. 6-20
Figura 6-5. Localidad de Vega Chela. 6-20
Figura 6-6 Localidad de Vega Ollague. 6-21
Figura 6-7. Localidad de Vega Cupo. 6-21
Figura 6-8. Localidad de Vega Turi. 6-22
Figura 6-9. Localidad de Vega Ayquina. 6-22
Figura 6-10. Localidad de Vega Toconce. 6-23
Figura 6-11. Localidad de Vega Caspana. 6-23
Figura 6-12. Localidad de Vega Tocorpuri. 6-24
Figura 6-13. Localidad de Vado de Putana. 6-24
Figura 6-14. Localidad de Machuca. 6-25
Figura 6-15 Localidad de Turipite. 6-25
Figura 6-16. Localidad de Peine. 6-26
Figura 6-17. Localidad de Camar. 6-26
Figura 6-18. Localidad de Talabre. 6-27
Figura 6-19. Localidad de Río Grande. 6-27

Figuras Capítulo 7

Sin Figuras

Figuras Capítulo 8

Sin Figuras

Folio006694

Tablas Capítulo 1

Tabla 1.1. Estaciones meteorológicas DGA presentes en la zona de estudio. 1-5
Tabla 1.2. Estaciones fluviométricas DGA presentes en la zona de estudio. 1-11
Tabla 1.3. Estaciones de calidad de agua DGA presentes en la zona de estudio. 1-18
Tabla 1.4. Estaciones meteorológicas INIA, presentes en la zona de estudio. 1-22
Tabla 1.5. Resumen de variables estaciones DGA. 1-24
Tabla 1.6. Revisión General de la información DGA por estación y variable estudiada. 1-26
Tabla 1.7. Resumen de variables estaciones INIA. 1-31
Tabla 1.8. Ejemplo de la evaluación de la información para la variable precipitación (Ppt). 1-33
Tabla 1.9. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por precipitación para las estaciones DGA. 1-33
Tabla 1.10. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por temperatura diaria extrema, estaciones DGA. 1-36
Tabla 1.11. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por temperaturas diarias en horas sinópticas, estaciones DGA. 1-38
Tabla 1.12. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por humedad relativa diaria extrema, estaciones DGA. 1-40
Tabla 1.13. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por humedad relativa diaria en horas sinópticas, estaciones DGA. 1-42
Tabla 1.14. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por evaporación y recorrido del viento diario, estaciones DGA. 1-44
Tabla 1.15. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por velocidad y dirección del viento diaria en horas sinópticas, estaciones DGA. 1-47
Tabla 1.16. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios de la velocidad media diaria del viento, estaciones DGA. 1-50
Tabla 1.17. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por horas de sol diaria, estaciones DGA. 1-52
Tabla 1.18. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por nubosidad diaria en horas sinópticas, estaciones DGA. 1-54
Tabla 1.19. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por evaporación diaria, estaciones DGA. 1-56
Tabla 1.20. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Caudal medio diario, estaciones DGA. 1-58
Tabla 1.21. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por altura y caudal instantáneo, estaciones DGA. 1-60
Tabla 1.22. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Altura y caudal instantáneo, estaciones DGA. 1-62
Tabla 1.23. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Dirección del Viento, estaciones INIA. 1-64
Tabla 1.24. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Humedad relativa, estaciones INIA. 1-66
Tabla 1.25. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Precipitación Acumulada, estaciones INIA. 1-68
Tabla 1.26. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Presión atmosférica, estaciones INIA. 1-70
Tabla 1.27. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Radiación Solar, estaciones INIA. 1-72

Folio006695

Tabla 1.28. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Temperatura del Aire, estaciones INIA..... 1-74
Tabla 1.29. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Temperatura Superficial, estaciones INIA..... 1-76
Tabla 1.30. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Temperatura del Suelo a 10 cm, estaciones INIA. 1-78
Tabla 1.31. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Velocidad del Viento, estaciones INIA..... 1-80
Tabla 1.32. Ranking de Nº de proyectos según Titular y clasificación. 1-83
Tabla 1.33. Vértices del polígono considerado para la consulta de los derechos de aguas en la Región en estudio. 1-86
Tabla 1.34. Ranking de titulares según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos de agua superficiales y situación patentada. (Información oficial DGA)..... 1-88
Tabla 1.35. Derechos de agua superficiales nuevos (*destacados en gris*) o que presentan discrepancias de información según la revisión de expedientes y resoluciones..... 1-91
Tabla 1.36. Ranking de titulares según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos Subterráneos y situación patentada. 1-97
Tabla 1.37. Derechos de agua subterráneas que presentan discrepancias de información según la revisión de expedientes y resoluciones. 1-100
Tabla 1.38. Expedientes solicitados al SERNAGEOMIN..... 1-102
Tabla 1.39. Cartografías geológicas seleccionadas para el estudio. 1-107
Tabla 1.40. Número de Vegas y bofedales identificados según sector de estudio. 1-109
Tabla 1.41. Nº de Vegas y bofedales según sector y tipo de alimentación de agua. ... 1-109
Tabla 1.42. Clasificación de formaciones vegetacionales entre salinas y no salinas, indicando tolerancias de salinidad (SAG, 2009). 1-120
Tabla 1.43. Ficha sitio prioritario Cuenca Río Loa Alto..... 1-123
Tabla 1.44. Ficha sitio prioritario Salar de Ascotán. 1-129
Tabla 1.45. Ficha sitio prioritario Geiseres del Tatio..... 1-134
Tabla 1.46. Ficha sitio prioritario Oasis de Calama. 1-140
Tabla 1.47. Ficha sitio prioritario alrededores del Volcán Licancabur. 1-145
Tabla 1.48. Ficha sitio prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama. 1-150
Tabla 1.49. Ficha sitio prioritario Salar de Atacama. 1-154
Tabla 1.50. Ficha sitio prioritario Salar de Tara. 1-163
Tabla 1.51. Ficha sitio prioritario Salar de Aguas Calientes. 1-168
Tabla 1.52. Ficha sitio prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques. 1-175
Tabla 1.53. Ficha sitio prioritario Salar de Punta Negra. 1-179
Tabla 1.54. Ficha sitio prioritario Salar de Pujsa. 1-183
Tabla 1.55. Ficha sitio prioritario Laguna Lejía. 1-186
Tabla 1.56. Ficha sitio prioritario Sistema Hidrológico Soncor..... 1-190
Tabla 1.57. Ficha sitio prioritario Salar de Aguas Calientes IV. 1-193
Tabla 1.58 Humedales seleccionados para muestreo intensivo..... 1-196
Tabla 1.59 Comunidades seleccionadas por ADI..... 1-198
Tabla 1.60: División de comunidades para trabajo en bloques 1-201
Tabla 1.61 Canal de contacto actualizado usado para la priorización y monitoreo de los humedales, por ADI 1-203
Tabla 1.62 Priorización de humedales comunidad de Ollagüe..... 1-204
Tabla 1.63 Priorización de humedales comunidad de Ayquina - Turi 1-205
Tabla 1.64 Priorización de humedales comunidad de Cupo..... 1-206
Tabla 1.65 Priorización de humedales comunidad de Toconce 1-208
Tabla 1.66 Resumen de priorización de humedales, comunidades ADI Alto El Loa.... 1-211

Folio006696

Tabla 1.67 Priorización de humedales comunidad de Río Grande..... 1-212
Tabla 1.68 Priorización de humedales, comunidad de Talabre..... 1-214
Tabla 1.69 Priorización de humedales localidad de Peine..... 1-216
Tabla 1.70 Priorización de humedales localidad de Machuca..... 1-217
Tabla 1.71: Resumen de priorización de humedales, comunidades ADI Atacama la Grande..... 1-220
Tabla 1.72 Resumen de la priorización donde se indica tipo de sistema ADI: Alto el.. 1-221
Tabla 1.73 Resumen de la priorización donde se indica tipo de sistema ADI: Atacama La Grande..... 1-222

Tablas Capítulo 2

Tabla 2-1. Puntos de muestreo Sistemas Naturales calidad de agua, biota acuática y flujo de gases de invernadero. 2-11
Tabla 2-2 Resumen componentes muestreadas en cada campaña de terreno (2015-2017). 2-11
Tabla 2-3 Superficie espejo de agua y macrófitas en el Salar de Aguas Calientes I (2015-2017). 2-18
Tabla 2-4. Características de las muestras de tapetes microbianos muestreados en en Salar de Aguas Calientes I en octubre 2015. 2-34
Tabla 2-5. Clasificación taxonómica al nivel más específicamente posible de los 10 OTUs más abundantes en muestras de Aguas Calientes. Octubre 2015. 2-44
Tabla 2-6. Abundancia (cél/mm^2) de taxa fitobentónicos registrados en la campaña de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar de Aguas Calientes I. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón..... 2-47
Tabla 2-7 Abundancia (cél. L^{-1}) de taxa fitoplanctónicos registrados en la campaña de Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar de Aguas Calientes I. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón..... 2-51
Tabla 2-8. Abundancia (cél. L^{-1}) de taxa Zooplanctónicos registrados en la campaña de Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar de Aguas Calientes I. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón..... 2-55
Tabla 2-9. Abundancia (ind/m^2) de taxa Zoobentos registrados en la campaña de Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar de Aguas Calientes I. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón. 2-58
Tabla 2-10. Riqueza florística humedal de Aguas Calientes I. 2-59
Tabla 2-11. Resultados de cobertura (%) en transectos por temporada, sector Aguas Calientes I..... 2-61
Tabla 2-12. Riqueza plantas acuáticas en humedal de Aguas calientes I. 2-62
Tabla 2-13. Cobertura plantas acuáticas Aguas Calientes I. 2-62
Tabla 2-14. Abundancia (número de individuos) y riqueza (número de especies) detectadas durante la campaña de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el salar de Aguas Calientes I. 2-64
Tabla 2-15 Especiesde vertebrados detectadas durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el salar de Aguas Calientes I, según origen, estado de conservación y legislación nacional vigente. 2-69
Tabla 2-16. Principales procesos que generan el intercambio de GEI en la superficie del suelo y del agua..... 2-71

Folio006697

Tabla 2-17. Puntos de monitoreo de gases en matrices terrestre y acuática en salar de Aguas Calientes I..... 2-74
Tabla 2-18. Flujo superficial de CO_2 y CH_4 registrado en los puntos de monitoreo emplazados en el Salar de Aguas Calientes I, durante las campañas 2015, 2016 y 2017.2-77
Tabla 2-19. Estimación del flujo total de CO_2 desde el Salar de Aguas Calientes I..... 2-79
Tabla 2-20. Estimación del flujo total de CH_4 desde el Salar de Aguas Calientes I..... 2-80
Tabla 2-21. Variación entre monitoreos del carácter emisor/captador de GEI de los ecosistemas presentes en el Salar de Aguas Calientes I..... 2-81
Tabla 2-22 Superficie espejo de agua y macrófitas en el Salar de Carcote (2015-2017). 2-87
Tabla 2-23. Descripción de las muestras de tapetes microbianos. Octubre 2015. 2-105
Tabla 2-24. Clasificación taxonómica al nivel más específicamente posible de los 10 OTUs más abundantes en muestras de Carcote. Octubre 2015. 2-108
Tabla 2-25. Abundancia (cél/mm^2) de taxa Fitobentos registrados en la campaña de octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar Carcote. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón..... 2-112
Tabla 2-26. Abundancia (cél. L^{-1}) de taxa fitoplanctónicos registrados en la campaña de octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar Carcote. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón..... 2-116
Tabla 2-27. Abundancia (cél. L^{-1}) de taxa Zooplanctónicos registrados en la campaña de octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar Carcote. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón..... 2-120
Tabla 2-28. Abundancia (ind/m^2) de taxa Zoobentos registrados en la campaña de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar Carcote. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón..... 2-123
Tabla 2-29. Riqueza florística del Salar de Carcote. 2-124
Tabla 2-30. Resultados de cobertura (%) en transectos por temporada, sector Carcote... 2-126
Tabla 2-31. Abundancia (número de individuos) y riqueza (número de especies) detectadas durante la campaña de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el salar de Carcote. 2-128
Tabla 2-32 Especies de vertebrados detectadas durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el salar de Carcote, según origen, estado de conservación y legislación nacional vigente..... 2-132
Tabla 2-33. Puntos de monitoreo de gases en matrices terrestre y acuática en salar de Carcote..... 2-134
Tabla 2-34. Flujo superficial de CO2 y CH4 registrado en los puntos de monitoreo emplazados en el Salar de Carcote. 2-138
Tabla 2-35. Estimación del flujo total de CO_2 desde el Salar de Carcote en primavera (2015) y verano (2017). 2-140
Tabla 2-36. Estimación del flujo total de CH_4 desde el Salar de Carcote en primavera (2015) y verano (2017). 2-141
Tabla 2-37. Variación entre monitoreos del carácter emisor/captador de GEI de los ecosistemas presentes en el Salar de Carcote. 2-141
Tabla 2-38 Superficie espejo de agua y macrófitas en Vegas de Tocorpuri (2015-2017).. 2-147
Tabla 2-39: Características de las muestras de tapetes microbianos..... 2-163
Tabla 2-40. Clasificación taxonómica al nivel más específicamente posible de los 10 OTUs más abundantes en muestras de vegas..... 2-166

Folio006698

Tabla 2-41. Abundancia (cél/mm^2) de taxa Fitobentos registrados en la campaña de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en Vegas de Tocorpuri. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón. 2-170
Tabla 2-42. Abundancia (cél. L^{-1}) de taxa fitoplanctónicos registrados en la campaña de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en Vegas de Tocorpuri. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón. 2-174
Tabla 2-43. Abundancia (cél. L^{-1}) de taxa Zooplanctónicos registrados en la campaña de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en Vegas de Tocorpuri. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón. 2-179
Tabla 2-44. Abundancia (ind/m^2) de taxa Zoobentos registrados en la campaña de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en en Vegas de Tocorpuri. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón. 2-182
Tabla 2-45. Riqueza florística Humedal de Tocorpuri..... 2-183
Tabla 2-46. Resultados de cobertura (%) en transectos por temporada, sector Tocorpuri.2-185
Tabla 2-47.Riqueza plantas acuáticas en el humedal de Tocorpuri. 2-186
Tabla 2-48. Cobertura plantas acuáticas en el humedal de Tocorpuri..... 2-187
Tabla 2-49. Abundancia (número de individuos) y riqueza (número de especies) detectadas durante la campaña de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el sector de Tocorpuri. 2-188
Tabla 2-50 Especies de vertebrados detectadas durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el sector de Tocorpuri, según origen, estado de conservación y legislación nacional vigente. 2-192
Tabla 2-51. Puntos de monitoreo de gases en matrices terrestre y acuática en vega de Tocorpuri. 2-195
Tabla 2-52 Flujo superficial de CO_2 y CH_4 registrado en los puntos de monitoreo emplazados la matriz terrestre de la Vega de Tocorpuri. 2-199
Tabla 2-53 Flujo superficial de CO_2 y CH_4 registrado en los puntos de monitoreo emplazados la matriz acuática de la Vega de Tocorpuri. 2-199
Tabla 2-54. Estimación del flujo total de CO_2 desde la Vega de Tocorpuri en primavera y verano. 2-201
Tabla 2-55 Estimación del flujo total de CH_4 desde la Vega de Tocorpuri en primavera y verano. 2-202
Tabla 2-56. Variación entre monitoreos del carácter emisor/captador de GEI de los ecosistemas presentes en la Vega de Tocorpuri. 2-203
Tabla 2-57. Puntos de muestreo de monitoreo extensivo en las localidades y humedales seleccionados. 2-210
Tabla 2-58 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Localidad de Lasana, abril 2016. 2-212
Tabla 2-59 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. localidad Lasana, abril 2016. 2-212
Tabla 2-60. Parámetros de calidad de agua, localidad de Lasana, abril 2016. 2-212
Tabla 2-61 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Lasana, abril 2016. 2-215
Tabla 2-62 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Lasana, abril 2016. 2-216
Tabla 2-63 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Lasana, abril 2016. 2-216
Tabla 2-64 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Lasana, abril 2016. 2-217
Tabla 2-65. Listado de especies del sector Lasana. 2-217
Tabla 2-66. Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Lasana. 2-218

Folio006699

Tabla 2-67. Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Cebollar Viejo, abril 2016. 2-220
Tabla 2-68. Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Cebollar Viejo, abril 2016. 2-220
Tabla 2-69. Parámetros de calidad de agua, sector Cebollar Viejo, abril 2016..... 2-220
Tabla 2-70 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Cebollar Viejo abril 2016..... 2-223
Tabla 2-71 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Cebollar Viejo, abril 2016. 2-223
Tabla 2-72 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Cebollar Viejo, abril 2016..... 2-224
Tabla 2-73 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Cebollar Viejo abril 2016. 2-224
Tabla 2-74. Listado de especies del sector de Cebollar viejo. 2-226
Tabla 2-75. Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Cebollar-Ascotán, sector Cebollar Viejo. 2-227
Tabla 2-76. Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Vega Chela, abril 2016. 2-229
Tabla 2-77. Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Vega Chela, abril 2016. 2-230
Tabla 2-78. Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Puquio, abril 2016. 2-230
Tabla 2-79. Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Puquio, abril 2016. 2-231
Tabla 2-80. Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Quebrada del Inca, abril 2016. 2-232
Tabla 2-81. Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Quebrada del Inca, abril 2016. 2-232
Tabla 2-82. Parámetros de calidad de agua, sector Vega Chela, Puquio y Quebrada del Inca, abril 2016. 2-233
Tabla 2-83 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Vega Chela, Puquio y Quebrada del Inca, abril 2016. 2-235
Tabla 2-84 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Vega Chela, Puquio y Quebrada del Inca, abril 2016. 2-236
Tabla 2-85 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Vega Chela, Puquio y Quebrada del Inca, abril 2016. 2-238
Tabla 2-86 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Vega Chela, Puquio y Quebrada del Inca, abril 2016. 2-238
Tabla 2-87. Listado de especies localidad de Ollague 2-239
Tabla 2-88 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Ollague, sectores de Vega chela, Puquio y Quebrada del Inca. 2-243
Tabla 2-89 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Cupo, abril 2016. 2-245
Tabla 2-90 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Cupo, abril 2016. 2-245
Tabla 2-91 Parámetros de calidad de agua, sector Cupo, abril 2016. 2-245
Tabla 2-92 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Cupo, abril 2016. 2-248
Tabla 2-93 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Cupo, abril 2016..... 2-248
Tabla 2-94 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Cupo, abril 2016. 2-249
Tabla 2-95 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Cupo abril 2016..... 2-249
Tabla 2-96. Listado de especies del humedal de Cupo. 2-250
Tabla 2-97 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Cupo, sector Cupo. 2-251

Folio006700

Tabla 2-98 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Ayquina, abril 2016. 2-253
Tabla 2-99 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Ayquina, abril 2016. 2-253
Tabla 2-100 Parámetros de calidad de agua, sector Ayquina, abril 2016. 2-253
Tabla 2-101 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Ayquina, abril 2016. 2-255
Tabla 2-102 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Ayquina, abril 2016. 2-256
Tabla 2-103 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Ayquina, abril 2016. 2-256
Tabla 2-104 Presencia de taxa zooplanctónicos, Ayquina abril 2016. 2-257
Tabla 2-105. Listado de especies del humedal de Ayquina..... 2-257
Tabla 2-106 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Ayquina, Sector Ayquina..... 2-258
Tabla 2-107 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Alvarado, abril 2016. 2-260
Tabla 2-108 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Alvarado, abril 2016. 2-260
Tabla 2-109 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Inca Coya, abril 2016. 2-261
Tabla 2-110 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Inca Coya, abril 2016. 2-261
Tabla 2-111 Parámetros de calidad de agua, sector Inca Coya y Alvarado, abril 2016. 2-262
Tabla 2-112 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Inca Coya y Alvarado, abril 2016. .. 2-264
Tabla 2-113 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Inca Coya y Alvarado, abril 2016. 2-265
Tabla 2-114 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Inca Coya y Alvarado, abril 2016. . 2-266
Tabla 2-115 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Inca Coya y Alvarado abril 2016. 2-266
Tabla 2-116. Listado de especies de la localidad de Chiuchiu. 2-267
Tabla 2-117 . Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Chiu Chiu, en los sectores de Inca Coya y Alvarado. ... 2-269
Tabla 2-118 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Catarape, abril 2016. 2-271
Tabla 2-119 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Catarape, abril 2016. 2-271
Tabla 2-120 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Saltar, abril 2016. 2-272
Tabla 2-121 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Saltar, abril 2016. 2-273
Tabla 2-122 Parámetros de calidad de agua, sector Catarape y sector Saltar, campaña de otoño 2016..... 2-273
Tabla 2-123 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Catarape y Saltar, abril 2016. .. 2-275
Tabla 2-124 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Catarape y Saltar, abril 2016. 2-276
Tabla 2-125 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Catarape y Saltar, abril 2016. . 2-277
Tabla 2-126 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Catarape y Saltar, abril 2016..... 2-277
Tabla 2-127 Listado de especies de la localidad de Talabre. 2-278

Folio006701

Tabla 2-128 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Talabre, en los sectores de Catarape y Saltar 2-281
Tabla 2-129 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Machuca, abril 2016. 2-319
Tabla 2-130 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Machuca, abril 2016. 2-320
Tabla 2-131 Parámetros de calidad de agua, sector Machuca, abril 2016. 2-320
Tabla 2-132 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Machuca, abril 2016. 2-322
Tabla 2-133 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Machuca, abril 2016. 2-323
Tabla 2-134 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Machuca, abril 2016. 2-323
Tabla 2-135 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Machuca, abril 2016. 2-324
Tabla 2-136 Listado de especies del sector Machuca. 2-325
Tabla 2-137 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Machuca. 2-326
Tabla 2-138 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Tilopozo, abril 2016. 2-328
Tabla 2-139 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Tilopozo, abril 2016. 2-329
Tabla 2-140 Parámetros de calidad de agua, sector Tilopozo, campaña de otoño 2016... 2-329
Tabla 2-141 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Tilopozo, abril 2016. 2-331
Tabla 2-142 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Tilopozo, abril 2016. 2-331
Tabla 2-143 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Tilopozo, abril 2016. 2-332
Tabla 2-144 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Tilopozo, abril 2016. 2-332
Tabla 2-145 Listado de especies del sector de Tilopozo. 2-333
Tabla 2-146 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Peine, Sector Tilopozo. 2-335
Tabla 2-147 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Allana, abril 2016. 2-337
Tabla 2-148 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Allana, abril 2016. 2-337
Tabla 2-149 Parámetros de calidad de agua, sector Allana, campaña de otoño 2016. 2-337
Tabla 2-150 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Allana, abril 2016. 2-340
Tabla 2-151 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Allana, abril 2016. 2-341
Tabla 2-152 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Allana, abril 2016. 2-341
Tabla 2-153 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Allana, abril 2016. 2-342
Tabla 2-154 Listado de especies del sector de Allana. 2-342
Tabla 2-155 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Camar, Sector Allana. 2-344
Tabla 2-156 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Tebenquiche, abril 2016. 2-345
Tabla 2-157 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Tebenquiche, abril 2016. 2-346
Tabla 2-158 Parámetros de calidad de agua, sector Tebenquiche, campaña de otoño 2016. 2-346
Tabla 2-159 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Tebenquiche, abril 2016. 2-348
Tabla 2-160 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Tebenquiche, abril 2016. 2-349
Tabla 2-161 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Tebenquiche, abril 2016. 2-350
Tabla 2-162 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Tebenquiche, abril 2016. 2-350
Tabla 2-163 Listado de especies del de Laguna Tebenquinche, sector Los Burros. ... 2-350

Folio006702

Tabla 2-164 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Coyo, sector Tebenquiche 2-352
Tabla 2-165. Servicios ecosistémicos contenidos en InVEST y resumen de la evaluación de la aplicación de ellos en la evaluación. 2-355
Tabla 2-166. Equivalencia entre caudales de extracción de agua superficial y subterránea y el índice de amenaza. 2-364
Tabla 2-167. Equivalencia entre índice de fotos por usuario por día (PUD) e índice de amenaza. 2-365
Tabla 2.168. Equivalencia entre poblaciones y el índice de amenaza. 2-366
Tabla 2.169. Datos de distancia máxima, peso relativo y tipo de decaimiento para cada amenaza. 2-367
Tabla 2.170. Valores considerados de sensibilidad de cada uso de suelo a cada amenaza. 2-367
Tabla 2-171. Categorización de la prestación del servicio ecosistémico de recreación y turismo del humedal 2-376
Tabla 2-172. Categorización de la prestación del servicio ecosistémico de apoyo de calidad hábitat del humedal. 2-376
Tabla 2-173. Resumen de usos, presiones, amenazas y servicios ecosistémicos en cuerpos de agua del análisis. 2-377
Tabla 2-174. Resumen de usos, presiones, amenazas y servicios ecosistémicos en cuerpos de agua del análisis. 2-379
Tabla 2-175 Tendencia de parámetros meteorológicos utilizados para la recarga. Valor acumulado al final de cada simulación y pendiente media de la serie acumulada. 2-403
Tabla 2-176 Intervalo de tiempo y horizonte de la simulación 2-411
Tabla 2-177 Rangos de Vulnerabilidad según IVCC 2-422
Tabla 2-178 Vulnerabilidad de Cuerpos de Agua Agrupados según estado de Vulnerabilidad de cambio climático. 2-427
Tabla 2-179 Vulnerabilidad de Vegas-Bofedales según estado de Vulnerabilidad de cambio climático. 2-427
Tabla 2-180 Clasificación final de riesgo asociado a los sistemas de humedales, según todas las alternativas entre Condición del humedal y la Vulnerabilidad de Cambio Climático 2-429
Tabla 2-181 Riesgo porcentual de los sistemas de humedales del tipo Cuerpos de Agua Agrupados 2-436
Tabla 2-182 Riesgo porcentual de los sistemas de humedales del tipo Vegas-Bofedales. 2-436
Tabla 2-183. Sitios propuestos para muestreo y pertenencia a SNASPE o sitio RAMSAR. 2-444
Tabla 2-184. Coordenadas UTM sitios de muestreo y variables medidas. Septiembre 2014. 2-448
Tabla 2-185. Parámetros de calidad de agua. Campaña de Septiembre de 2014. 2-449
Tabla 2-186. Parámetros de Sedimentos. Campaña de Septiembre de 2014. 2-452
Tabla 2-187. Parámetros in-situ de calidad de aguas en Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014. 2-475
Tabla 2-188. Parámetros fisicoquímicos de calidad de aguas en Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014. 2-475
Tabla 2-189 Nutrientes, clorofila y clorofila en fitoplancton de calidad de aguas en Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014. 2-475
Tabla 2-190 Iones mayoritarios en la columna de agua de Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014. 2-476

Folio006703

Tabla 2-191 Metales disueltos en la columna de agua de Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014. 2-476
Tabla 2-192 Metales totales en la columna de agua de Salares y Lagunas Altoandinas. Septiembre 2014. 2-477
Tabla 2-193 Parámetros microbiológicos en la columna de agua de Salares y Lagunas Altoandinas. Septiembre 2014. 2-478
Tabla 2-194. Parámetros fisicoquímicos en los sedimentos de los Salares y Lagunas Altoandinas. Septiembre 2014. 2-478
Tabla 2-195. Metales en los sedimentos de los Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014. 2-479
Tabla 2-196. Granulometría en los sedimentos de los Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014. 2-480
Tabla 2-197. Composición y abundancia total del componente fitobentónico (cél·mm^{-2}). (A: Abundancia Absolutas; %: Abundancia relativas). Campaña Septiembre 2014. 2-484
Tabla 2-198. Composición y abundancia total del componente fitoplanctónico (cél·L^{-1}). (A: Abundancia Absoluta; %: Abundancia relativa). Campaña Septiembre 2014. 2-488
Tabla 2-199. Composición y abundancia total del componente zooplanctónico (ind·L-1). (A: Abundancia Absoluta; %: Abundancia relativa). Campaña Septiembre 2014. 2-492
Tabla 2-200 Condiciones físico químicas in situ de los ambientes seleccionados. 2-497
Tabla 2-201: Características de sensor AISA-EAGLE Specim. 2-512
Tabla 2-202: Fechas de ejecución de vuelos para los sistemas en estudio 2-513
Tabla 2-203 Metodología de muestreo para reptiles 2-523
Tabla 2-204 Metodología de muestreo para aves 2-523
Tabla 2-205 Metodología de muestreo para Micromamíferos 2-524
Tabla 2-206. Metodología de muestreo para macromamíferos. 2-524
Tabla 2-207. Periodos de monitoreo intensivo. 2-533
Tabla 2-208. Puntos de monitoreo de gases en matrices terrestre y acuática en salar de Aguas Calientes I. 2-533
Tabla 2-209. Puntos de monitoreo de gases en matrices terrestre y acuática en salar de Carcote. 2-535
Tabla 2-210. Puntos de monitoreo de gases en matrices terrestre y acuática en vega de Tocorpuri. 2-538
Tabla 2-211 Parámetros de calidad de agua, salar Aguas Calientes I. 2-540
Tabla 2-212 Parámetros de calidad de agua, salar de Carcote. 2-542
Tabla 2-213 Parámetros de calidad de agua, vega de Tocorpuri. 2-544

Tablas Capítulo 3

Sin Tablas

Tablas Capítulo 4

Tabla 4.1. Detalle informes técnicos de Monitoreo participativo. 4-5
Tabla 4.2: Especificaciones sensor de precipitación 4-8
Tabla 4.3: Especificaciones sensor de radiación 4-9
Tabla 4.4: Especificaciones sensor de velocidad y dirección del viento. 4-10
Tabla 4.5: Especificaciones sensor de temperatura y humedad relativa 4-11
Tabla 4.6: Especificaciones tipo de sensor de nivel de agua 4-12
Tabla 4.7: Coordenadas de ubicación preliminar de las estaciones meteorológicas y sensores de profundidad de nivel freático instaladas en el marco del proyecto 4-16

Folio006704

Tabla 4.8:Comparación entre las mochilas de monitoreo vs una maleta multiparámetro .. 4-31
Tabla 4.9: Descripción de los principales consumibles de la mochila, y su precio (a junio de 2017). Proveedor: Hanna Instruments 4-32
Tabla 4.10: Aplicación de las medidas a humedales/comunidades de las ADI Alto EL Loa y Atacama La Grande, y priorización. 4-44

Tablas Capítulo 5

Tabla 5-1: Causas, efectos e iniciativas o proyectos que conducen a reducir o minimizar el problema de deterioro de los ecosistemas altoandinos. 5-3

Tablas Capítulo 6

Tabla 6-1. Resultados del catastro de las diferentes comunas involucradas en el estudio. 6-3
Tabla 6-2. Organismos de interés público, considerados en el Programa de Participación del estudio, según pertenencia al Estado..... 6-4
Tabla 6-3. Organizaciones privadas del Sector Minero, consideradas en el Programa de Participación del estudio. 6-5
Tabla 6-4. Resumen de actores claves identificados en la región, en el marco del Programa de participación del estudio. 6-5
Tabla 6-5: Listado de comunidades, por ADI, asociadas a cuerpos de agua o vegetación, en un radio de 10 km. 6-12
Tabla 6-6. Hallazgos encontrados en las localidades..... 6-15

Tablas Capítulo 7

Tabla 7-1 Resumen de productos de sensibilización y difusión. 7-2

Tablas Capítulo 8

Tabla 8-1 Ranking mundial de los diez países con mayor capacidad para desalar agua.8-5
Tabla 8-2 Chile. Catastro plantas desaladoras y sistemas de impulsión de agua de mar al 2017. 8-7
Tabla 8-3 Proyectos asociados al segmento de mercado objetivo 8-11
Tabla 8-4 Parámetros de diseño de ingeniería..... 8-12
Tabla 8-5 Nivel de inversión inicial. 8-12
Tabla 8-6 Costos anuales de operación y mantenimiento. 8-13
Tabla 8-7 Gastos generales y administrativos..... 8-13
Tabla 8-8 Chile, Superficie de Humedales salar, 2010, en hectáreas. 8-15
Tabla 8-9 Valor Unitario de los servicios ambientales de los humedales en las áreas protegidas de Chile, US$/ha. 8-17
Tabla 8-10. Chile. Valorización de Captura de Carbono de Humedales Salar..... 8-17
Tabla 8-11. Valor Ecológico por hectárea de Humedal, Figueroa (2010 8-18
Tabla 8-12. Valorización del humedal salar, considerando valores de desalación. 8-19
Tabla 8-13 Valores anuales estimados de caudales de reposición para toda la superficie en estudio, cifras en MM US$. 8-20

Folio006705

Tabla 8-14: Valores Presentes Perpetuos estimados de caudales de reposición, considerando tasa de descuento del 6 %, para toda la superficie en estudio, cifras en MM US$. 8-21
Tabla 8-15: VAN Perpetuo, considerando tasa de descuento del 6 %, cifras en US$/ha. . 8-21
Tabla 8-16: Cuerpos de Agua que muestran diferencias entre los escenarios. 8-22
Tabla 8-17: Sistemas Vegetacionales que muestran diferencias entre los escenarios.. 8-23

Folio006706

INFORME DE SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA LOS HUMEDALES ALTO ANDINOS

Folio006707

1 SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA LOS HUMEDALES ALTO ANDINOS

1.1 Resumen ejecutivo

En este documento se presenta la sistematización de la información recopilada para el desarrollo del estudio, la cual proviene principalmente de la sistematización previamente realizada en el proyecto en desarrollo BIP 30126293-0: "Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos", y en este informe se integra, categoriza y resume la información relevante para cumplir con los objetivos del estudio, es decir, información que aplica al área de estudio, la cual es la Región de Antofagasta, sobre los 2.000 msnm..

Por lo tanto, las actividades asociadas fueron de recopilación de datos de diversas fuentes de información. Por ejemplo, se recopila y sistematiza la información de meteorología, fluviometría y de calidad de agua, proveniente de estaciones de registro de la Dirección General de Aguas (DGA) y del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Los datos de ambas fuentes son revisados y estandarizados de forma tal de que estén disponibles para su uso posterior en modelos u otras aplicaciones. Además, se hace una recopilación de información respecto a la existencia de proyectos mineros a partir de los registros del SEIA; información geológica y geomorfológica desde el SERNAGEOMIN, la identificación de sistemas de vegas y bofedales a partir de la información de CIREN y un estudio que desarrolló la DGA y, una recopilación y revisión de los derechos de agua del área de estudio, a partir de información de la DGA.

La información recopilada y sistematizada tiene dos objetivos definidos, el primero de ellos es poder realizar una caracterización de las condiciones ambientales y físicas de los sistemas en estudio mediante la recopilación de información histórica. El segundo de ellos corresponde a la generación de las bases de datos necesarias para la implementación de un modelo de aguas subterráneas, por lo que en durante la recopilación de información se determinó que el período concurrente, y el cual permitía contar con un registro temporal similar para las diferentes fuentes de información, corresponde al registro histórico de cada componente hasta el año 2014.

En resumen, en el área de estudio se ubican 49 estaciones meteorológicas, de las cuales 42 están bajo la tuición de la DGA y 7, del INIA, estas últimas ubicadas principalmente en zonas con algún potencial agrícola. Respecto a las estaciones fluviométricas y de calidad de agua, se registran 73 Vigentes de las primeras, y 34 Vigentes de las últimas. Respecto a los proyectos mineros se lograron identificar 134 iniciativas, de las cuales CODELCO lidera el número de proyectos con 41 (30,6%), y Minera Escondida con 18 (13,4%).

Respecto a los derechos de agua, se encontraron 148 derechos de agua superficial, correspondientes a 5.967,18 l/s, donde el principal titular es SENDOS (caudal total otorgado de 2.311,37 l/s, o el 38,7%) seguido por la Comunidad Atacameña Río Grande y Asociación de Regantes y Agricultores de San Pedro (caudal total otorgado de 1.157,37 l/s, correspondiente a un 19,4% del total de derechos). Los derechos de agua subterráneos correspondieron a 394 derechos, donde según información del pago de patentes, el 58% de ellos se encontraba Operativo, 20% derechos Parcialmente Activos (sujetos a pago por una parte del caudal otorgado), y un 18% en condición de Inactividad. Un 4% están actualmente en revisión. El caudal total otrogado corresponde a 13.603,6 l/s y los principales titulares son CODELCO, con un caudal total otorgado de 5.221 l/s (38,4% del total) y Minera Escondida, con 3.564,49 l/s (26,2 % del total).

Folio006708

Respecto al catastro de sistemas de vegas y bofedales en el área de estudio, se logró determinar un total de 264 sistemas, de los cuales 188 (71,2%) son alimentados por fuentes de agua proveniente del escurrimiento superficial, 29 (10,98%) a partir de aguas subsuperficiales y 47 (17,8%), a partir de aguas subterráneas.

Los datos o registros asociados a cada uno de estos catastros de información fueron sistematizados e incluidos en los anexos que acompañan el informe general.

Además, se presentan las estrategias de priorización de humedales realizada en el desarrollo del estudio, la cual consistió en una identificación preliminar de humedales prioritarios, para luego establecer los criterios que permitieron una priorización basada en elementos ambientales, como de servicios ecosistémicos y de importancia para las comunidades. El objetivo del proceso de priorización fue seleccionar algunos de los humedales para proceder a caracterizarlos, mediante campañas de terreno. La priorización y selección de los humedales para su caracterización se basó en el análisis y clasificación realizada a los cuerpos de agua y vegetación en el proyecto “Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos”, código BIP 30126293-0; en el considerar un grupo de humedales sin intervención (condición natural), para poder comparar, los efectos sólo del cambio climático; en considerar un grupo de humedales que estén sometidos a amenazas o presiones, ya sea por extracción de agua, pastoreo u otras (vulnerabilidad y estado); en considerar que los humedales están asociados a grupos humanos o comunidades y; en tener una adecuada representación de cada una de las ADI de la Región. Dado los criterios anteriormente descritos, los humedales se dividieron en dos grandes grupos, a saber, aquellos sin intervención o en condición lo más natural posible y, aquellos sometidos a presiones. Respecto a los humedales sin intervención, se seleccionaron 3, que correspondieron al salar de Carcote, la vega Tocorpuri y el salar de Aguas Calientes I. Respecto a aquellos sometidos a amenazas o presiones, se seleccionaron 7 correspondientes al ADI Alto El Loa (Lasana, Cebollar viejo, Puquio, Quebrada del Inca, Vega Chela, Cupo y Ayquina) y 7 correspondientes al ADI Atacama La Grande (Machuca, Alvarado, Catarape, Saltar, Allana, Tebenquiche y Tilopozo)

1.2 Estaciones de la Dirección General de Aguas

La información relevante sobre meteorología, fluviometría y calidad de agua perteneciente a la red DGA, se consultó a partir de los mecanismos legales de transparencia de información en Chile. Estas solicitudes se efectuaron al organismo regional de la DGA (Región de Antofagasta), especificándose la necesidad de información sobre todas las estaciones de medición que se encuentran sobre los 2.000 m.s.n.m., a partir del año 1900 al 2014. Además, se solicitó la información sobre todas las variables medidas en cada estación de monitoreo de la entidad.

La información se obtuvo en formato Excel (DGA) para cada variable solicitada, agrupada según la categoría en estudio. Para el caso de este informe, se plantearon dos objetivos para la evaluación de la información:

1. Revisión y estandarización de la información, para contar con un mejor manejo de la información y su posterior inclusión en los modelos propuestos.
2. Realizar una evaluación de los datos, con el fin de determinar los periodos de muestreo de las estaciones, la cantidad de datos presentes por cada estación y variable, además de estimar sus valores medios, mínimos y promedios.

Folio006709

1.2.1 Estaciones meteorológicas

La revisión del catastro permitió determinar que la DGA cuenta con 52 estaciones meteorológicas en la Región de Antofagasta. De ellas, 42 estaciones (80,76%) se encuentran en la zona de estudio del proyecto (por sobre los 2.000 m.s.n.m.). Además del total de estaciones de la región, 36 de ellas se encuentran vigentes (69,2%) y las restantes 16 están suspendidas (30,8%). Las estaciones encontradas en la zona de estudio se presentan en la Tabla 1.1, mientras que su ubicación se detalla en la Figura 1.1 a la Figura 1.3.

Las variables consultadas fueron: Precipitación diaria (***Ppd***), Temperaturas diarias Extremas (***TdE***), Temperaturas diarias en horas Sinópticas (***TdhS***), Humedad Relativa diaria Extrema (***HRdE***), Evaporación y recorrido del Viento diario (***ERVd***), Evaporación diaria (***Ed***) Velocidad y Dirección del Viento diarias en horas Sinópticas (***VDVdhS***), Velocidad media diaria del Viento (***VmdV***), Horas de Sol diaria (***HSd***) y Nubosidad diaria en horas Sinópticas (***NdhS***). Cabe señalar que falta la variable Radiación Solar diaria (***RSd***), la cual no dio respuesta en la ultima solicitud realizada a DGA (N°56229, del 24/06/2016), y en la cual se dio a entrender que *"Debo hacer notar que existen datos que tardan en ingresarse al Banco Nacional de Aguas, por lo que en algunas estaciones no le aparecerán los registros completos hasta que la información se valide. En algunos otros casos, algunas estaciones han dejado de monitorearse"*

Tabla 1.1. Estaciones meteorológicas DGA presentes en la zona de estudio.

ID MT	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
MT - 2	02105031-8	AMINCHA	568562	7655483	3860	S	OLLAGUE	1/11/78	27/1/10
MT - 4	02020002-2	ASCOTAN	574925	7597374	3970	V	OLLAGUE	1/8/74	
MT - 5	02105018-0	AYQUINA	570229	7536512	3031	V	CALAMA	1/9/67	
MT - 7	02810001-9	CACHINAL DE LA SIERRA	447507	7239220	2640	S	TALTAL	1/11/86	23/11/06
MT - 8	02110013-7	CALAMA	509832	7517389	2300	V	CALAMA	1/8/63	
MT - 9	02500017-K	CAMAR	605954	7411015	2700	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/79	
MT - 10	02105021-0	CASPANA	581126	7529664	3260	S	CALAMA	1/1/71	30/4/12
MT - 11	02020001-4	CEBOLLAR	568495	7618895	3730	S	OLLAGUE	1/12/69	30/4/12
MT - 12	02104010-K	CHIU-CHIU	537415	7529707	2524	V	CALAMA	1/8/74	
MT - 13	02104008-8	CONCHI EMBALSE	538788	7564326	3010	V	CALAMA	1/9/67	
MT - 14	02104009-6	CONCHI MURO EMBALSE	539132	7564141	3000	S	CALAMA	1/2/78	27/1/10
MT - 15	02104007-K	CONCHI VIEJO	528511	7572650	3491	V	CALAMA	1/7/73	
MT - 17	02105014-8	CUPO	570481	7554284	3370	V	CALAMA	1/11/78	
MT - 18	02105022-9	EL TATIO	601585	7525730	4370	V	CALAMA	1/6/77	
MT - 19	02640001-5	IMILAC	522066	7327668	3000	S	ANTOFAGASTA	1/11/72	23/11/06
MT - 20	02103010-4	INACALIRI	596385	7563772	4040	V	CALAMA	1/1/69	
MT - 21	02101003-0	LEQUENA	535065	7605259	3320	V	CALAMA	1/11/73	
MT - 22	02105016-4	LINZOR	600714	7541388	4100	V	CALAMA	1/11/73	
MT - 23	02660001-4	MONTURAQUI	557288	7307823	3430	S	ANTOFAGASTA	1/11/74	13/12/10
MT - 24	02103009-0	OJOS SAN PEDRO	570954	7570241	3800	V	CALAMA	1/3/69	
MT - 25	02000001-5	OLLAGUE	577892	7652920	3700	V	OLLAGUE	1/11/71	
MT - 26	02103008-2	PARSHALL N 2	549826	7573397	3318	V	CALAMA	1/2/69	
MT - 27	02500020-K	PEINE	596045	7380388	2460	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/11/74	

Folio006711

ID MT	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
MT - 29	02102005-2	QUINCHAMALE	541690	7577571	3080	V	CALAMA	1/1/95	
MT - 30	02510007-7	RIO GRANDE	585709	7494705	3250	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/77	
MT - 31	02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	534950	7605197	3315	V	CALAMA	1/12/67	
MT - 32	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	539132	7564018	2950	V	CALAMA	1/1/00	
MT - 33	02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	578012	7536045	3080	V	CALAMA	1/12/75	
MT - 34	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	567504	7534956	2980	V	CALAMA	1/1/61	
MT - 35	02103014-7	RIO SILOLI ANTES B.T. FCAB	600440	7565684	4000	V	OLLAGUE	1/1/01	
MT - 36	02105020-2	SALADO EMBALSE	582129	7535316	3200	V	CALAMA	1/10/75	
MT - 37	02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	582019	7466710	2450	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/9/58	
MT - 38	02103007-4	SAN PEDRO DE CONCHI	547879	7574448	3217	S	CALAMA	1/2/70	13/12/10
MT - 41	02105019-9	SIFON AYQUINA	566991	7535635	3000	S	CALAMA	1/6/75	23/11/06
MT - 42	02103012-0	SILALA	600236	7565285	4305	V	OLLAGUE	1/1/00	
MT - 43	02500019-6	SOCAIRE	613011	7391031	3251	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	66	
MT - 45	02500021-8	TALABRE	613727	7421415	3300	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/95	
MT - 46	02500016-1	TOCONAO EXPERIMENTAL	602573	7435183	2500	S	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/11/75	30/4/12
MT - 47	02500015-3	TOCONAO RETEN	601376	7434668	2460	S	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/8/74	23/11/06
MT - 48	02105017-2	TOCONCE	585178	7538221	3310	V	CALAMA	1/3/72	
MT - 51	02105015-6	TURI	573367	7540311	3070	S	CALAMA	1/6/80	30/4/12
MT - 52	02941001-1	VAQUILLAS	469963	7191149	3250	S	TALTAL	1/12/86	30/4/12

(Coordenadas referenciadas a Datum Wgs-84, Huso 19 Sur. Donde V corresponde a Vigente y S a Suspendido.)

Folio006712

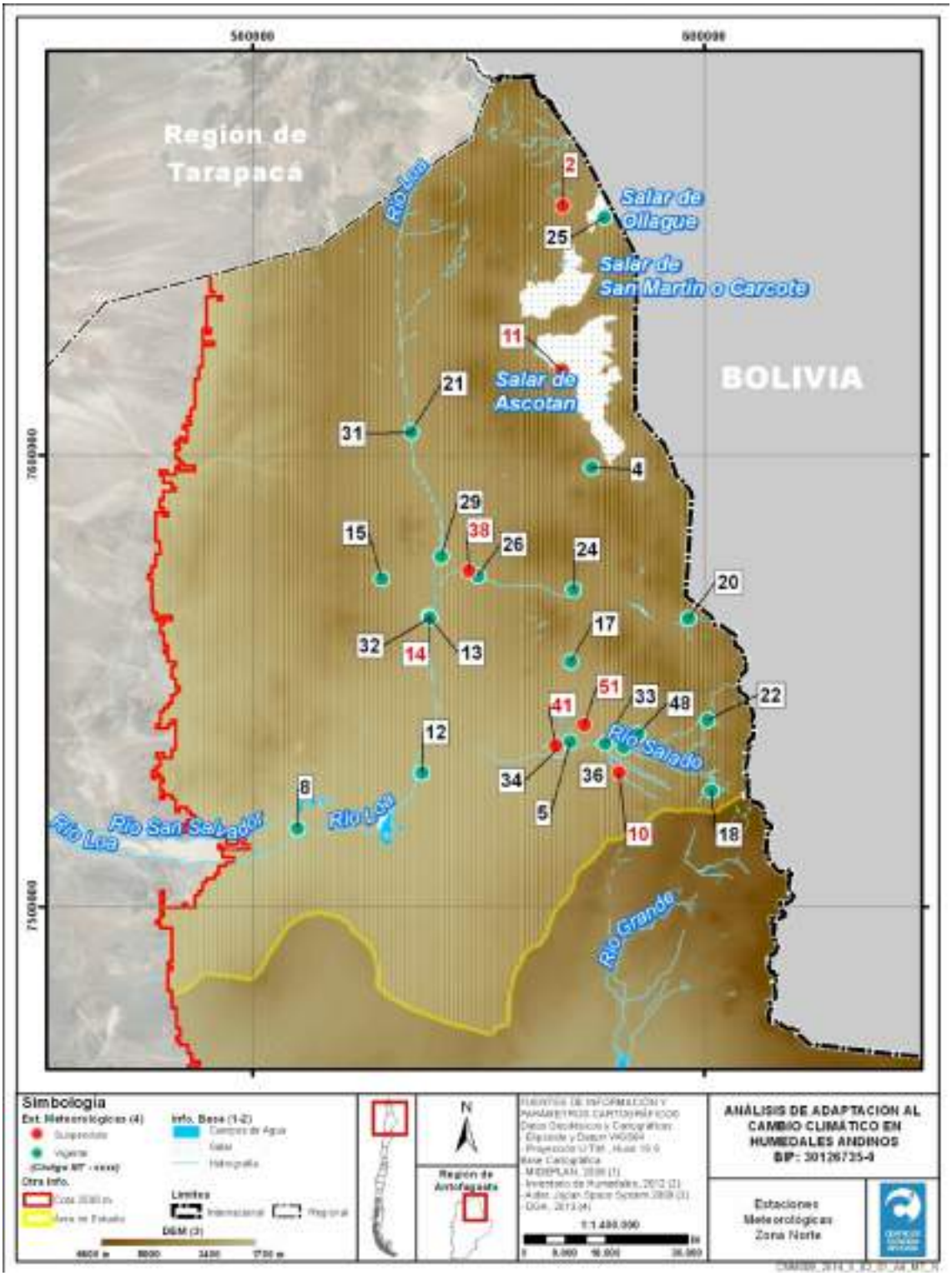


Figura 1.1. Estaciones meteorológicas de la DGA en la zona Norte. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006713

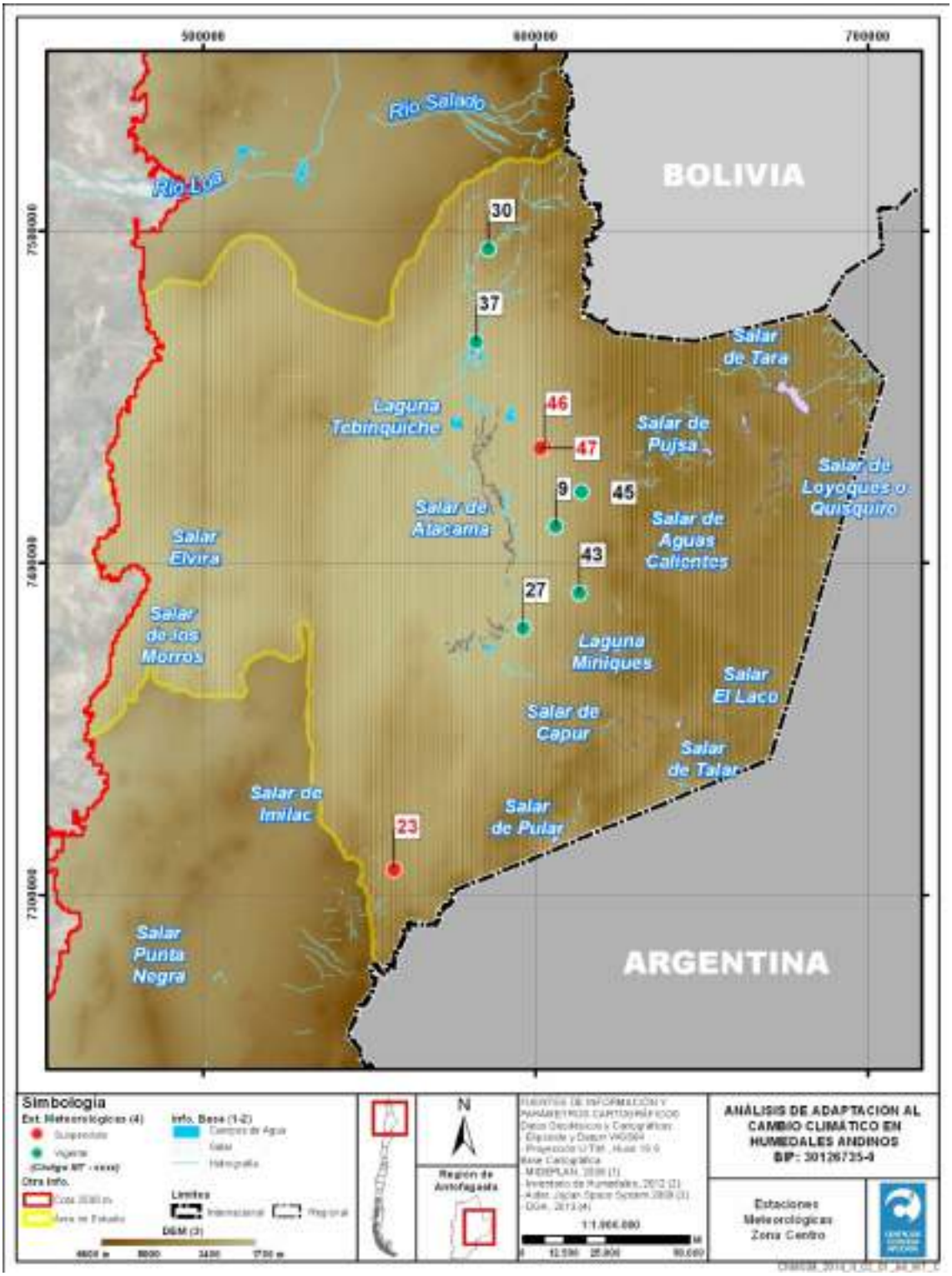


Figura 1.2. Estaciones meteorológicas de la DGA en la zona Centro. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006714

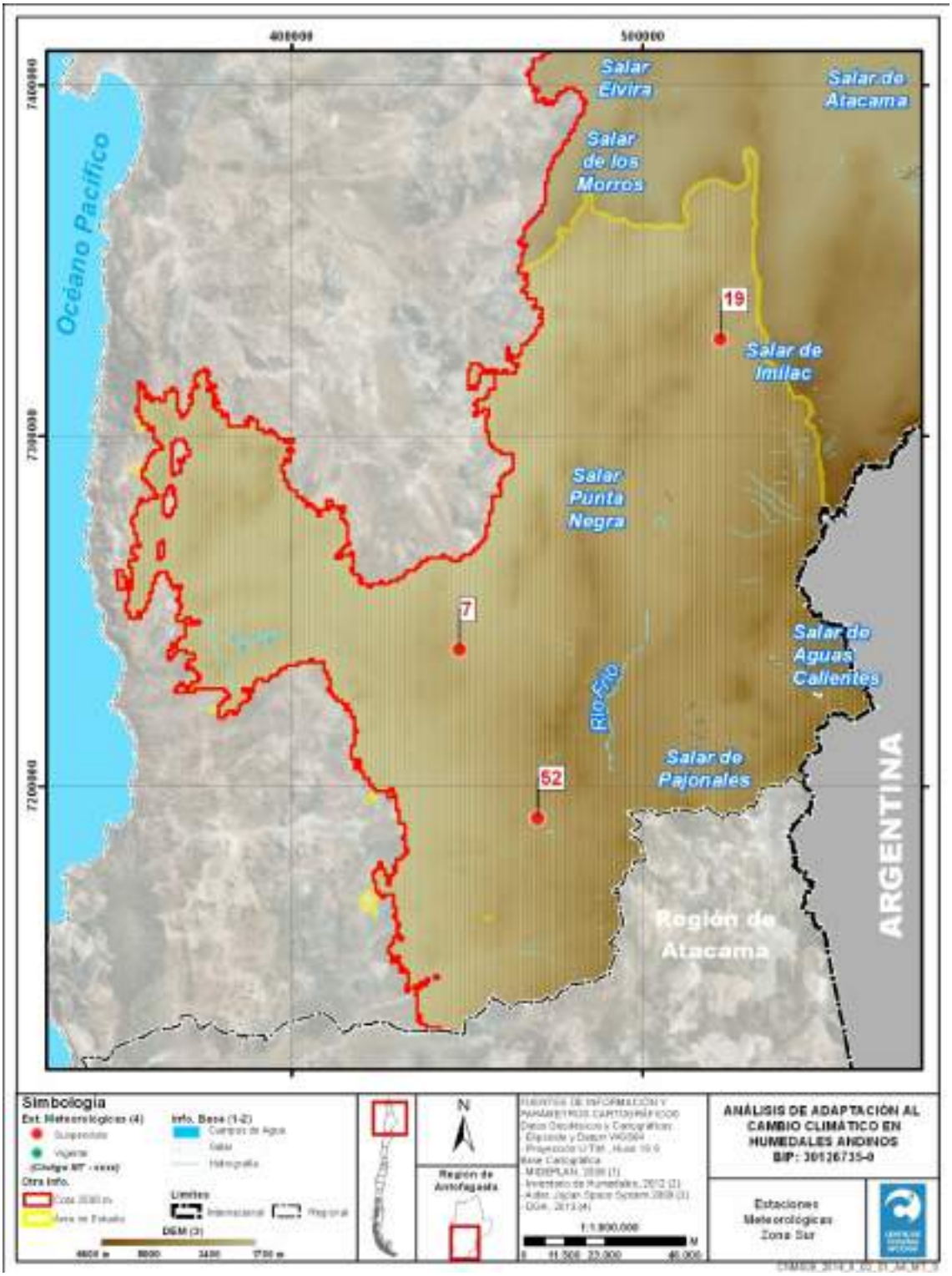


Figura 1.3. Estaciones meteorológicas de la DGA en la zona Sur. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006715

1.2.2 Estaciones fluviométricas

El catastro de estaciones fluviométricas presentes en la Región de Antofagasta arrojó la existencia de un total de 84 estaciones. De ellas, 73 (86,9%) son estaciones Vigentes y 11 (13,1%) estaciones suspendidas. Del total regional, 72 (85,7%) estaciones se encuentran dentro de la zona de estudio. En la Tabla 1.2 se presenta la descripción de las estaciones encontradas en la zona de estudio, mientras que su ubicación se detalla en la Figura 1.4 y la Figura 1.5.

Las variables fluviométricas consultadas a la DGA fueron: caudal medio diario (**Qmd**), caudal medio mensual (**Qmm**), y altura y caudal instantáneo (**ACi**).

1.2.1 Estaciones de calidad de agua

La revisión del catastro mostró la existencia de un total de 43 estaciones de medición de calidad de agua en la región. De ellas, 34 (79%) son estaciones vigentes y 9 (20,9%) se encuentran suspendidas. Además, 30 (69,8%) de las estaciones se encuentran en la zona por sobre de los 2.000 m.s.n.m. A continuación, en la Tabla 1.3 se presentan las características generales de cada estación, mientras que su ubicación se detalla en Figura 1.6 y Figura 1.7.

Folio006716

Tabla 1.2. Estaciones fluviométricas DGA presentes en la zona de estudio.

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
FL -1	02500002-1	CANAL AGUAS BLANCAS	600918	7425937	2415	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/2/97	
FL -2	02104020-7	CANAL BUEN RETIRO	539214	7539788	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -3	02110023-4	CANAL CHUNCHURI BAJO	507486	7513977	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -4	02500005-6	CANAL CUNO EN SOCAIRE	617637	7388227	3600	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/2/97	
FL -5	02110024-2	CANAL DUPONT	504543	7512164	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -6	02110025-0	CANAL EL TRONCO	504544	7518098	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -7	02104014-2	CANAL GRANDE	537515	7535396	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -8	02104017-7	CANAL LA BANDA	537486	7535426	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -9	02110026-9	CANAL LA PRENSA	506029	7513086	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -10	02110027-7	CANAL LAY LAY	510317	7516497	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -11	02104015-0	CANAL LOS PERALES	538581	7538283	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -12	02104022-3	CANAL LOS RAMIREZ	539243	7539758	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -13	02110028-5	CANAL NUÑEZ	507887	7514376	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -14	02104016-9	CANAL PONA	538581	7538253	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -15	02104018-5	CANAL PUEBLO	536132	7531186	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -16	02104021-5	CANAL QUILCHIRE	539214	7539788	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -18	02104019-3	CANAL SAN ANTONIO	539991	7541262	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -19	02500006-4	CANAL TILOMONTE ANTES REPRESA	592170	7367957	4000	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/97	
FL -20	02110029-3	CANAL TOPATER	510374	7516527	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -21	02500003-K	CANAL TULAN EN TILOMONTE	590873	7368734	2450	S	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	25/6/02

Folio006717

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
FL -22	02500004-8	CANAL VILAMA EN VILAMA	584206	7470634	2550	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/68	
FL -23	02110030-7	CANAL YALQUINCHA 1	513204	7516833	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -24	02110009-9	CANAL YALQUINCHA O.D. N* 1	515434	7517323	2300	S	CALAMA	1/1/92	11/2/10
FL -25	02110010-2	CANAL YALQUINCHA O.I. N* 2	517063	7516891	2300	S	CALAMA	1/1/92	11/2/10
FL -26	02101004-9	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN LEQUENA	536097	7616786	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -27	02110020-K	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN PUENTE NEGRO	510261	7518003	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -28	02102007-9	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN QUINCHAMALE	541657	7576003	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -29	02105033-4	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN TOCONCE	585436	7538158	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -30	02103016-3	CAPTACION DE CODELCO EN COLANA	585657	7573520	4070	V	CALAMA	1/12/07	
FL -31	02103017-1	CAPTACION DE CODELCO EN INACALIRI	596009	7563313	4004	V	CALAMA	1/12/07	
FL -32	02105035-0	CAPTACION DE CODELCO EN LINZOR (TOCONCE)	600257	7541545	4088	V	CALAMA	1/12/07	
FL -33	02103015-5	CAPTACION DE FCAB EN SILOLI	599197	7564216	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -37	02105034-2	CAPTACIONES CODELCO EN SALADO-HOJALAR	578985	7536163	3086	V	CALAMA	1/12/07	
FL -38	02104011-8	EMBALSE CONCHI (LM)	539420	7564601	0	V	CALAMA	1/8/75	
FL -39	02500009-9	QUEBRADA DE CAMAR - VERTIENTE 1	606469	7411535	2755	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	

Folio006718

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
FL -40	02500010-2	QUEBRADA DE CAMAR - VERTIENTE 2	606697	7411656	2730	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/97	
FL -41	02500007-2	QUEBRADA DE JEREZ	603030	7435488	2550	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	
FL -42	02500008-0	QUEBRADA DE TALABRE EN TUMBRE	623435	7420476	3570	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	
FL -43	02104005-3	RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	536036	7527190	2505	V	CALAMA	1/12/88	
FL -45	02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	534950	7605197	3315	V	CALAMA	1/12/67	
FL -49	02110008-0	RIO LOA DESPUES JUNTA RIO SALADO (CA)	535290	7525777	2500	V	CALAMA	1/1/61	
FL -50	02104004-5	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N”1	540609	7569980	2975	S	CALAMA	1/1/61	1/8/79
FL -51	02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N”2	540523	7569795	2932	V	CALAMA	1/1/00	
FL -52	02110031-5	RIO LOA EN ANGOSTURA	527123	7516384	2470	V	CALAMA	1/3/11	
FL -53	02102006-0	RIO LOA EN CATUNCALLA	540256	7589166	3225	V	CALAMA	1/2/07	
FL -54	02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE	502342	7511488	2200	S	CALAMA	1/1/66	1/12/82
FL -55	02104001-0	RIO LOA EN CONCHI	540605	7568412	3010	S	CALAMA	1/12/58	1/8/86
FL -57	02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL	511462	7518218	2450	V	CALAMA	1/1/66	
FL -58	02110004-8	RIO LOA EN FINCA	501142	7511120	2100	V	CALAMA	1/1/71	
FL -60	02102001-K	RIO LOA EN QUEBRADA QUINCHAMALE	540969	7576005	3027	V	CALAMA	1/2/94	
FL -62	02101002-2	RIO LOA EN REPRESA LEQUENA	535264	7604060	3250	V	CALAMA	1/8/88	
FL -63	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	539132	7564018	2950	V	CALAMA	1/1/00	

Folio006719

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
FL -64	02104013-4	RIO LOA EN VADO SANTA BARBARA (DOH)	540438	7570195	2950	V	CALAMA	1/3/06	
FL -65	02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA	512605	7517664	2300	V	CALAMA	1/1/64	
FL -66	02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	578012	7536045	3080	V	CALAMA	1/12/75	
FL -67	02105005-9	RIO SALADO A. J. LOA	536865	7526665	2500	V	MARIA ELENA	1/1/61	
FL -68	02105003-2	RIO SALADO ANTES REPRESA CHILEX	584044	7534784	3340	S	CALAMA	1/1/67	1/7/79
FL -69	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	567504	7534956	2980	V	CALAMA	1/1/61	
FL -70	02103003-1	RIO SAN PEDRO EN CAMINO INTERNACIONAL	548222	7574048	3320	S	CALAMA	1/1/68	1/3/89
FL -71	02510001-8	RIO SAN PEDRO EN CUCHABRACHI	582268	7475873	2585	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/67	
FL -72	02103018-K	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL 2 (CODELCO)	550140	7573057	3312	V	CALAMA	2/1/08	
FL -73	02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N”1	565449	7570727	3700	V	CALAMA	1/1/00	
FL -74	02103002-3	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N”2 (BT. CHILEX)	550371	7573426	3318	V	CALAMA	1/1/91	
FL -75	02103004-K	RIO SAN PEDRO EN SAN PEDRO	545412	7574671	0	S	CALAMA	1/12/16	1/4/31
FL -77	02111005-1	RIO SAN SALVADOR EN NACIMIENTO	504230	7518037	2210	V	CALAMA	1/3/11	
FL -78	02103014-7	RIO SILOLI ANTES B.T. FCAB	600440	7565684	4000	V	OLLAGUE	1/1/01	
FL -79	02103013-9	RIO SILOLI ANTES REPRESA INACALIRI	596732	7564232	4000	V	OLLAGUE	1/1/01	
FL -80	02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS	588204	7536667	0	V	CALAMA	1/1/68	
FL -81	02500001-3	RIO VILAMA EN VILAMA	583780	7470975	2550	S	SAN PEDRO DE	1/1/71	29/8/01

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
							ATACAMA		
FL -82	02111001-9	VERTIENTE OJOS DE OPACHE	500028	7513948	2135	V	CALAMA	1/1/61	
FL -83	02500011-0	VERTIENTE PEINE EN PEINE	596190	7380879	2430	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	
FL -84	02105008-3	VERTIENTE TURI TURI	574117	7541630	0	S	CALAMA	1/6/79	1/8/81

(Coordenadas referenciadas a Datum Wgs-84, Huso 19 Sur. Donde V corresponde a Vigente y S ha Suspendido.)

Folio006721

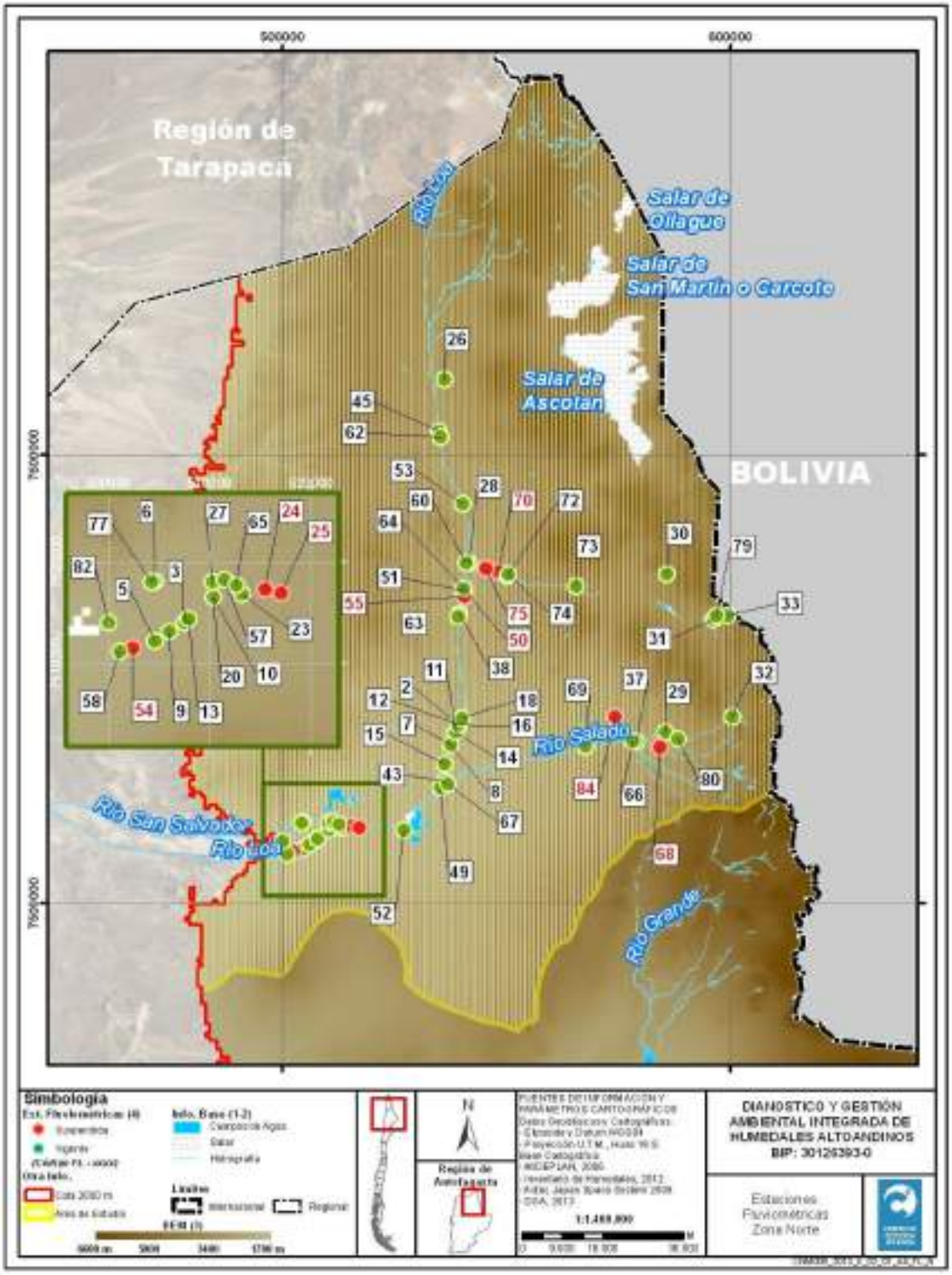


Figura 1.4. Estaciones fluviométricas de la DGA en la zona Norte del área de estudio. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006722

Figura 1.5. Estaciones Fluviométricas de la DGA en la zona Centro del área de estudio. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006723

Tabla 1.3. Estaciones de calidad de agua DGA presentes en la zona de estudio.

ID CA	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
CA -2	02110012-9	AGUA POTABLE CALAMA (CA)	506487	7516775	0	V	OLLAGUE	1/3/97	
CA -4	02500002-1	CANAL AGUAS BLANCAS	600918	7425937	2415	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/2/97	
CA -5	02500005-6	CANAL CUNO EN SOCAIRE	617637	7388227	3600	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/2/97	
CA -7	02500006-4	CANAL TILOMONTE ANTES REPRESA	592170	7367957	4000	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/97	
CA -8	02500004-8	CANAL VILAMA EN VILAMA	584206	7470634	2550	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/68	
CA -10	02104012-6	POZO CHIU-CHIU	541478	7529912	0	V	CALAMA	1/1/00	
CA -11	02104005-3	RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	536036	7527190	2505	V	CALAMA	1/12/88	
CA -13	02102004-4	RIO LOA ANTES RIO SAN PEDRO (CA)	541295	7568932	3000	S	CALAMA	1/1/60	23/1/03
CA -16	02110008-0	RIO LOA DESPUES JUNTA RIO SALADO (CA)	535290	7525777	2500	V	CALAMA	1/1/61	
CA -17	02104006-1	RIO LOA DESPUES RIO SAN PEDRO (CA)	541304	7572622	2995	V	CALAMA	1/1/66	
CA -18	02104004-5	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N”1	540609	7569980	2975	S	CALAMA	1/1/61	1/8/79
CA -19	02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N”2	540523	7569795	2932	V	CALAMA	1/1/00	
CA -20	02110011-0	RIO LOA EN ANGOSTURA (CA)	529154	7517303	2450	S	CALAMA	1/1/64	23/1/03
CA -21	02110005-6	RIO LOA EN CALAMA (CA)	510289	7517327	2270	S	CALAMA	1/1/67	

Folio006724

ID CA	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
CA -23	02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE	502342	7511488	2200	S	CALAMA	1/1/66	1/12/82
CA -25	02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL	511462	7518218	2450	V	CALAMA	1/1/66	
CA -26	02110004-8	RIO LOA EN FINCA	501142	7511120	2100	V	CALAMA	1/1/71	
CA -28	02101002-2	RIO LOA EN REPRESA LEQUENA	535264	7604060	3250	V	CALAMA	1/8/88	
CA -29	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	539132	7564018	2950	V	CALAMA	1/1/00	
CA -30	02104013-4	RIO LOA EN VADO SANTA BARBARA (DOH)	540438	7570195	2950	V	CALAMA	1/3/06	
CA -31	02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA	512605	7517664	2300	V	CALAMA	1/1/64	
CA -32	02500013-7	RIO PURIPICA EN HUATIN (CA)	595831	7483820	3210	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/66	
CA -33	02500012-9	RIO PURITAMA EN HUATIN (CA)	594120	7483830	3200	S	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/66	23/1/03
CA -34	02105005-9	RIO SALADO A. J. LOA	536865	7526665	2500	V	MARIA ELENA	1/1/61	
CA -35	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	567504	7534956	2980	V	CALAMA	1/1/61	
CA -37	02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N”1	565449	7570727	3700	V	CALAMA	1/1/00	
CA -39	02103005-8	RIO SILOLI (CA)	598032	7561302	4100	S	CALAMA	1/1/68	1/2/76
CA -40	02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS	588204	7536667	0	V	CALAMA	1/1/68	
CA -41	02105006-7	RIO TOCONCE EN REPRESA SENDOS (CA)	587589	7539223	3240	S	CALAMA	1/1/68	1/9/83

(Coordenadas referenciadas a Datum Wgs-84, Huso 19 Sur. Donde V corresponde a Vigente y S a Suspendido.)

Folio006725

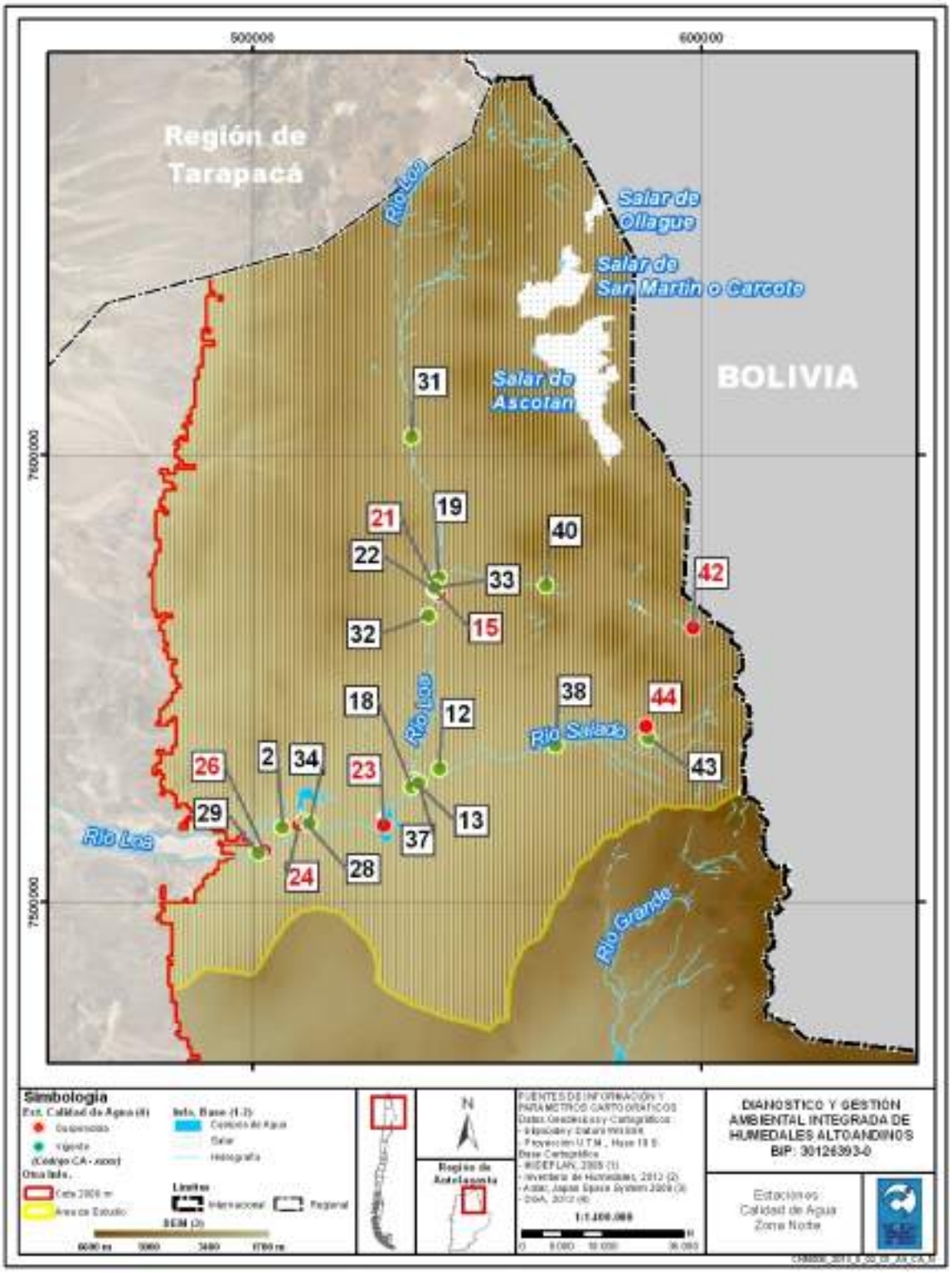


Figura 1.6. Estaciones de calidad de aguas de la DGA en la zona Norte del área de estudio. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006726

Figura 1.7. Estaciones calidad de aguas de la DGA en la zona Centro del área de estudio. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006727

1.3 Estaciones meteorológicas INIA

La recopilación de los datos meteorológicos se realizó considerando también la plataforma web http://agromet.inia.cl/estaciones.php, perteneciente a la red de agrometeorología del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), dependiente del Ministerio de Agricultura. Esta red cuenta con información de sus estaciones a partir del año 2009, presentando reportes horarios, diarios, mensuales y anuales de las siguientes variables: Dirección del Viento (***DV***), Humedad Relativa (***HR***), Precipitación Acumulada (***PA***), Presión (***P***), Radiación Solar (***RS***), Temperatura del Aire (***TA***), Temperatura Superficial (***TS***), Temperatura del Suelo a 10 cm de profundidad (***TSI***) y Velocidad del Viento (***VV***). Estos datos se entregaron en formato Excel, y al igual que los datos DGA, se dispondrán los mismos objetivos de revisión, estandarización y evaluación.

La plataforma visualiza 7 estaciones dentro de la zona de estudio (2.000 m.s.n.m.) y para efectos de visualización e ingreso en el sistema, se presenta en la Tabla 1.4 la caracterización de ellas. En esta tabla se indican el nombre y las coordenadas UTM de cada estación. Además, en la Figura 1.8 se muestra la ubicación espacial dentro de la zona de estudio.

Tabla 1.4. Estaciones meteorológicas INIA, presentes en la zona de estudio.

ID	COD	Nombre Estación	Fecha de Inicio	UTM Este	UTM Norte
1	INIA-1	Ollagüe INIA	28/04/2011	577249,515	7652886,642
2	INIA-2	Calama Rural INIA	21/03/2011	505866,019	7515034,004
3	INIA-3	Chiu Chiu INIA	28/04/2011	535989,964	7531685,693
4	INIA-4	Caspana INIA	28/04/2011	580983,254	7529935,512
5	INIA-5	San Pedro de Atacama INIA	19/04/2011	580648,003	7463769,946
6	INIA-6	Toconao INIA	28/04/2011	601607,027	7435044,998
7	INIA-7	Socaire INIA	28/04/2011	613252,012	7390661,709

(Coordenadas UTM referenciadas al Datum WGS84, 19 Sur)

Folio006728

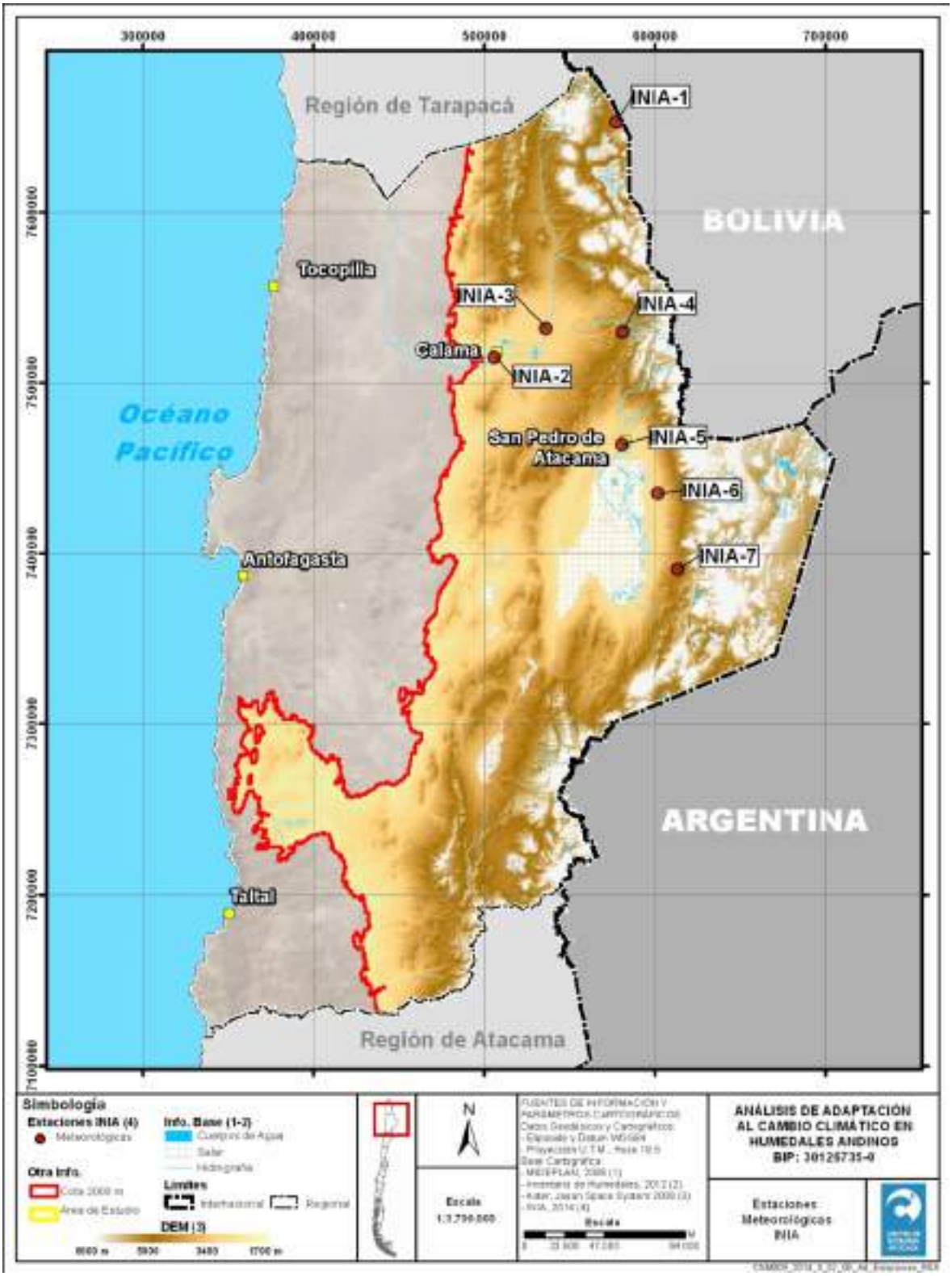


Figura 1.8. Distribución espacial estaciones meteorológicas INIA.

Folio006729

1.4 Análisis de los datos

El análisis de la información fue realizado de forma separada para cada una de las fuentes de información, debido a que aunque ellas cuentan con las mismas variables de medición, no poseen la misma resolución temporal en la adquisición de los datos.

1.4.1 Revisión y estandarización de los datos DGA

La estandarización de la información, tiene como objetivo favorecer el desarrollo de los modelos propuestos, agrupando la información en documentos separados por cada estación DGA. Con lo anterior, cada uno de estos documentos contendrá 19 pestañas con las variables en estudio. En la Tabla 1.5 se resumen las variables generales que presentan cada estación DGA, la abreviatura de la variable y la unidad de medida.

Tabla 1.5. Resumen de variables estaciones DGA.

Variable	Sub-variable	Abreviatura	Unidad
Meteorología	Precipitación diaria	*Ppd*	mm
	Temperaturas diarias Extremas	*TdE*	ºC
	Temperaturas diarias en horas Sinópticas	*TdhS*	ºC
	Humedad Relativa diaria Extrema	*HRdE*	%
	Humedad Relativa diaria en horas Sinópticas	*HRdhS*	%
	Evaporación y recorrido del Viento diario	*ERVd*	mm - km
	Velocidad y Dirección del Viento diarias en horas Sinópticas	*VDVdhS*	km/hr
	Velocidad media diaria del Viento	*VmdV*	km/hr
	Horas de Sol diaria	*HSd*	Hrs
	Nubosidad diaria en horas Sinópticas	*NdhS*	-
	Evaporación diaria	*Ed*	mm
Fluviometría	Caudal medio diario	*Qmd*	m3/s
	Altura y caudal instantáneo	*ACi*	m - m3/s
Calidad de Agua	Registros hidroquímicos (Calidad de Agua)	*RH*	-

A continuación, en la Figura 1.9 se presenta el marco conceptual de estandarización de los datos entregados por DGA.

Folio006730

Figura 1.9. Marco conceptual de la estandarización de datos DGA.

A partir de una primera revisión, se logran identificar 119 estaciones pertenecientes a la DGA. Esta información al ser agrupada por estación permite evaluar la veracidad de los datos, contrarrestando la información entregada con los datos reales entregados. Esto permite la generación de una tabla resumen con la cual identificar las estaciones realmente operativas, o bien, las que presentan datos confiables. Las estaciones que se representan con triángulos rojos, se señalan como estaciones que cuentan con datos, pero que al ser revisadas no cuentan con ningún dato. De la misma forma, los triángulos verdes permiten visualizar estaciones operativas o con datos medidos.

A continuación, en la Tabla 1.6 se presenta revisión general de la información DGA por estación y variable.

Folio006731

Tabla 1.6. Revisión General de la información DGA por estación y variable estudiada.

ID MT	ID CA	ID FL	Código BNA	Nombre Estación	MT	CA	FL	Operatividad
MT - 25			02000001-5	OLLAGUE	▲			SI
MT - 11			02020001-4	CEBOLLAR	▲			SI
MT - 4			02020002-2	ASCOTAN	▲			SI
MT - 31		FL -45	02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	▲		▲	SI
	CA -28	FL -62	02101002-2	RIO LOA EN REPRESA LEQUENA		▲	▲	SI
MT - 21			02101003-0	LEQUENA	▲			SI
		FL -26	02101004-9	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN LEQUENA			▲	NO
		FL -60	02102001-K	RIO LOA EN QUEBRADA QUINCHAMALE			▲	NO
	CA -13		02102004-4	RIO LOA ANTES RIO SAN PEDRO (CA)		▲		SI
MT - 29			02102005-2	QUINCHAMALE	▲			SI
		FL -53	02102006-0	RIO LOA EN CATUNCALLA			▲	NO
		FL -28	02102007-9	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN QUINCHAMALE			▲	NO
	CA -37	FL -73	02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N”1		▲	▲	SI
		FL -74	02103002-3	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N”2 (BT. CHILEX)			▲	SI
		FL -70	02103003-1	RIO SAN PEDRO EN CAMINO INTERNACIONAL			▲	SI
		FL -75	02103004-K	RIO SAN PEDRO EN SAN PEDRO			▲	SI
	CA -39		02103005-8	RIO SILOLI (CA)		▲		SI
MT - 38			02103007-4	SAN PEDRO DE CONCHI	▲			SI
MT - 26			02103008-2	PARSHALL N 2	▲			SI
MT - 24			02103009-0	OJOS SAN PEDRO	▲			SI
MT - 20			02103010-4	INACALIRI	▲			SI
MT - 42			02103012-0	SILALA	▲			SI

ID MT	ID CA	ID FL	Código BNA	Nombre Estación	MT	CA	FL	Operatividad
		FL -79	02103013-9	RIO SILOLI ANTES REPRESA INACALIRI			▲	NO
MT - 35		FL -78	02103014-7	RIO SILOLI ANTES B.T. FCAB	▲		▲	SI
		FL -33	02103015-5	CAPTACION DE FCAB EN SILOLI			▲	NO
		FL -30	02103016-3	CAPTACION DE CODELCO EN COLANA			▲	NO
		FL -31	02103017-1	CAPTACION DE CODELCO EN INACALIRI			▲	NO
		FL -72	02103018-K	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL 2 (CODELCO)			▲	SI
		FL -55	02104001-0	RIO LOA EN CONCHI			▲	SI
MT - 32	CA -29	FL -63	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	▲	▲	▲	SI
	CA -19	FL -51	02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N”2		▲	▲	SI
	CA -18	FL -50	02104004-5	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N”1		▲	▲	SI
	CA -11	FL -43	02104005-3	RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO		▲	▲	SI
	CA -17		02104006-1	RIO LOA DESPUES RIO SAN PEDRO (CA)		▲		SI
MT - 15			02104007-K	CONCHI VIEJO	▲			SI
MT - 13			02104008-8	CONCHI EMBALSE	▲			SI
MT - 14			02104009-6	CONCHI MURO EMBALSE	▲			SI
MT - 12			02104010-K	CHIU-CHIU	▲			SI
		FL -38	02104011-8	EMBALSE CONCHI (LM)			▲	NO
	CA -10		02104012-6	POZO CHIU-CHIU		▲		SI
	CA -30	FL -64	02104013-4	RIO LOA EN VADO SANTA BARBARA (DOH)		▲	▲	SI
		FL -7	02104014-2	CANAL GRANDE			▲	NO
		FL -11	02104015-0	CANAL LOS PERALES			▲	NO
		FL -14	02104016-9	CANAL PONA			▲	NO
		FL -8	02104017-7	CANAL LA BANDA			▲	NO
		FL -15	02104018-5	CANAL PUEBLO			▲	NO
		FL -18	02104019-3	CANAL SAN ANTONIO			▲	NO
		FL -2	02104020-7	CANAL BUEN RETIRO			▲	NO

ID MT	ID CA	ID FL	Código BNA	Nombre Estación	MT	CA	FL	Operatividad
		FL -16	02104021-5	CANAL QUILCHIRE			▲	NO
		FL -12	02104022-3	CANAL LOS RAMIREZ			▲	NO
MT - 33		FL -66	02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	▲		▲	SI
MT - 34	CA -35	FL -69	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	▲	▲	▲	SI
		FL -68	02105003-2	RIO SALADO ANTES REPRESA CHILEX			▲	NO
	CA -34	FL -67	02105005-9	RIO SALADO A. J. LOA		▲	▲	SI
	CA -41		02105006-7	RIO TOCONCE EN REPRESA SENDOS (CA)		▲		SI
	CA -40	FL -80	02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS		▲	▲	SI
		FL -84	02105008-3	VERTIENTE TURI TURI			▲	SI
MT - 17			02105014-8	CUPO	▲			SI
MT - 51			02105015-6	TURI	▲			SI
MT - 22			02105016-4	LINZOR	▲			SI
MT - 48			02105017-2	TOCONCE	▲			SI
MT - 5			02105018-0	AYQUINA	▲			SI
MT - 41			02105019-9	SIFON AYQUINA	▲			SI
MT - 36			02105020-2	SALADO EMBALSE	▲			SI
MT - 10			02105021-0	CASPANA	▲			SI
MT - 18			02105022-9	EL TATIO	▲			SI
MT - 2			02105031-8	AMINCHA	▲			SI
		FL -29	02105033-4	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN TOCONCE			▲	NO
		FL -37	02105034-2	CAPTACIONES CODELCO EN SALADO-HOJALAR			▲	NO
		FL -32	02105035-0	CAPTACION DE CODELCO EN LINZOR (TOCONCE)			▲	NO
	CA -25	FL -57	02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL		▲	▲	SI

ID MT	ID CA	ID FL	Código BNA	Nombre Estación	MT	CA	FL	Operatividad
	CA -31	FL -65	02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA		▲	▲	SI
	CA -23	FL -54	02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE		▲	▲	SI
	CA -26	FL -58	02110004-8	RIO LOA EN FINCA		▲	▲	SI
	CA -21		02110005-6	RIO LOA EN CALAMA (CA)		▲		SI
	CA -16	FL -49	02110008-0	RIO LOA DESPUES JUNTA RIO SALADO (CA)		▲	▲	SI
		FL -24	02110009-9	CANAL YALQUINCHA O.D. N* 1			▲	NO
		FL -25	02110010-2	CANAL YALQUINCHA O.I. N* 2			▲	NO
	CA -20		02110011-0	RIO LOA EN ANGOSTURA (CA)				NO
	CA -2		02110012-9	AGUA POTABLE CALAMA (CA)		▲		SI
MT - 8			02110013-7	CALAMA	▲			SI
		FL -27	02110020-K	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN PUENTE NEGRO			▲	NO
		FL -3	02110023-4	CANAL CHUNCHURI BAJO			▲	NO
		FL -5	02110024-2	CANAL DUPONT			▲	NO
		FL -6	02110025-0	CANAL EL TRONCO			▲	NO
		FL -9	02110026-9	CANAL LA PRENSA			▲	NO
		FL -10	02110027-7	CANAL LAY LAY			▲	NO
		FL -13	02110028-5	CANAL NUÑEZ			▲	NO
		FL -20	02110029-3	CANAL TOPATER			▲	NO
		FL -23	02110030-7	CANAL YALQUINCHA 1			▲	NO
		FL -52	02110031-5	RIO LOA EN ANGOSTURA			▲	NO
		FL -82	02111001-9	VERTIENTE OJOS DE OPACHE			▲	NO
		FL -77	02111005-1	RIO SAN SALVADOR EN NACIMIENTO			▲	NO
		FL -81	02500001-3	RIO VILAMA EN VILAMA			▲	SI
	CA -4	FL -1	02500002-1	CANAL AGUAS BLANCAS		▲	▲	SI
		FL -21	02500003-K	CANAL TULAN EN TILOMONTE			▲	SI

ID MT	ID CA	ID FL	Código BNA	Nombre Estación	MT	CA	FL	Operatividad
	CA -8	FL -22	02500004-8	CANAL VILAMA EN VILAMA		▲	▲	SI
	CA -5	FL -4	02500005-6	CANAL CUNO EN SOCAIRE		▲	▲	SI
	CA -7	FL -19	02500006-4	CANAL TILOMONTE ANTES REPRESA		▲	▲	SI
		FL -41	02500007-2	QUEBRADA DE JEREZ			▲	NO
		FL -42	02500008-0	QUEBRADA DE TALABRE EN TUMBRE			▲	NO
		FL -39	02500009-9	QUEBRADA DE CAMAR - VERTIENTE 1			▲	NO
		FL -40	02500010-2	QUEBRADA DE CAMAR - VERTIENTE 2			▲	NO
		FL -83	02500011-0	VERTIENTE PEINE EN PEINE			▲	NO
	CA -33		02500012-9	RIO PURITAMA EN HUATIN (CA)		▲		SI
	CA -32		02500013-7	RIO PURIPICA EN HUATIN (CA)		▲		SI
MT - 47			02500015-3	TOCONAO RETEN	▲			SI
MT - 46			02500016-1	TOCONAO EXPERIMENTAL	▲			SI
MT - 9			02500017-K	CAMAR	▲			SI
MT - 43			02500019-6	SOCAIRE	▲			SI
MT - 27			02500020-K	PEINE	▲			SI
MT - 45			02500021-8	TALABRE	▲			SI
		FL -71	02510001-8	RIO SAN PEDRO EN CUCHABRACHI			▲	SI
MT - 37			02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	▲			SI
MT - 30			02510007-7	RIO GRANDE	▲			SI
MT - 19			02640001-5	IMILAC	▲			SI
MT - 23			02660001-4	MONTURAQUI	▲			SI
MT - 7			02810001-9	CACHINAL DE LA SIERRA	▲			SI
MT - 52			02941001-1	VAQUILLAS	▲			SI

Folio006736

1.4.2 Revisión y estandarización de los datos INIA

Al igual que en el punto anterior, las estaciones pertenecientes a la red INIA fueron revisadas, resumiéndose sus principales características. Ellas cuentan con la medición de 8 variables, las cuales fueron analizadas de manera tal que, en procesos posteriores, logren ser unificadas con las variables DGA. Por otro lado, se decidió descargar la información con la mayor resolución temporal existente en las bases de datos de la plataforma, la cual corresponde a un registro horario (24 registros diarios).

A continuación, en la Tabla 1.7 se presentan las variables y las unidades de medida correspondientes a cada estación INIA.

Tabla 1.7. Resumen de variables estaciones INIA.

Variable	Sub-variable	Abreviatura	Unidad
Meteorología	Dirección del Viento	*DV*	Moda
	Humedad Relativa	*HR*	%
	Precipitación Acumulada	*PA*	mm
	Presión	*P*	mbar
	Radiación Solar	*RS*	W/m2
	Temperatura del Aire	*TA*	ºC
	Temperatura del Superficial	*TS*	ºC
	Temperatura del Suelo a 10 cm	*TSI*	ºC
	Velocidad del Viento Horario	*VV*	km/hr

Además, en la Figura 1.10 se presenta el marco conceptual de estandarización de los datos INIA. Estos datos fueronn evaluados y adecuados, tanto en los periodos de tiempo de medición como en el tipo de variable, logrando con esto, la similitud de los datos con los de la DGA.

Folio006737

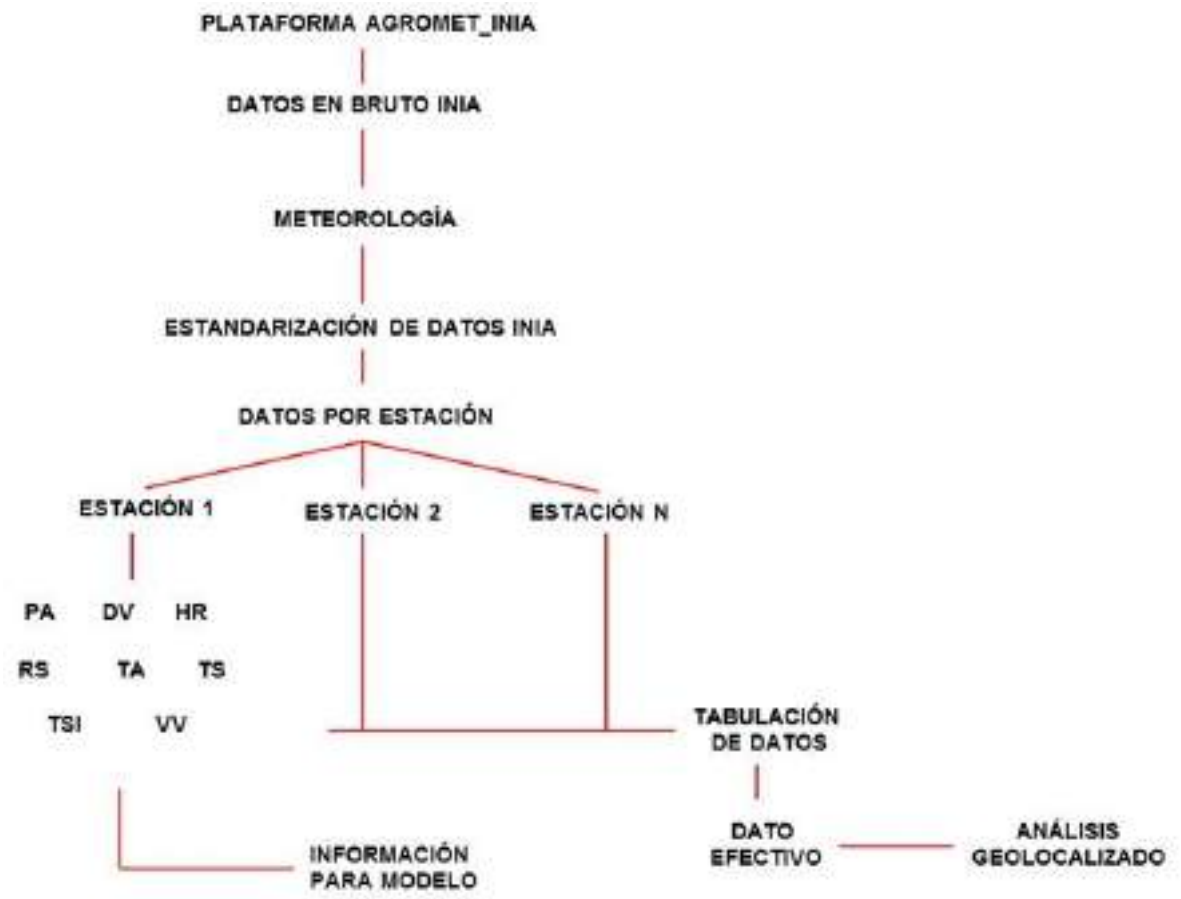


Figura 1.10. Marco conceptual de la estandarización de datos INIA.

Cabe destacar que las estaciones de medición INIA se encuentran todas operativas, presentando datos efectivos durante todo el período de operación.

1.4.3 Evaluación de los datos DGA

Este punto tuvo como objetivo la evaluación de los datos DGA, a partir de lo cual se desprende como primer paso, la necesidad de agrupar los registros medidos según su variable en estudio. Luego, se analizan los valores mínimos y máximos, además de los promedios de las distintas variables en estudio. Finalmente, se analiza la cantidad de registros diarios efectivos que cuenta cada variable, además del periodo de medición de esta.

Para tener una idea más global de los análisis, se creó una tabla resumen según variable, considerando la información existente por cada estación, la cantidad de datos diarios muestreados, el periodo de tiempo con registros, y los valores mínimos, máximos y promedios de las variables.

A continuación, en la Tabla 1.8 se presenta un ejemplo de la sistematización de la información de acuerdo a la variable estudiada.

Folio006738

Tabla 1.8. Ejemplo de la evaluación de la información para la variable precipitación (Ppt).

		Precipitación (Ppt)				
Código BNA	Nombre Estación	Cantidad de Datos diarios	Periodo de Tiempo con registros	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Promedio
02105021-0	CASPANA	13406	1971-2008	76	0	0,231

Para lograr dimensionar la cantidad de información de cada estación, y la calidad de esta, se crearon cartografías cuantitativas que muestren los registros diarios efectivos por variable. De esta forma, se mostrará la existencia efectiva de los datos por medio de círculos proporcionales a la cantidad total de datos diarios por estación.

A continuación se presentan las tablas resumen y cartografías por cada variable analizada. Cabe destacar que algunas variables no permiten la representación de la información de forma diaria, mostrándose en estas, la cantidad total de sus registros. Por otro lado, las variables que presentan una resolución a escala sinóptica, se escalaron de tal forma que fuesen igualadas a las de medición diaria.

Variable: Precipitación
Unidad: **mm**
Abreviatura: (**Ppd**)

Tabla 1.9. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por precipitación para las estaciones DGA.

Código BNA	**Nombre Estación**	**Registros Diarios**	**Periodo de tiempo del muestreo**
02105021-0	CASPANA	13406	1971-2008
02104007-K	CONCHI VIEJO	12782	1900(*) -2013
02105017-2	TOCONCE	14751	1972-2013
02105014-8	CUPO	12294	1900(*) - 2013
02105022-9	EL TATIO	12182	1977-2013
02510007-7	RIO GRANDE	13022	1900(*) -2013
02103010-4	INACALIRI	15719	1900(*) -2013
02500017-K	CAMAR	12415	1900(*) - 2013
02101003-0	LEQUENA	14239	1973-2013
02103012-0	SILALA	4407	2001-2013
02105016-4	LINZOR	13229	1973-2013
02500016-1	TOCONAO EXPERIMENTAL	11678	1975-2009
02500021-8	TALABRE	6234	1900(*) - 2013
02105020-2	SALADO EMBALSE	12998	1975-2013
02105018-0	AYQUINA	16130	1967-2013
02500020-K	PEINE	13846	1974-2013

Folio006739

Código BNA	Nombre Estación	Registros Diarios	Periodo de tiempo del muestreo
02103007-4	SAN PEDRO DE CONCHI	8247	1970-1993
02103008-2	PARSHALL N 2	15704	1969-2012
02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	11410	1959-2013
02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	425	2012-2013
02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	4037	2002-2013
02103009-0	OJOS SAN PEDRO	13563	1900(*) -2013
02500019-6	SOCAIRE	14431	1900(*) - 2013
02500015-3	TOCONAO RETEN	5875	1975-1991
02104008-8	CONCHI EMBALSE	13967	1967-2013
02660001-4	MONTURAQUI	1887	1974-1979
02000001-5	OLLAGUE	2553	1971-2013
02105015-6	TURI	4411	1981-1993
02102005-2	QUINCHAMALE	6394	1995-2013
02020002-2	ASCOTAN	12522	1974-2013
02020001-4	CEBOLLAR	9674	1900-2006
02105019-9	SIFON AYQUINA	916	1975-1977
02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	336	2012-2013
02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	4032	2001-2013
02104010-K	CHIU-CHIU	13846	1974-2013
02104009-6	CONCHI MURO EMBALSE	4805	1978-1991
02103014-7	RIO SILOLI ANTES B.T. FCAB	144	2012-2013
02105031-8	AMINCHA	274	1978-1981
02110013-7	CALAMA	15778	1900(*) -2013
02941001-1	VAQUILLAS	363	1987-1988
02640001-5	IMILAC	1642	1972-1977
02810001-9	CACHINAL DE LA SIERRA	61	1986

(*) Presenta largos periodos de tiempo en el muestreo

Folio006740

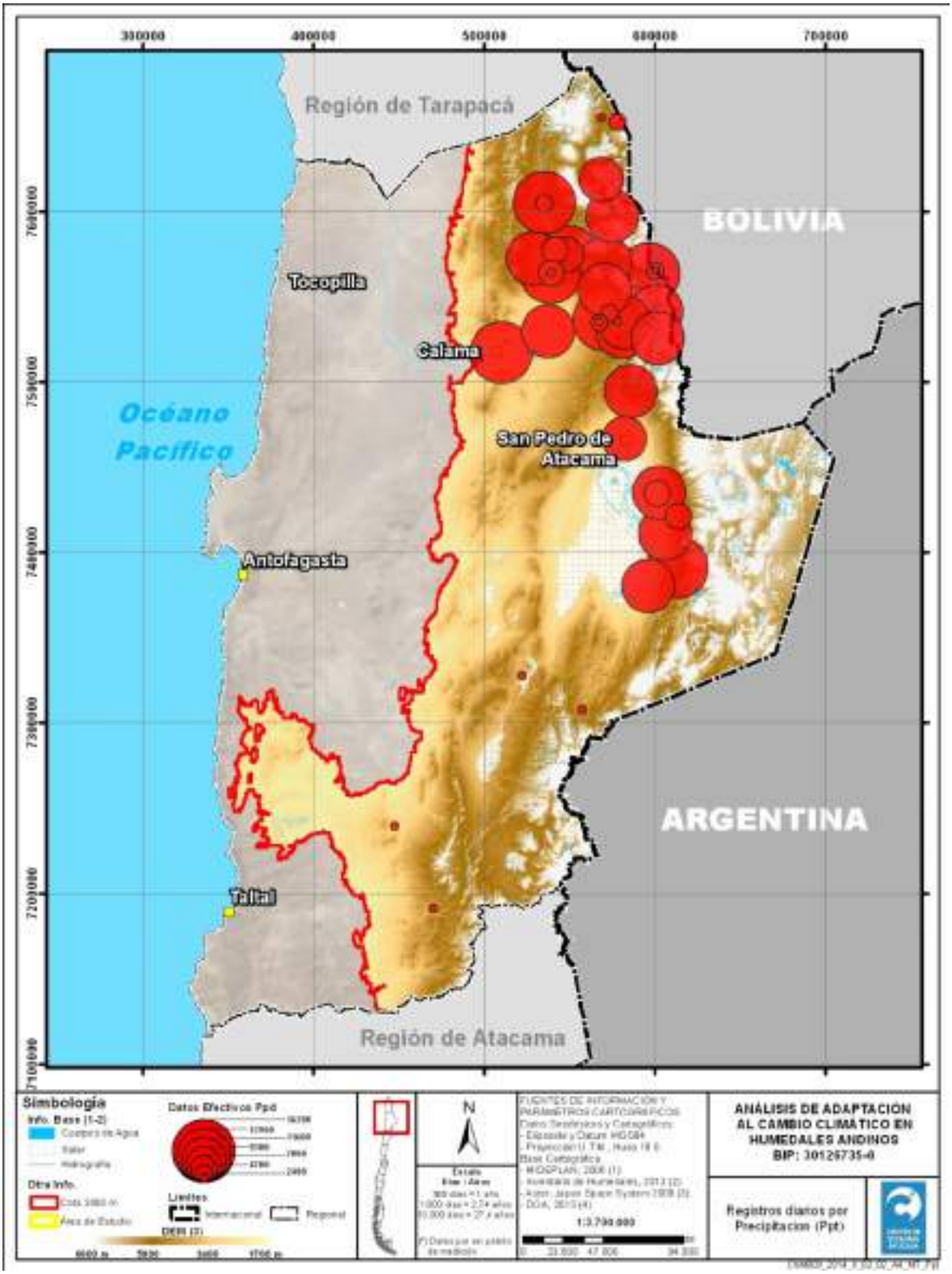


Figura 1.11. Distribución de los registros diarios de precipitación por estación DGA.

Folio006741

Variable: Temperatura diaria extrema
Unidad: **ºC**
Abreviatura: **TdE**

Tabla 1.10. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por temperatura diaria extrema, estaciones DGA.

		Registros Diarios		
Código BNA	**Nombre Estación**	**TdE max**	**TdE min**	**Periodo de tiempo del muestreo**
02000001-5	OLLAGUE	6464	0	1973-2012
02020001-4	CEBOLLAR	4599	0	1969-1988
02020002-2	ASCOTAN	2490	2479	1974-1983
02101003-0	LEQUENA	6781	6452	1984-2013
02103007-4	SAN PEDRO DE CONCHI	30	30	1991
02103008-2	PARSHALL N 2	14940	14998	1969-2012
02103009-0	OJOS SAN PEDRO	3733	3707	1969-1989
02103010-4	INACALIRI	7120	7112	1965-1992
02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	7119	7111	1969-1992
02104008-8	CONCHI EMBALSE	13399	13338	1697-2013
02104009-6	CONCHI MURO EMBALSE	3810	3806	1980-1991
02104010-K	CHIU-CHIU	11576	11563	1979-2013
02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	2	2	2012
02105014-8	CUPO	7	7	2012
02105015-6	TURI	4633	4700	1980-1993
02105016-4	LINZOR	11665	11352	1973-2012
02105017-2	TOCONCE	5952	6491	1993-2013
02110013-7	CALAMA	9574	9531	1963-1994
02500016-1	TOCONAO EXPERIMENTAL	6748	6719	1981-2009
02500019-6	SOCAIRE	3413	3455	1974-1998
02500020-K	PEINE	11695	11574	1974-2013
02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	7505	8125	1959-1989
02660001-4	MONTURAQUI	1944	1936	1974-1980
02810001-9	CACHINAL DE LA SIERRA	44	44	1986
02941001-1	VAQUILLAS	187	189	1986-1987

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear

Folio006742

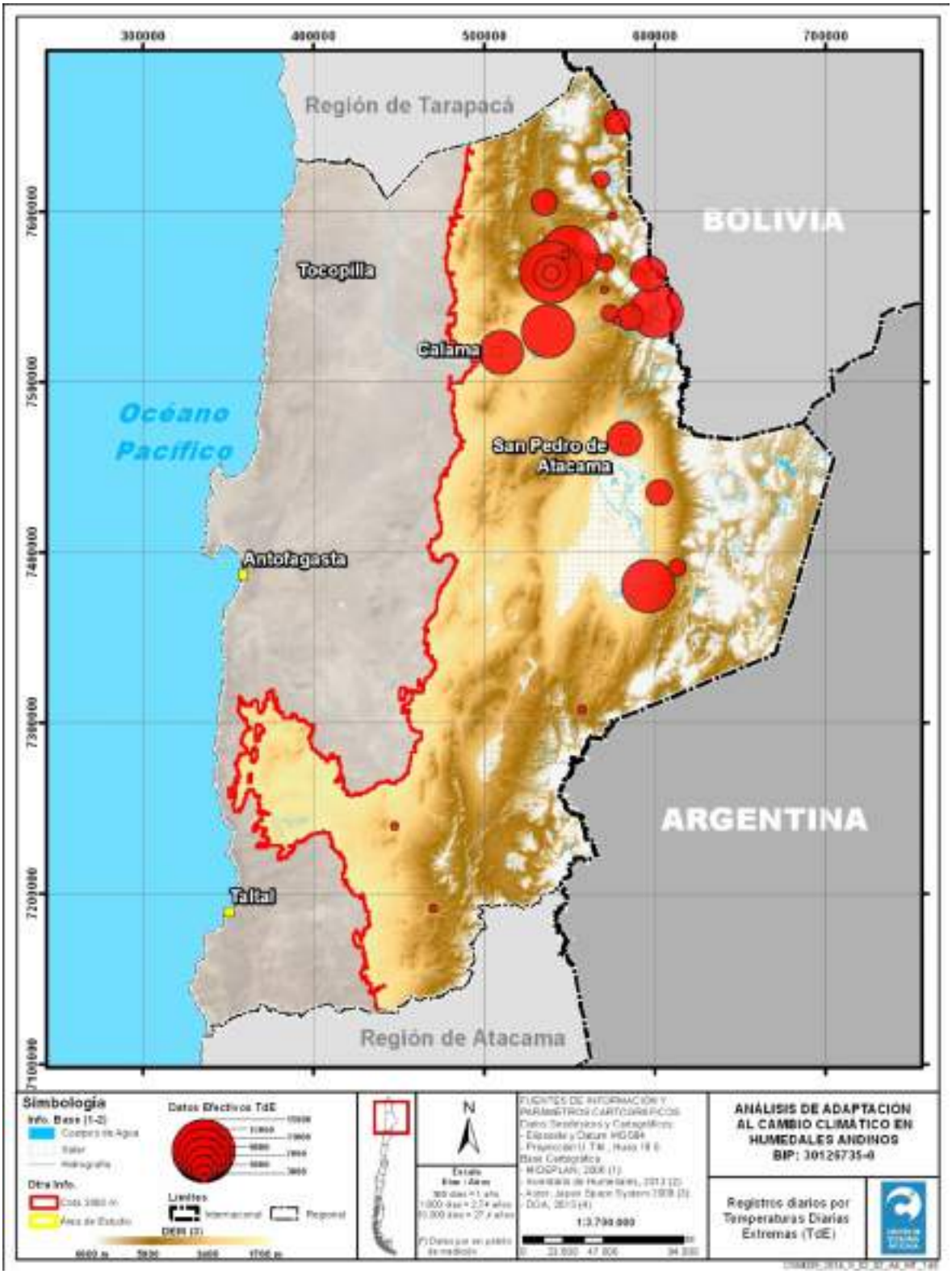


Figura 1.12. Distribución de los registros diarios de temperatura diaria extrema por estación DGA.

Folio006743

Variable: Temperaturas diarias en horas sinópticas

Unidad: **ºC**
Abreviatura: **TdhS**

Tabla 1.11. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por temperaturas diarias en horas sinópticas, estaciones DGA.

Código BNA	Nombre Estación	Registros Diarios	Periodo de tiempo del muestreo
02000001-5	OLLAGUE	3060	1973-1987
02020001-4	CEBOLLAR	4495	1969-1988
02020002-2	ASCOTAN	2335	1974-1983
02101003-0	LEQUENA	1800	1984-1994
02103008-2	PARSHALL N 2	8057	1969-1994
02103009-0	OJOS SAN PEDRO	3808	1969-1993
02103010-4	INACALIRI	3811	1969-1979
02104008-8	CONCHI EMBALSE	7328	1967-1994
02104009-6	CONCHI MURO EMBALSE	3755	1980-1991
02104010-K	CHIU-CHIU	5246	1979-1994
02105015-6	TURI	4629	1980-1993
02105016-4	LINZOR	7127	1973-1994
02105017-2	TOCONCE	90	1993-1994
02105018-0	AYQUINA	208	1993-1994
02105021-0	CASPANA	619	1973-1975
02110013-7	CALAMA	7244	1969-1994
02500016-1	TOCONAO EXPERIMENTAL	3940	1981-1994
02500019-6	SOCAIRE	2002	1974-1994
02500020-K	PEINE	6188	1974-1994
02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	4988	1973-1989
02660001-4	MONTURAQUI	1874	1974-1980

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear

Folio006744

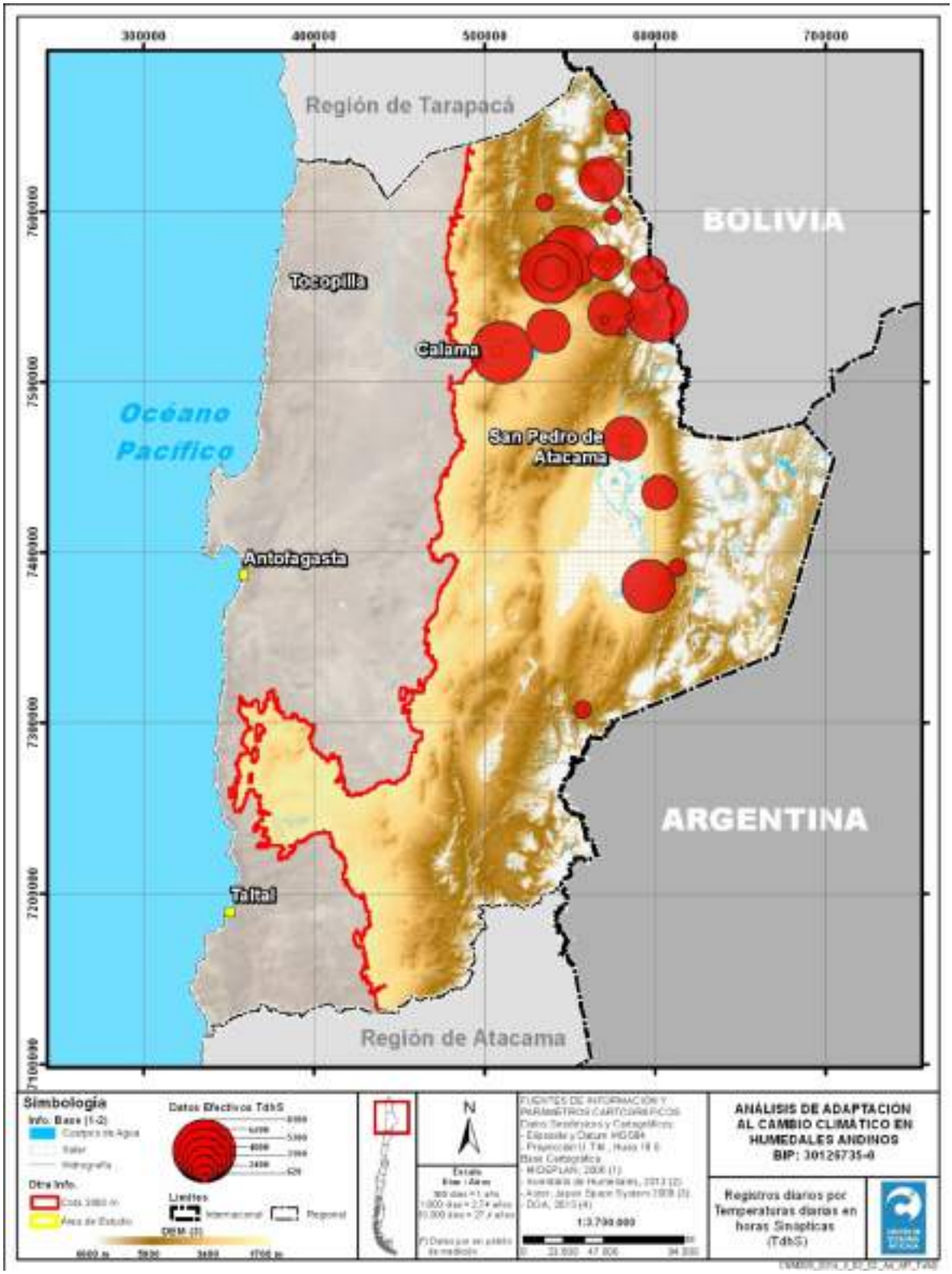


Figura 1.13. Distribución de los registros diarios de temperatura diaria en horas sinópticas por estación DGA.

Variable: Humedad relativa diaria extrema
Unidad: **%**
Abreviatura: **HRdE**

Tabla 1.12. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por humedad relativa diaria extrema, estaciones DGA.

		Registros Diarios		
Código BNA	**Nombre Estación**	**HRdE max**	**HRdE min**	**Periodo de tiempo del muestreo**
02101003-0	LEQUENA	1415	1415	1995-1999
02103008-2	PARSHALL N 2	999	999	1990-1993
02103010-4	INACALIRI	776	776	1990-1992
02104008-8	CONCHI EMBALSE	3016	3016	1990-2001
02104009-6	CONCHI MURO EMBALSE	304	304	1990-1991
02104010-K	CHIU-CHIU	7451	7448	1985-2007
02105015-6	TURI	1274	1274	1989-1993
02105016-4	LINZOR	3508	3508	1988-1999
02105021-0	CASPANA	4544	4544	1987-2002
02110013-7	CALAMA	2375	2375	1985-1994
02500016-1	TOCONAO EXPERIMENTAL	5250	5248	1988-2006
02500019-6	SOCAIRE	976	976	1993-1998
02500020-K	PEINE	1711	1711	1988-1998
02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	1074	1074	1985-1989

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear

Folio006746

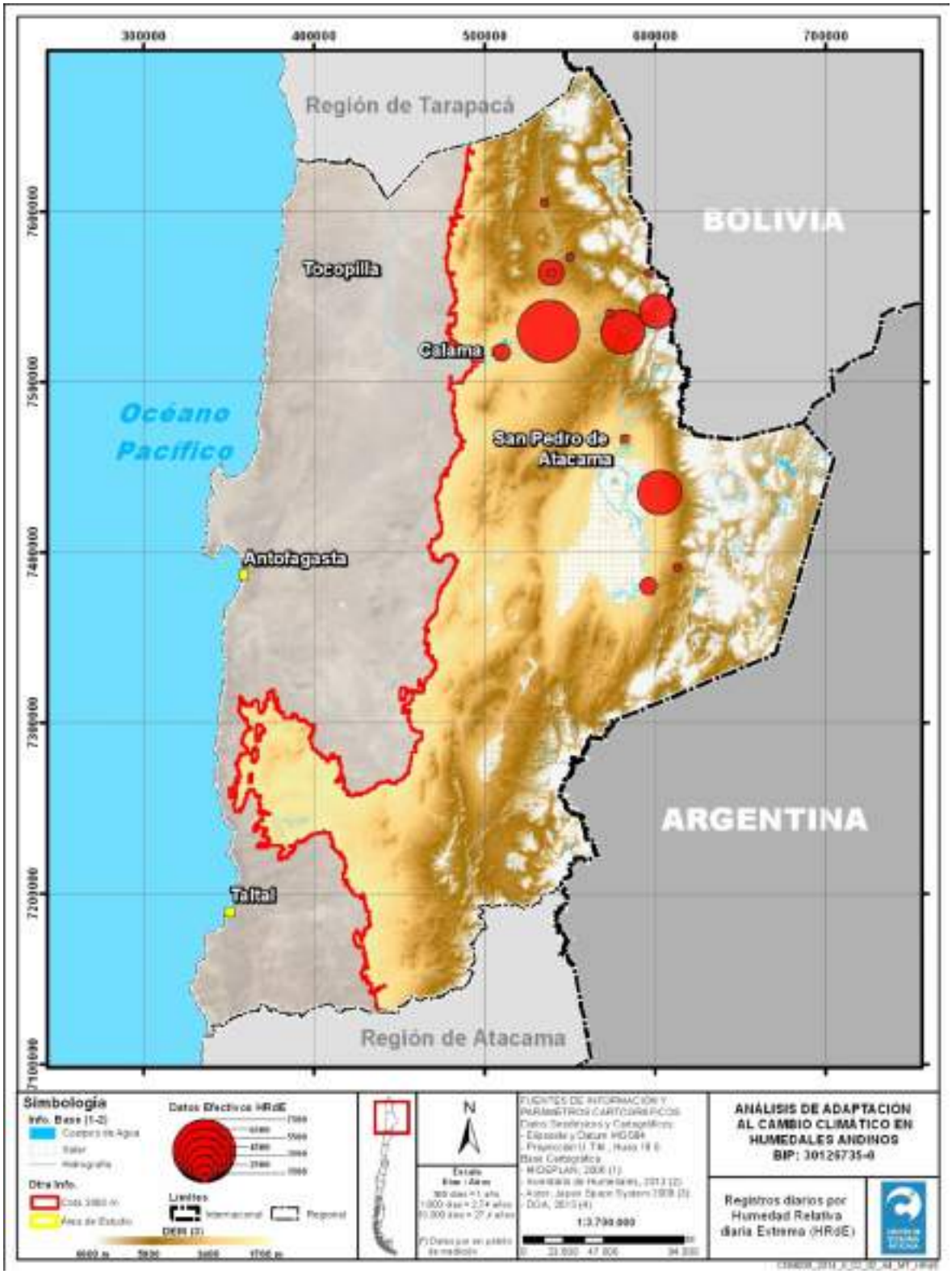


Figura 1.14. Distribución de los registros diarios de humedad relativa diaria extrema por estación DGA.

Folio006747

Variable: Humedad relativa diaria en horas sinópticas

Unidad: **%**
Abreviatura: **HRdhS**

Tabla 1.13. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por humedad relativa diaria en horas sinópticas, estaciones DGA.

Código BNA	Nombre Estación	Registros Diarios	Periodo de tiempo del muestreo
02000001-5	OLLAGUE	111	1994-1995
02101003-0	LEQUENA	635	1995-1999
02103008-2	PARSHALL N 2	612	1990-1993
02103010-4	INACALIRI	570	1990-1992
02104008-8	CONCHI EMBALSE	1204	1990-2001
02104009-6	CONCHI MURO EMBALSE	223	1990-1991
02104010-K	CHIU-CHIU	5338	1985-2007
02105015-6	TURI	933	1989-1993
02105016-4	LINZOR	2290	1988-1999
02105021-0	CASPANA	3152	1987-2002
02110013-7	CALAMA	1627	1985-1994
02500016-1	TOCONAO EXPERIMENTAL	3744	1988-2006
02500019-6	SOCAIRE	399	1993-1998
02500020-K	PEINE	1147	1988-1998
02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	717	1985-19889

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear

Folio006748

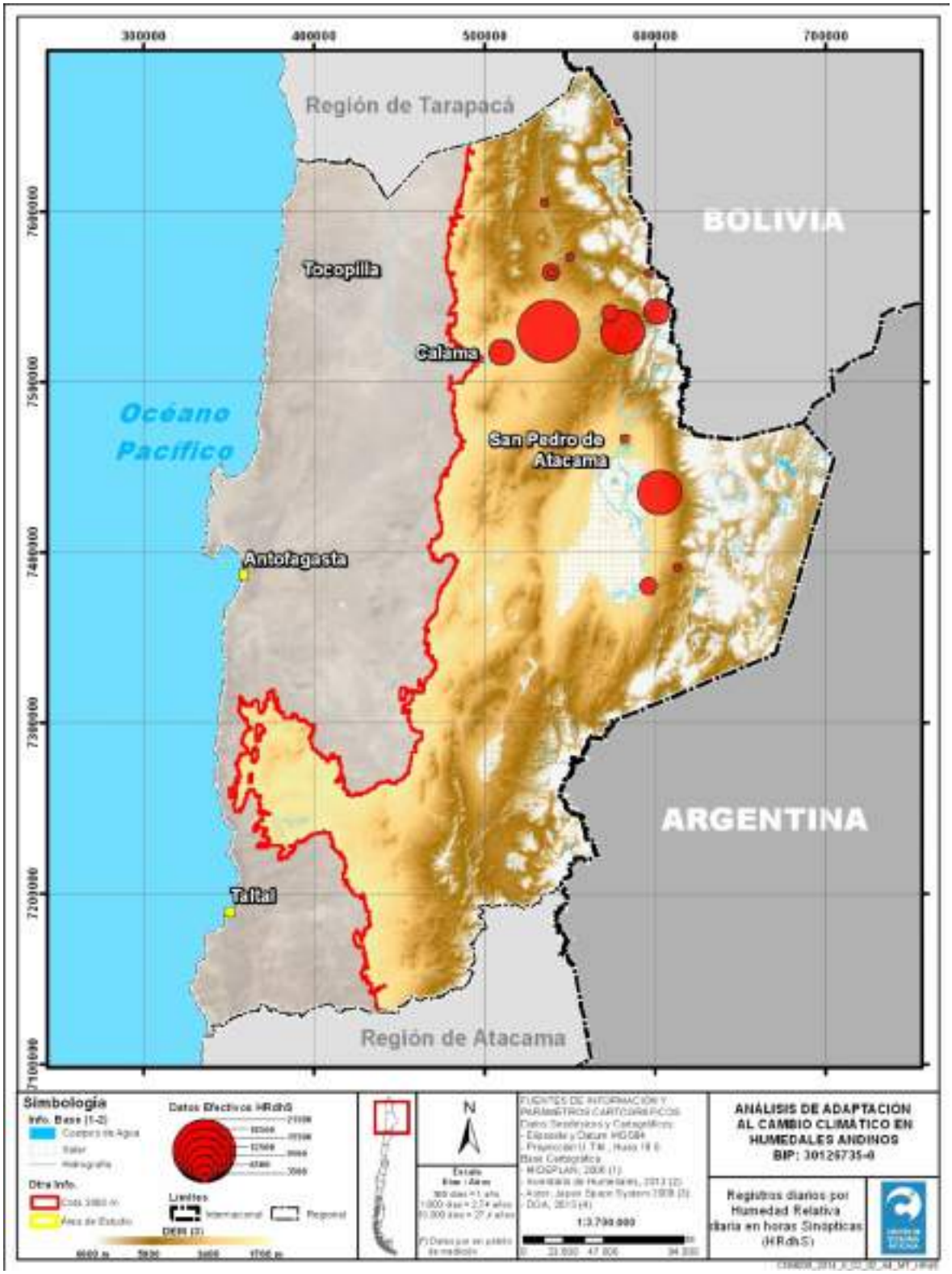


Figura 1.15. Distribución de los registros diarios de humedad relativa diaria en horas sinópticas por estación DGA.

Folio006749

Variable: Evaporación y recorrido del viento diario
Unidad: mm - km
Abreviatura: **ERVd**

Tabla 1.14. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por evaporación y recorrido del viento diario, estaciones DGA.

		Registros Diarios		
Código BNA	**Nombre Estación**	**ERVd evaporación**	**ERVd velocidad**	**Periodo de tiempo del muestreo**
02000001-5	OLLAGUE	1398	0	1974-1987
02020001-4	CEBOLLAR	3105	0	1975-1989
02020002-2	ASCOTAN	715	1394	1974-1981
02101003-0	LEQUENA	10300	5613	1983-2013
02103007-4	SAN PEDRO DE CONCHI	6280	30	1975-1993
02103008-2	PARSHALL N 2	14153	14809	1969-2012
02103009-0	OJOS SAN PEDRO	4527	709	1969-1993
02103010-4	INACALIRI	7457	7063	1969-1992
02104008-8	CONCHI EMBALSE	12986	13237	1967-2013
02104009-6	CONCHI MURO EMBALSE	4063	1822	1979-1991
02104010-K	CHIU-CHIU	11671	10555	1975-2011
02105015-6	TURI	3101	3244	1983-1993
02105016-4	LINZOR	9776	11174	1974-2007
02105017-2	TOCONCE	12741	6029	1975-2013
02110013-7	CALAMA	8044	7774	1965-1994
02500016-1	TOCONAO EXPERIMENTAL	10759	4485	1975-2004
02500019-6	SOCAIRE	7753	1435	1974-1998
02500020-K	PEINE	12425	10862	1974-2013
02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	8620	6093	1963-1989
02660001-4	MONTURAQUI	1594	1697	1974-1979
02810001-9	CACHINAL DE LA SIERRA	45	0	1986
02941001-1	VAQUILLAS	351	0	1986-1988

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear

Folio006750

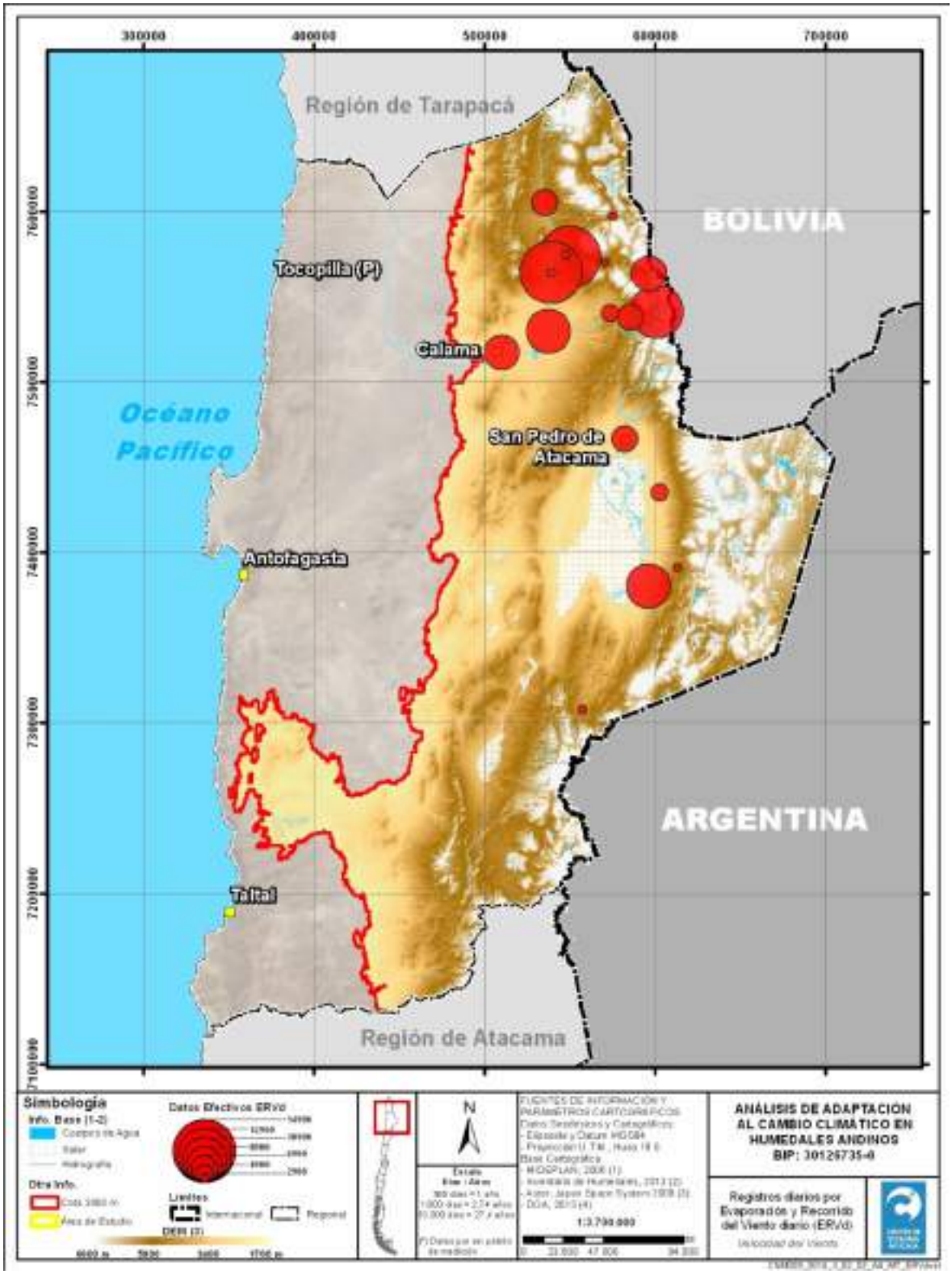


Figura 1.16. Distribución de los registros diarios de evaporación y recorrido del viento diario por estación DGA. Medición de velocidad del viento.

Folio006751

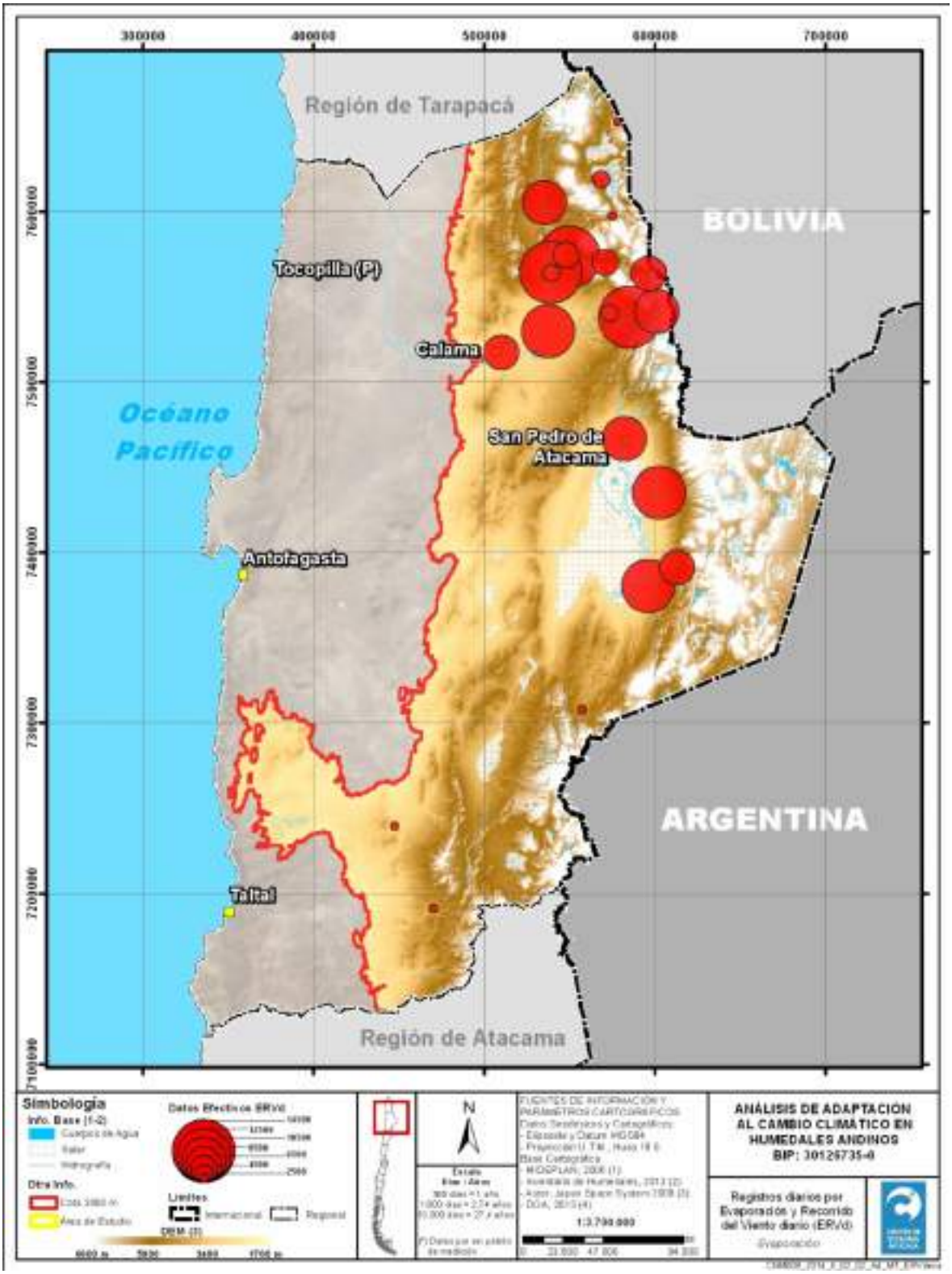


Figura 1.17. Distribución de los registros diarios de evaporación y recorrido del viento diario por estación DGA. Medición de evaporación.

Folio006752

Variable: Velocidad y dirección del diento diarios en horas sinópticas
Unidad: km/hr - segundos
Abreviatura: **VDVdhS**

Tabla 1.15. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por velocidad y dirección del viento diaria en horas sinópticas, estaciones DGA.

		Registros Diarios		
Código BNA	**Nombre Estación**	**VDVdhS velocidad**	**VDVdhS dirección**	**Periodo de tiempo del muestreo**
02000001-5	OLLAGUE	1188	0	1985-1995
02020001-4	CEBOLLAR	1373	0	1985-1989
02101003-0	LEQUENA	1065	914	1995-1998
02103008-2	PARSHALL N 2	3885	3400	1985-1998
02103009-0	OJOS SAN PEDRO	2659	1650	1985-1998
02110013-7	CALAMA	1132	971	1991-1994
02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	805	225	1985-1989

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear

Folio006753

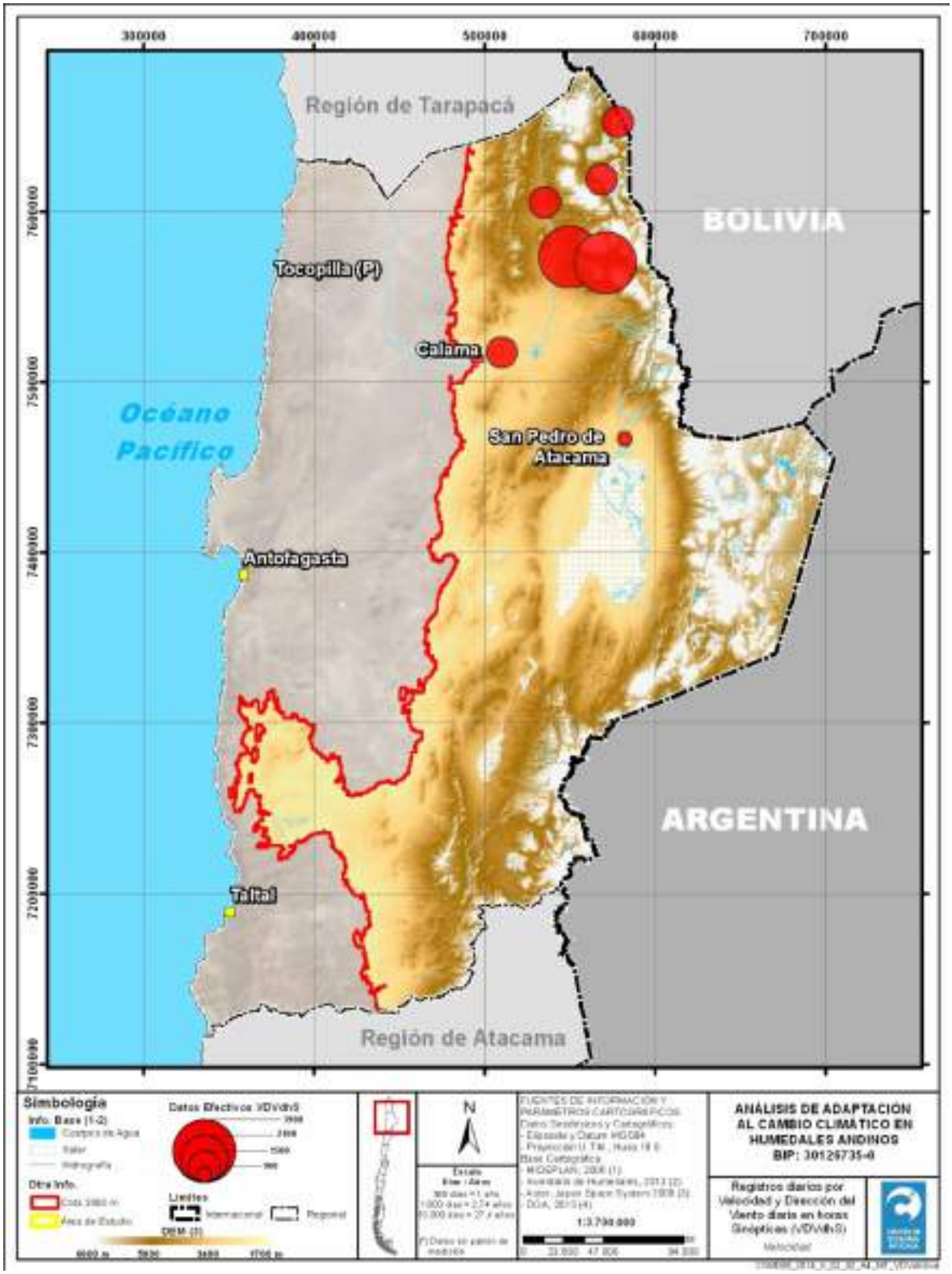


Figura 1.18. Distribución de los registros diarios de velocidad y dirección del viento diario en horas sinópticas por estación DGA. Medición de velocidad.

Folio006754

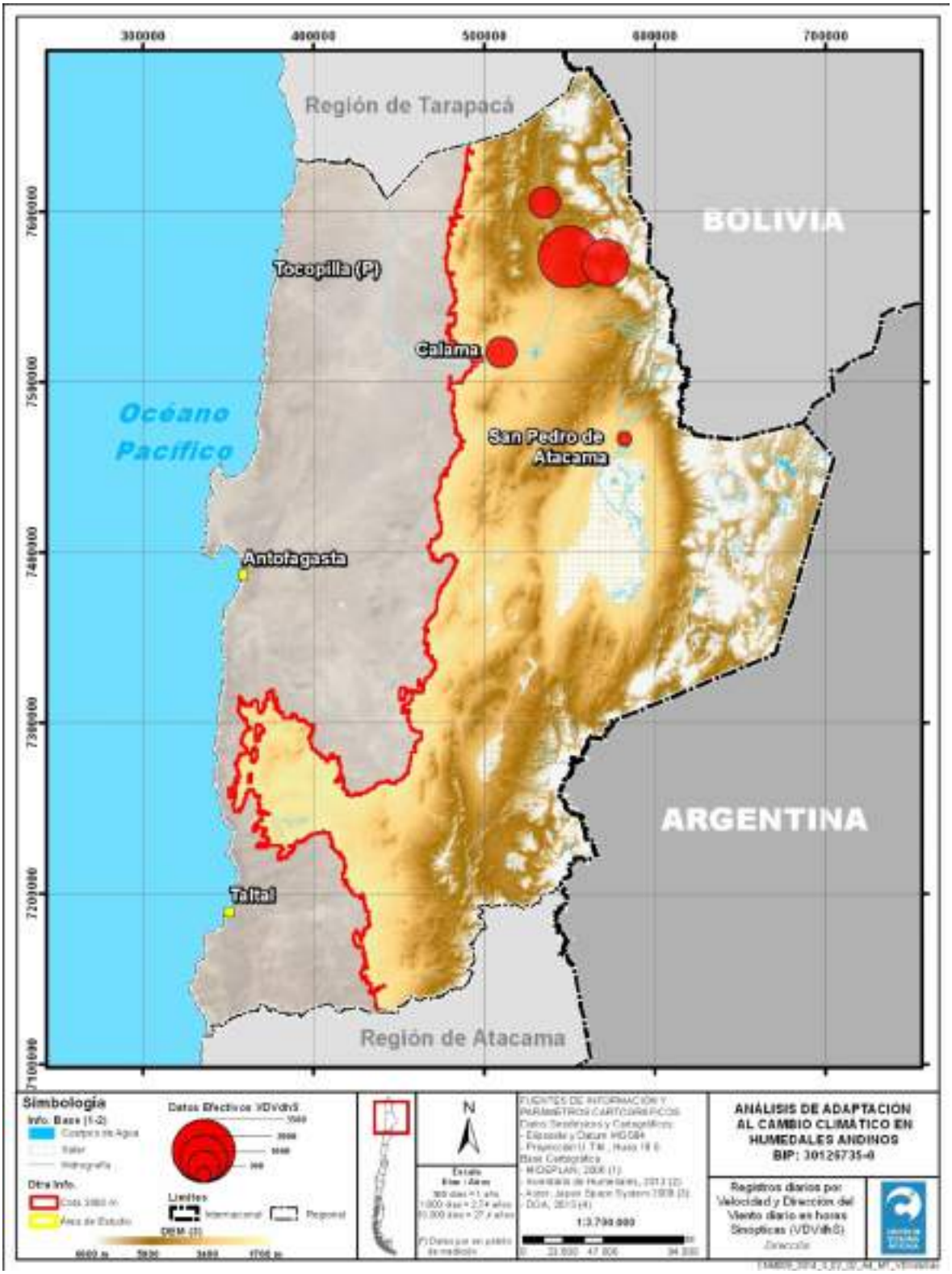


Figura 1.19. Distribución de los registros diarios de velocidad y dirección del viento diario en horas sinópticas por estación DGA. Medición de dirección.

Folio006755

Variable: Velocidad media diaria del viento
Unidad: km/hr
Abreviatura: **VmdV**

Tabla 1.16. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios de la velocidad media diaria del viento, estaciones DGA.

Código BNA	Nombre Estación	Registros Diarios	Periodo de tiempo del muestreo
02000001-5	OLLAGUE	1193	1985-1995
02020001-4	CEBOLLAR	1375	1985-1989
02101003-0	LEQUENA	1160	1995-1998
02103008-2	PARSHALL N 2	4675	1985-1998
02103009-0	OJOS SAN PEDRO	2681	1985-1998
02104008-8	CONCHI EMBALSE	3586	1987-1998
02104009-6	CONCHI MURO EMBALSE	706	1985-1987
02104010-K	CHIU-CHIU	4664	1985-1999
02105015-6	TURI	2542	1985-1993
02105016-4	LINZOR	4553	1985-1999
02105021-0	CASPANA	2568	1985-1993
02110013-7	CALAMA	1133	1991-1994
02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	992	1985-1989

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear

Folio006756

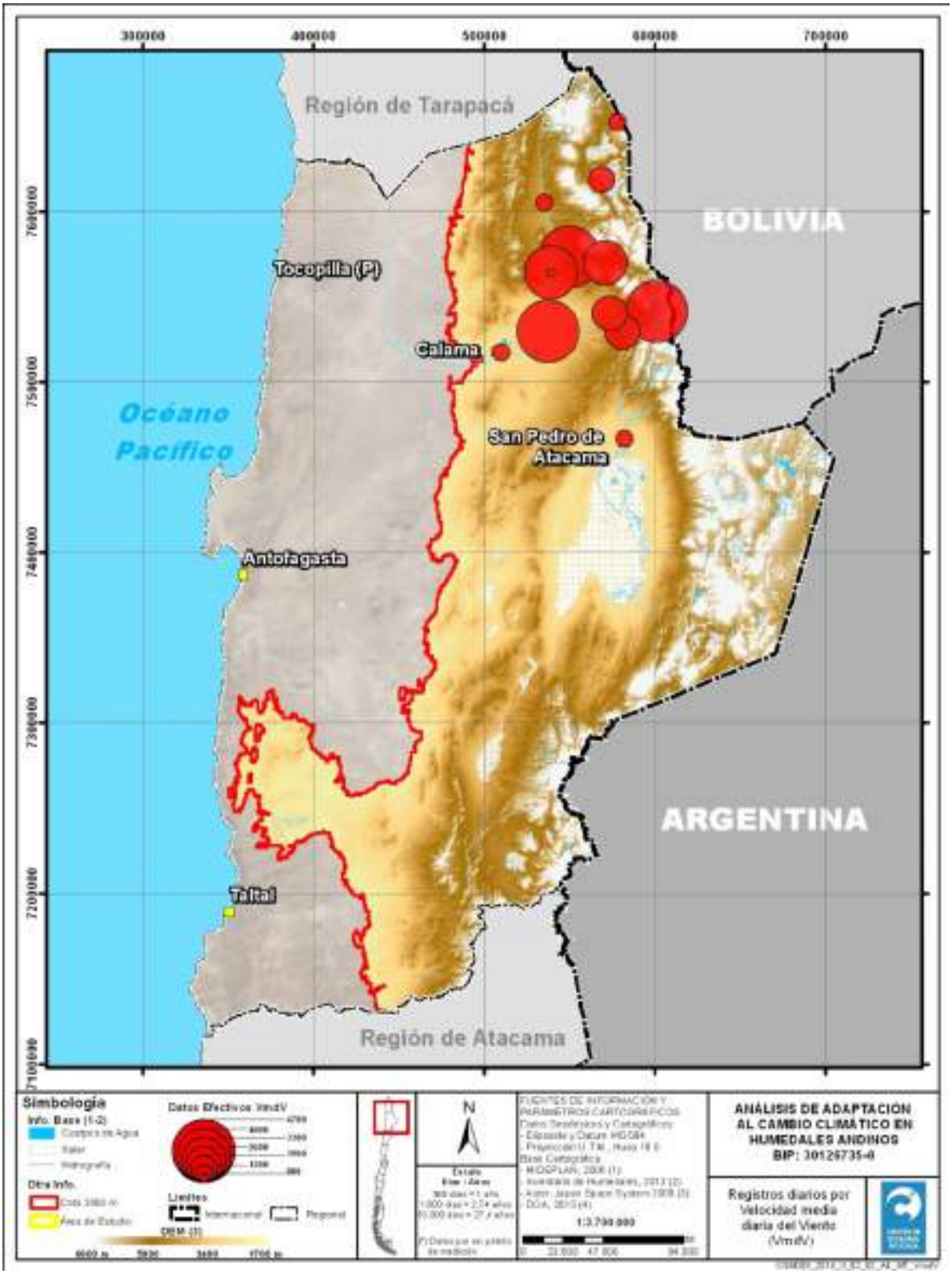


Figura 1.20. Distribución de los registros diarios de velocidad media diaria del viento por estación DGA.

Folio006757

Variable: Horas de sol diaria
Unidad: **horas**
Abreviatura: **HSd**

Tabla 1.17. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por horas de sol diaria, estaciones DGA.

Código BNA	Nombre Estación	Registros Diarios	Periodo de tiempo del muestreo
02104010-K	CHIU-CHIU	4190	1979-1991
02105022-9	EL TATIO	4309	1972-1994
02110013-7	CALAMA	6163	1974-1994
02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	3042	1979-1989

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear

Folio006758

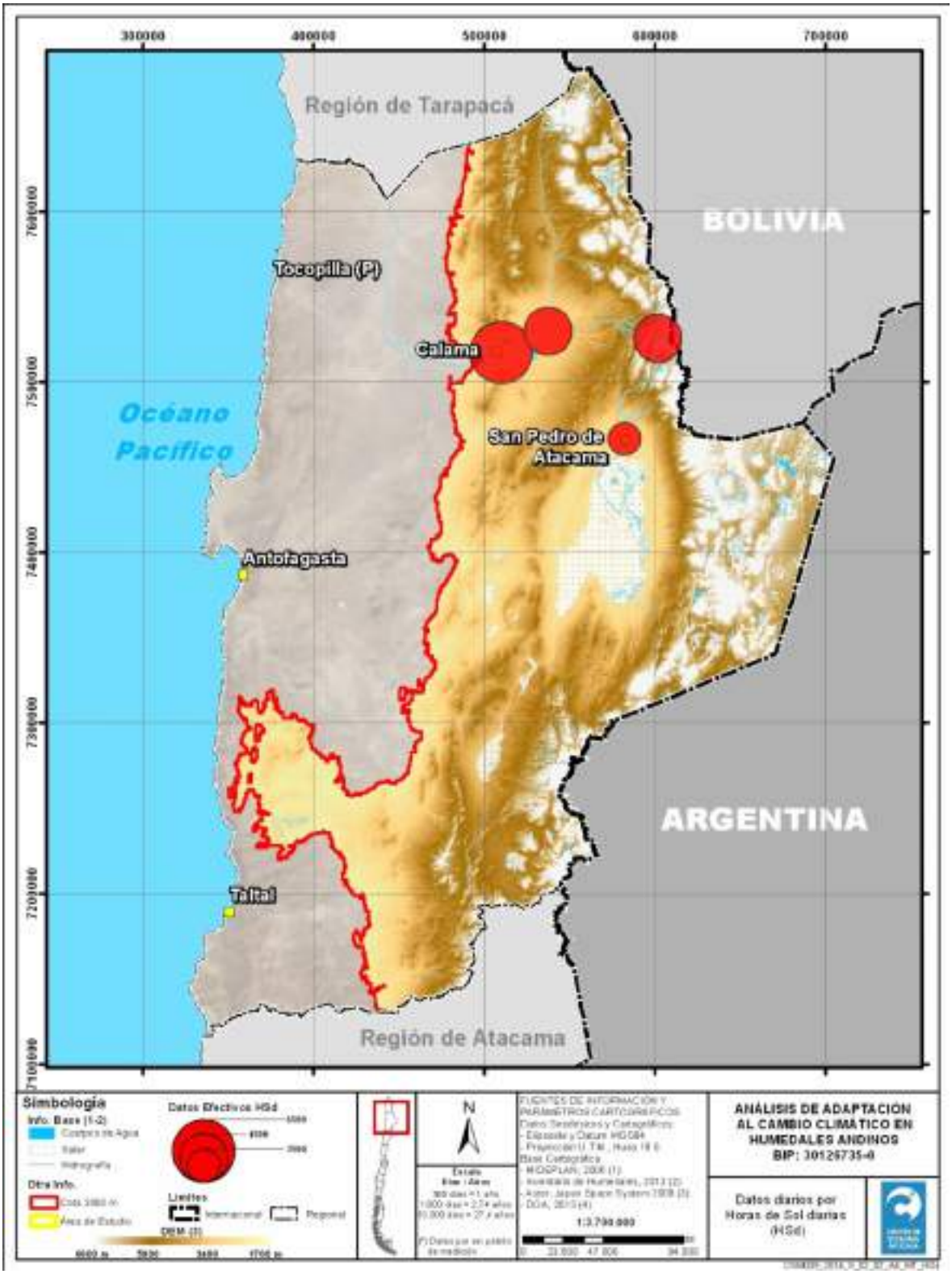


Figura 1.21. Distribución de los registros diarios de horas de sol diaria por estación DGA.

Variable: Nubosidad diaria en horas sinópticas
Unidad:
Abreviatura: **NdhS**

Tabla 1.18. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por nubosidad diaria en horas sinópticas, estaciones DGA.

Código BNA	Nombre Estación	Registros Diarios	Periodo de tiempo del muestreo
02000001-5	OLLAGUE	1174	1985-1995
02020001-4	CEBOLLAR	1372	1985-1989
02101003-0	LEQUENA	3640	1985-1999
02103007-4	SAN PEDRO DE CONCHI	2371	1985-1992
02103008-2	PARSHALL N 2	4652	1985-1998
02103009-0	OJOS SAN PEDRO	2704	1985-1998
02103010-4	INACALIRI	2485	1985-1992
02104008-8	CONCHI EMBALSE	5708	1985-2001
02104009-6	CONCHI MURO EMBALSE	1959	1985-1991
02104010-K	CHIU-CHIU	6140	1985-2007
02105014-8	CUPO	91	1985
02105015-6	TURI	2558	1985-1993
02105016-4	LINZOR	4811	1985-1999
02105017-2	TOCONCE	2824	1985-1998
02105018-0	AYQUINA	1951	1985-1999
02105021-0	CASPANA	5171	1985-2002
02105022-9	EL TATIO	2601	1985-1998
02110013-7	CALAMA	2537	1985-1994
02500016-1	TOCONAO EXPERIMENTAL	5714	1985-2007
02500019-6	SOCAIRE	3197	1985-1998
02500020-K	PEINE	4334	1985-1998
02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	996	1985-1989
02810001-9	CACHINAL DE LA SIERRA	44	1986
02941001-1	VAQUILLAS	350	1986-1988

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear

Folio006760

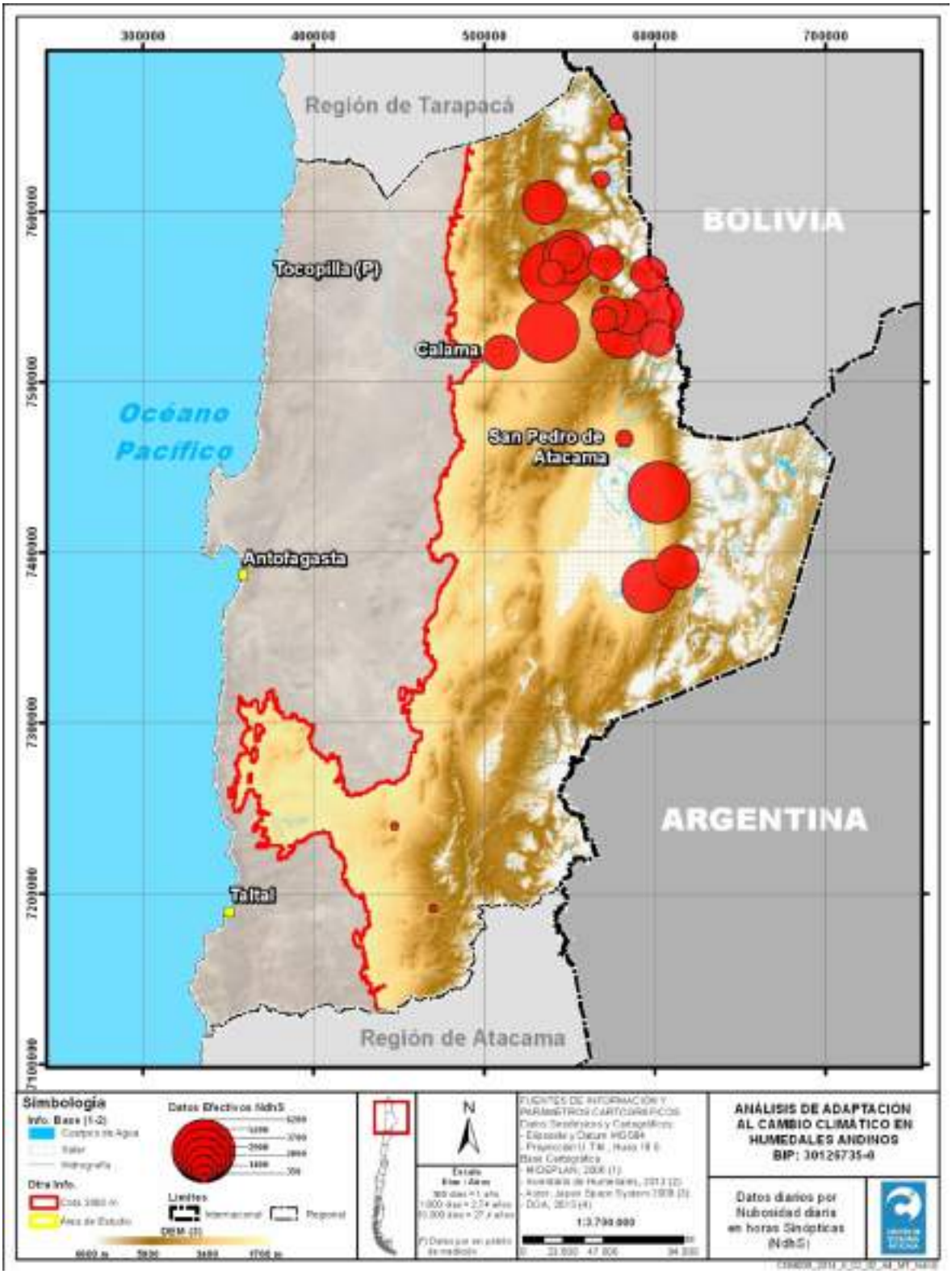


Figura 1.22. Distribución de los registros diarios de nubosidad diaria en horas sinópticas por estación DGA.

Folio006761

Variable: Evaporación diaria
Unidad: **%**
Abreviatura: **Ed**

Tabla 1.19. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por evaporación diaria, estaciones DGA.

Código BNA	Nombre Estación	Registros Diarios	Periodo de tiempo del muestreo
02000001-5	OLLAGUE	1398	1974-1987
02020001-4	CEBOLLAR	3105	1975-1989
02020002-2	ASCOTAN	715	1974-1981
02101003-0	LEQUENA	10300	1983-2013
02103007-4	SAN PEDRO DE CONCHI	6279	1975-1993
02103008-2	PARSHALL N 2	14152	1969-2012
02103009-0	OJOS SAN PEDRO	4527	1969-1993
02103010-4	INACALIRI	7457	1969-1992

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear.

Folio006762

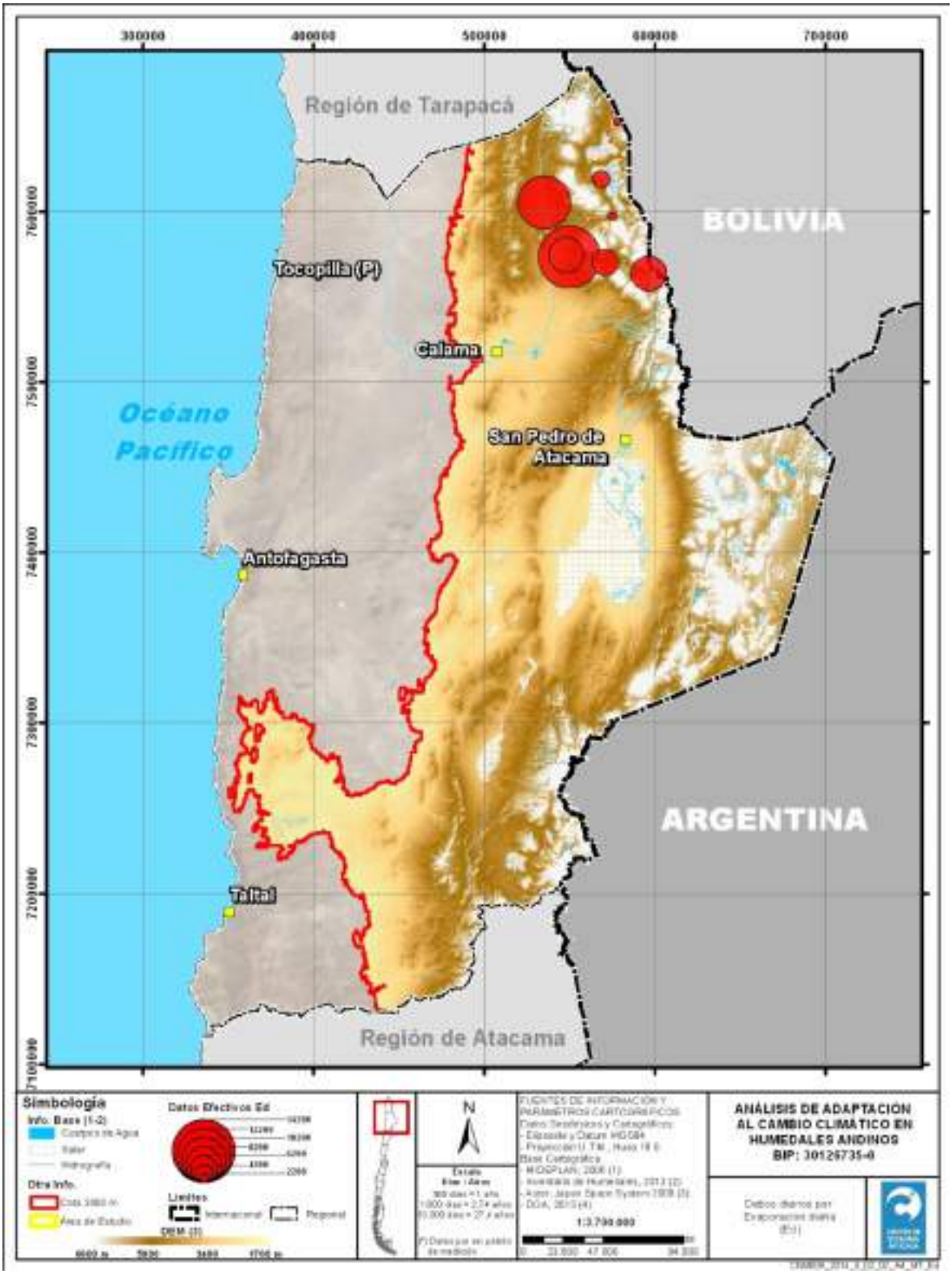


Figura 1.23. Distribución de los registros diarios de evaporación diaria por estación DGA.

Folio006763

Variable: Caudal medio diario
Unidad: m^3/s
Abreviatura: **Qmd**

Tabla 1.20. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Caudal medio diario, estaciones DGA.

Código BNA	Nombre Estación	Registros Diarios	Periodo de tiempo del muestreo
02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	13601	1967-2013
02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N"1	12486	1967-2013
02103002-3	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N"2 (BT. CHILEX)	13809	1967-2013
02103003-1	RIO SAN PEDRO EN CAMINO INTERNACIONAL	2596	1979-1989
02103004-K	RIO SAN PEDRO EN SAN PEDRO	4780	1916-1931
02103014-7	RIO SILOLI ANTES B.T. FCAB	3766	2001-2012
02104001-0	RIO LOA EN CONCHI	5034	1958-1975
02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	11867	1976-2013
02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"2	9131	1979-2006
02104004-5	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"1	657	1977-1979
02104013-4	RIO LOA EN VADO SANTA BARBARA (DOH)	1703	2006-2013
02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	12347	1975-2013
02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	12035	1975-2013
02105005-9	RIO SALADO A. J. LOA	2924	2002-2011
02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS	8542	1982-2012
02105008-3	VERTIENTE TURI TURI	433	1980-1981
02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL	5745	1964-2013
02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA	9877	1961-2009
02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE	4078	1952-1978
02110004-8	RIO LOA EN FINCA	12471	1971-2013
02500001-3	RIO VILAMA EN VILAMA	379	1971-1972
02500002-1	CANAL AGUAS BLANCAS	2948	1992-2001
02500003-K	CANAL TULAN EN TILOMONTE	3051	1990-2000
02500004-8	CANAL VILAMA EN VILAMA	8117	1990-2013
02500005-6	CANAL CUNO EN SOCAIRE	7847	1990-2013
02500006-4	CANAL TILOMONTE ANTES REPRESA	5526	1997-2013
02510001-8	RIO SAN PEDRO EN CUCHABRACHI	13264	1961-2012

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear.

Folio006764

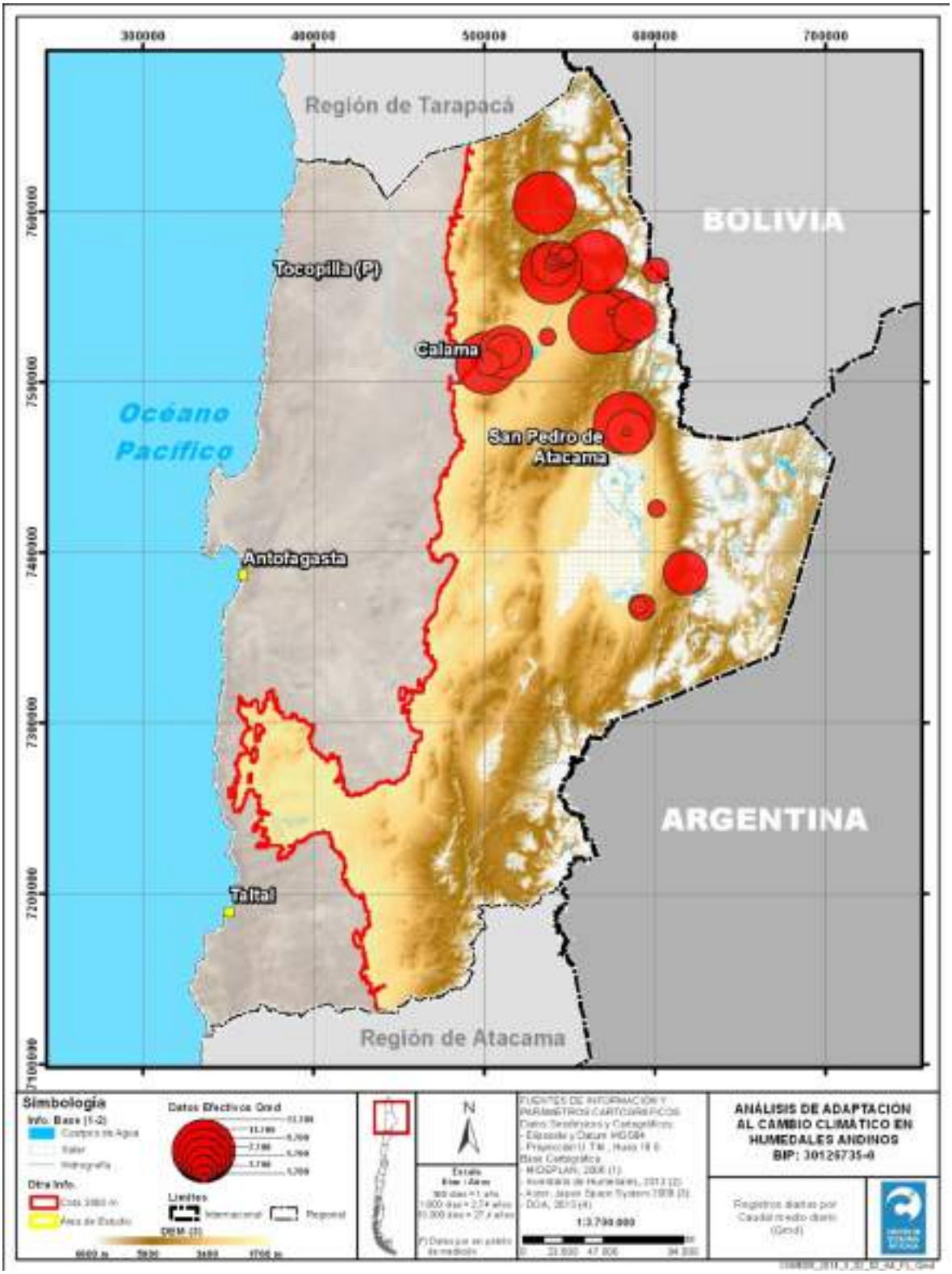


Figura 1.24. Distribución de los registros diarios de caudal medio diario por estación DGA.

Folio006765

Variable: Altura y caudal instantáneo
Unidad: m – m^3/s
Abreviatura: **ACi**

Tabla 1.21. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por altura y caudal instantáneo, estaciones DGA.

		Registros Diarios		
Código BNA	**Nombre Estación**	**ACi altura**	**ACi caudal**	**Periodo de tiempo del muestreo**
02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	75297	75297	1967-2013
02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N"1	92281	92281	1967-2013
02103002-3	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N"2 (BT. CHILEX)	97338	97338	1967-2013
02103003-1	RIO SAN PEDRO EN CAMINO INTERNACIONAL	17847	17800	1979-1989
02103004-K	RIO SAN PEDRO EN SAN PEDRO	9558	9559	1916-1932
02103014-7	RIO SILOLI ANTES B.T. FCAB	56910	56910	2001-2012
02103018-K	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL 2 (CODELCO)	25	25	2009
02104001-0	RIO LOA EN CONCHI	8125	8126	1958-1975
02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	129342	129342	1976-2013
02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"2	39589	39589	1979-2006
02104004-5	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"1	1348	1348	1977-1979
02104013-4	RIO LOA EN VADO SANTA BARBARA (DOH)	40647	40647	2006-2013
02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	86863	86863	1975-2013
02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	58637	58637	1975-2013
02105005-9	RIO SALADO A. J. LOA	20273	20273	2002-2011
02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS	82417	82417	1982-2012
02105008-3	VERTIENTE TURI TURI	1222	1223	1980-1981
02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL	40087	40087	1966-2013
02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA	45042	45042	1964-2009
02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE	5267	5267	1966-1972
02110004-8	RIO LOA EN FINCA	103434	103434	1971-2013
02500001-3	RIO VILAMA EN VILAMA	758	758	1971-1972
02500004-8	CANAL VILAMA EN VILAMA	74044	74044	1990-2013
02500005-6	CANAL CUNO EN SOCAIRE	34940	34940	1997-2013
02500006-4	CANAL TILOMONTE ANTES REPRESA	36823	36836	1997-2013
02510001-8	RIO SAN PEDRO EN CUCHABRACHI	84420	84420	1967-2012

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear.

Folio006766

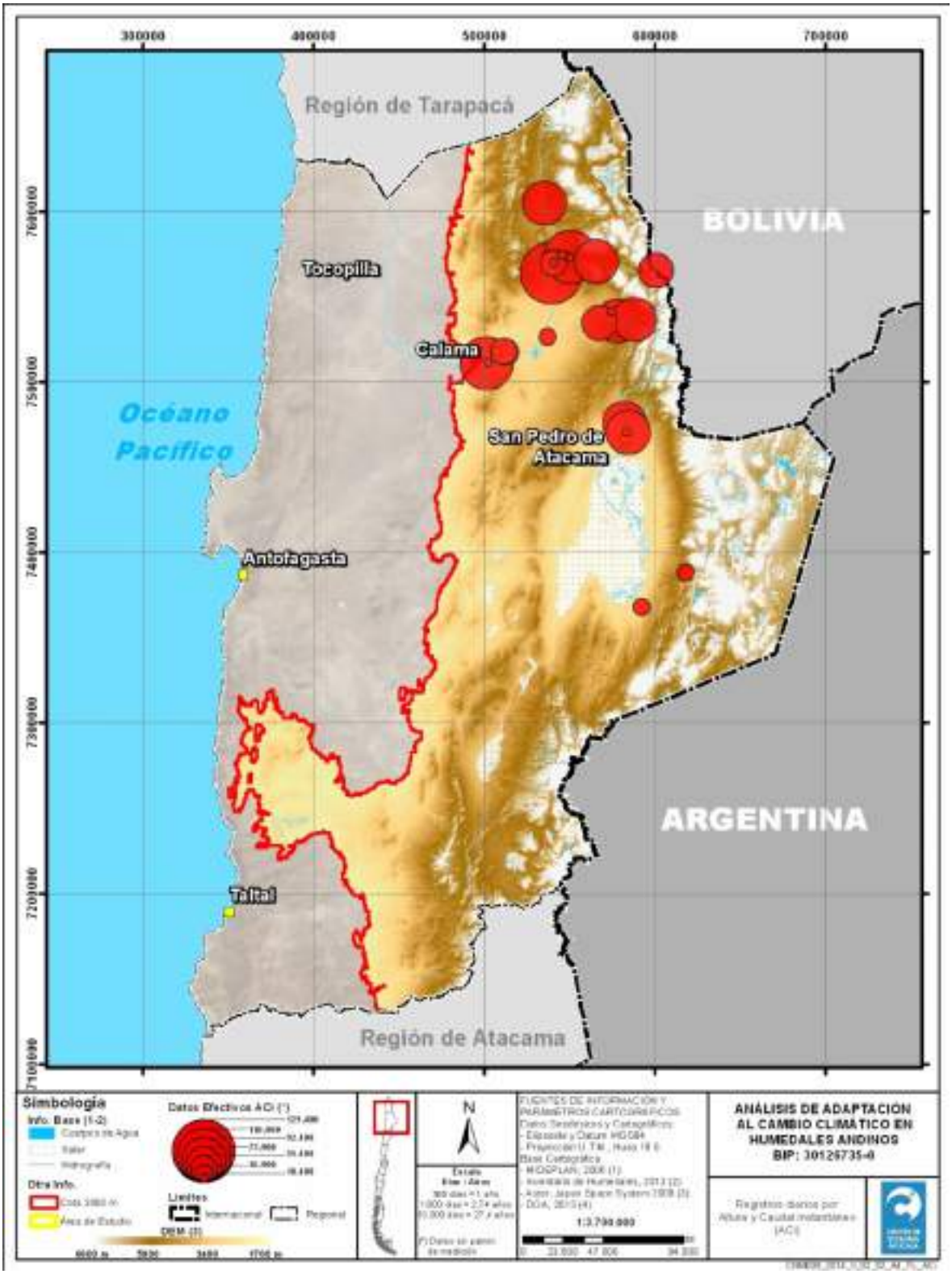


Figura 1.25. Distribución de los registros diarios altura y caudal instantáneo por estación DGA.

Folio006767

Variable: Registros hidroquímicos
Unidad: -
Abreviatura: **Rh**

Tabla 1.22. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Altura y caudal instantáneo, estaciones DGA.

Código BNA	Nombre Estación	Registros Diarios	Periodo de tiempo del muestreo
02104012-6	POZO CHIU-CHIU	1365	1996-2013
02104005-3	RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	2484	1960-2011
02102004-4	RIO LOA ANTES RIO SAN PEDRO (CA)	247	1964-1976
02110008-0	RIO LOA DESPUES JUNTA RIO SALADO (CA)	329	1960-1979
02104006-1	RIO LOA DESPUES RIO SAN PEDRO (CA)	113	1967-1976
02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N”2	1128	1984-2009
02110012-9	AGUA POTABLE CALAMA (CA)	1335	1993-2013
02110005-6	RIO LOA EN CALAMA (CA)	638	1960-1976
02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE	619	1966-1972
02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL	1156	1966-2013
02110004-8	RIO LOA EN FINCA	2008	1971-2013
02101002-2	RIO LOA EN REPRESA LEQUENA	2326	1966-2013
02104013-4	RIO LOA EN VADO SANTA BARBARA (DOH)	606	2006-2013
02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA	1690	1964-2010
02500013-7	RIO PURIPICA EN HUATIN (CA)	174	1967-1971
02500012-9	RIO PURITAMA EN HUATIN (CA)	189	1966-1971
02105005-9	RIO SALADO A. J. LOA	1010	1961-1979
02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	1827	1985-2013
02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N”1	1660	1985-2013
02103005-8	RIO SILOLI (CA)	71	1968-1976
02500002-1	CANAL AGUAS BLANCAS	344	1993-2001
02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS	1706	1981-2013
02105006-7	RIO TOCONCE EN REPRESA SENDOS (CA)	395	1968-1989
02500005-6	CANAL CUNO EN SOCAIRE	1288	1997-2013
02500006-4	CANAL TILOMONTE ANTES REPRESA	954	2002-2013
02500004-8	CANAL VILAMA EN VILAMA	1992	1968-2013
02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	1741	1978-2013

(*) Presenta largos periodos de tiempo sin muestrear.

Folio006768

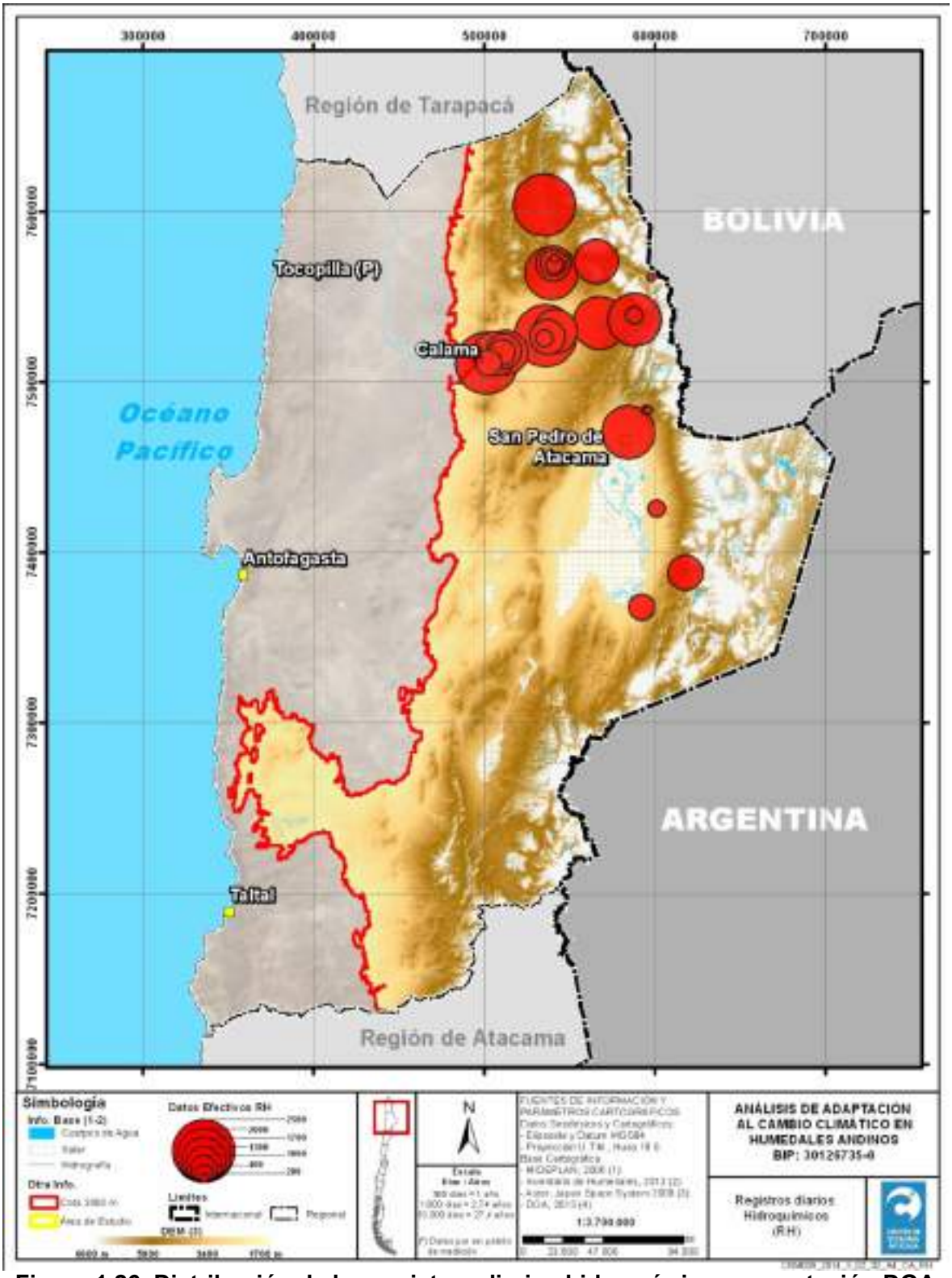


Figura 1.26. Distribución de los registros diarios hidroquímicos por estación DGA.

Folio006769

1.4.4 Evaluación de los datos INIA

La evaluación de los datos INIA, se realizó con la misma metodología utilizada en el punto anterior. Se dispuso la información de tal forma que fuese analizada de forma cuantitativa, logrando como primer punto la representación cartográfica, a través de círculos proporcionales de los registros diarios por estación y variable, como también la representación en tablas de los registros efectivos y los periodos de tiempo de medición de estos.

Un aspecto a considerar, que al igual que el escalamiento de los registros sinópticos medidos en algunas de las estaciones DGA, se consideró el escalamiento de los datos INIA, dividendo éstos por 24, ya que por su condición de medición horaria, no representaban la condición diaria, para ser representados.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de los datos meteorológicos entregados por INIA, estos se presentaran por las nueve variables entregadas, mostrando la tabla de registros efectivos y su mapa cuantitativo correspondiente.

Variable: Dirección del Viento
Unidad: -
Abreviatura: **DV**

Tabla 1.23. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Dirección del Viento, estaciones INIA.

COD	Nombre Estación	Registros diarios DV	Periodo de tiempo del muestreo DV
INIA-1	Ollagüe INIA	552	2009-2014
INIA-2	Calama Rural INIA	1341	2009-2014
INIA-3	Chiu Chiu INIA	1354	2009-2014
INIA-4	Caspana INIA	547	2009-2014
INIA-5	San Pedro de Atacama INIA	1275	2009-2014
INIA-6	Toconao INIA	140	2014
INIA-7	Socaire INIA	140	2014

Folio006770

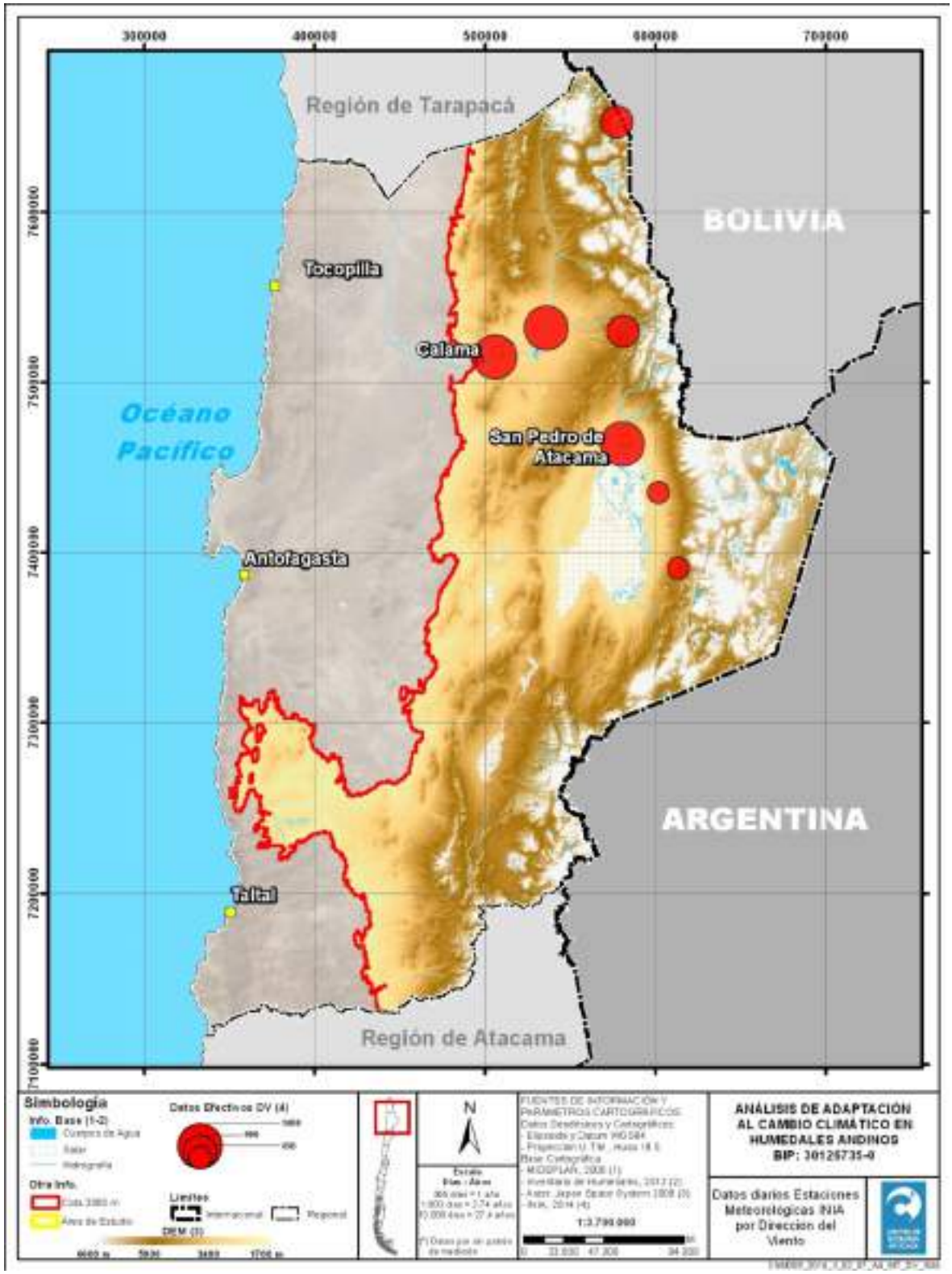


Figura 1.27. Distribución de los registros diarios por Dirección del Viento, estaciones INIA.

Folio006771

Variable: Humedad Relativa
Unidad: %
Abreviatura: **HR**

Tabla 1.24. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Humedad relativa, estaciones INIA.

COD	Nombre Estación	Registros diarios HRd	Periodo de tiempo del muestreo HR
INIA-1	Ollagüe INIA	552	2009-2014
INIA-2	Calama Rural INIA	1341	2009-2014
INIA-3	Chiu Chiu INIA	1354	2009-2014
INIA-4	Caspana INIA	547	2009-2014
INIA-5	San Pedro de Atacama INIA	1276	2009-2014
INIA-6	Toconao INIA	140	2014
INIA-7	Socaire INIA	140	2014

Folio006772

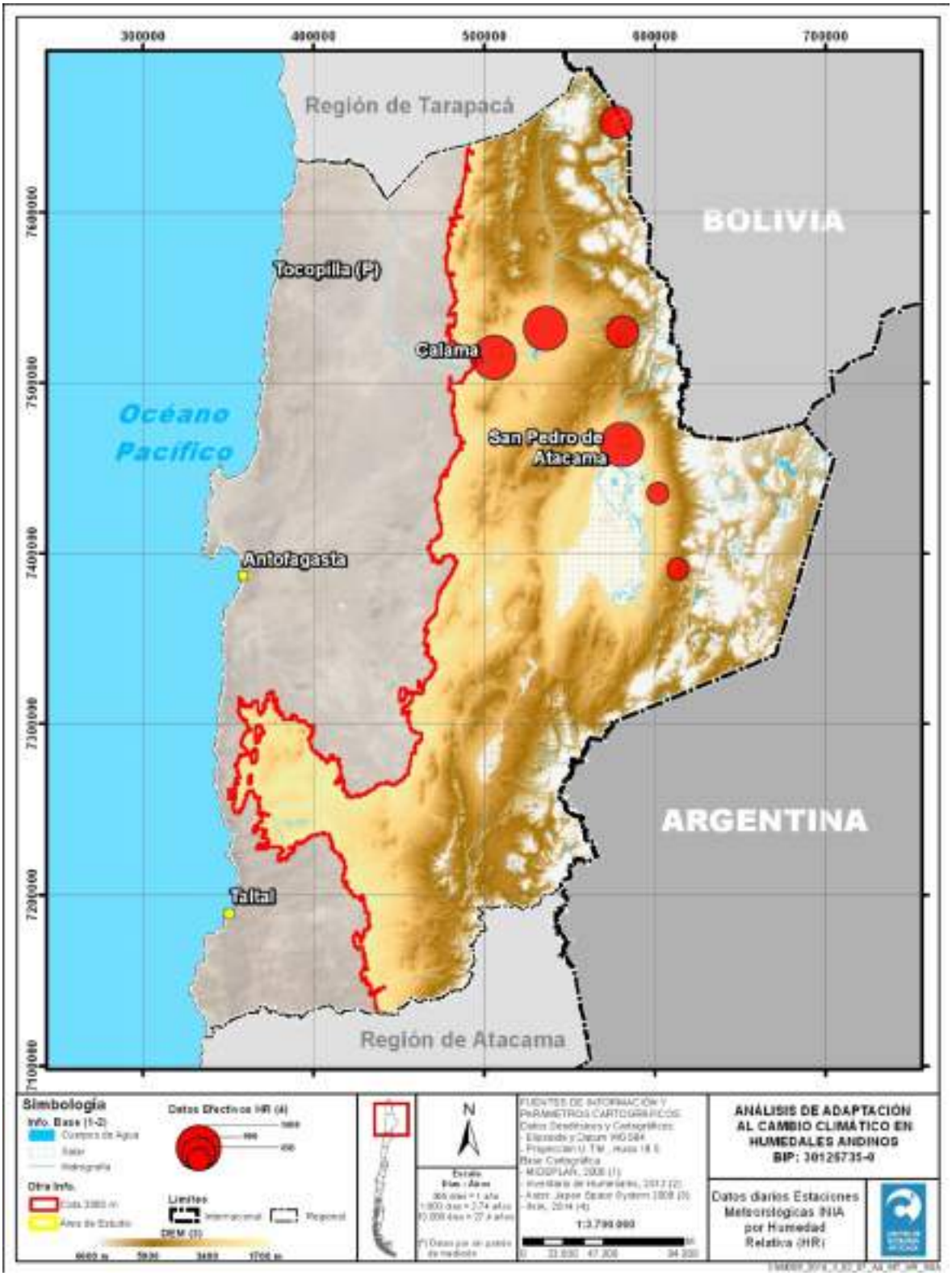


Figura 1.28. Distribución de los registros diarios por Humedad Relativa, estaciones INIA.

Folio006773

Variable: Precipitación Acumulada
Unidad: mm
Abreviatura: **PA**

Tabla 1.25. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Precipitación Acumulada, estaciones INIA.

COD	Nombre Estación	Registros diarios PAd	Periodo de tiempo del muestreo PAd
INIA-1	Ollagüe INIA	552	2009-2014
INIA-2	Calama Rural INIA	1341	2009-2014
INIA-3	Chiu Chiu INIA	1354	2009-2014
INIA-4	Caspana INIA	547	2009-2014
INIA-5	San Pedro de Atacama INIA	1275	2009-2014
INIA-6	Toconao INIA	140	2014
INIA-7	Socaire INIA	140	2014

Folio006774

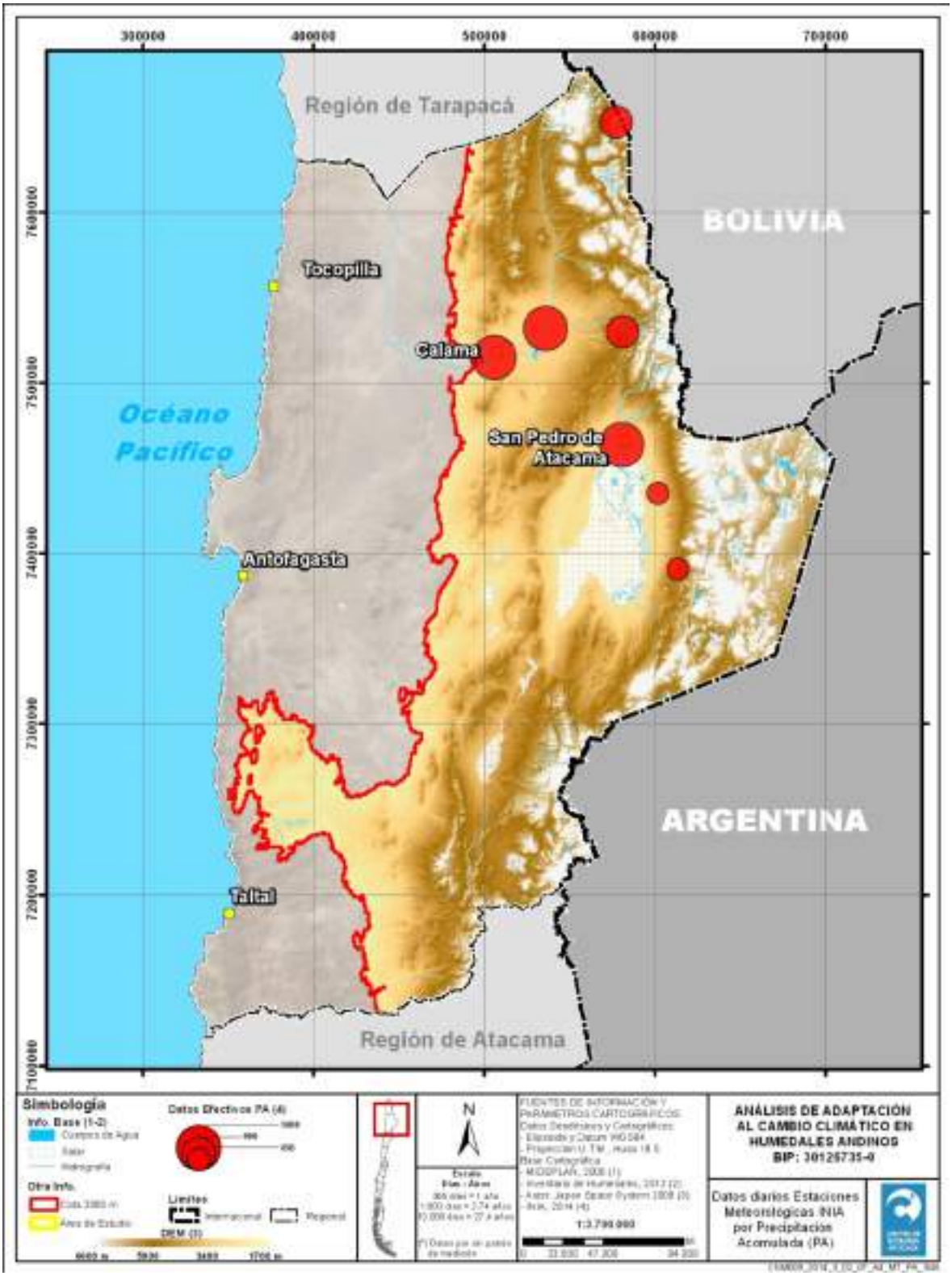


Figura 1.29. Distribución de los registros diarios por Precipitación Acumulada, estaciones INIA.

Folio006775

Variable: **Presión**
Unidad: mbar
Abreviatura: **P**

Tabla 1.26. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Presión atmosférica, estaciones INIA.

COD	Nombre Estación	REd Pd	Periodo de tiempo del muestreo P
INIA-1	Ollagüe INIA	552	2009-2014
INIA-2	Calama Rural INIA	1341	2009-2014
INIA-3	Chiu Chiu INIA	1354	2009-2014
INIA-4	Caspana INIA	547	2009-2014
INIA-5	San Pedro de Atacama INIA	1276	2009-2014
INIA-6	Toconao INIA	140	2014
INIA-7	Socaire INIA	140	2014

Folio006776

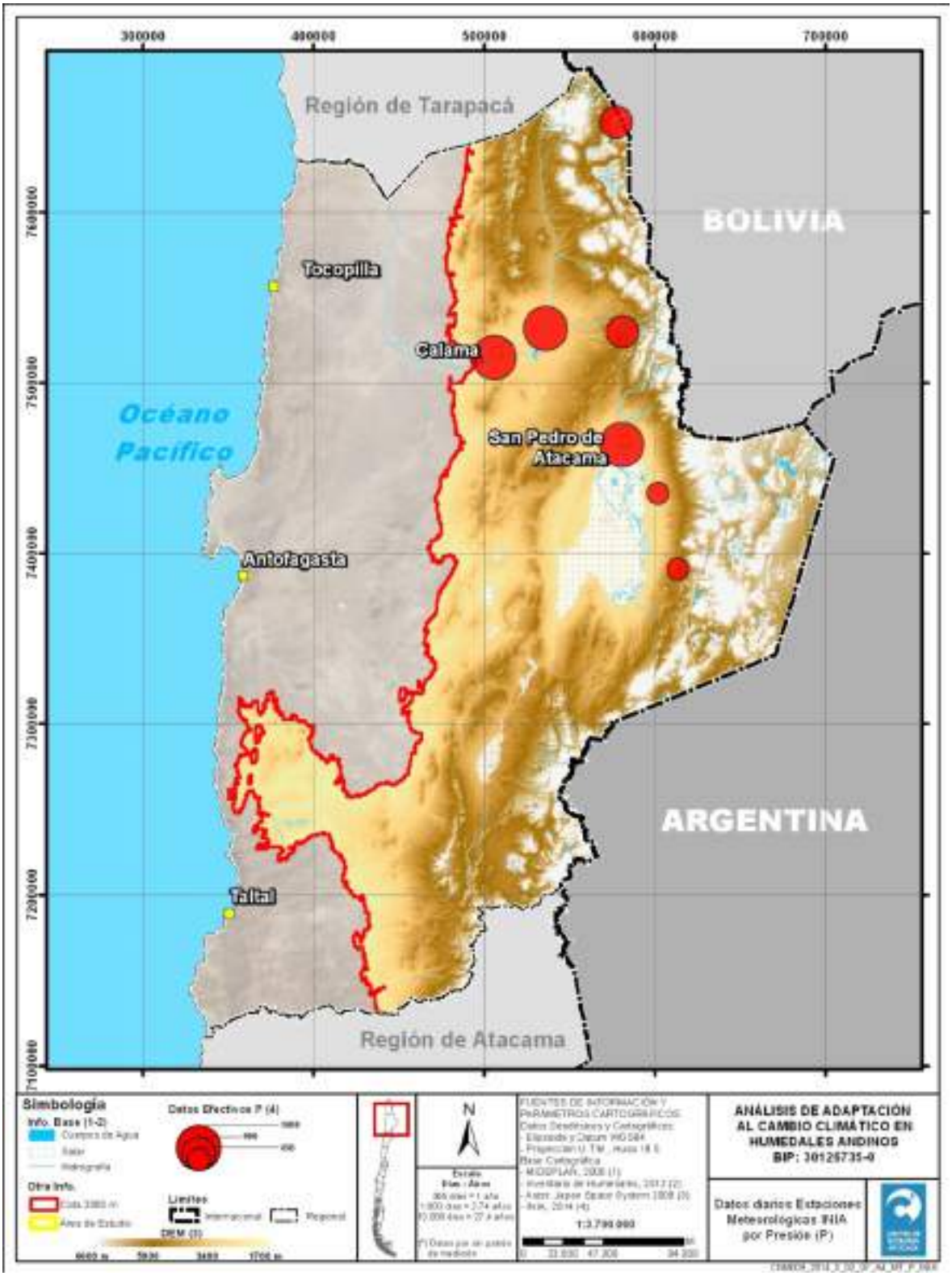


Figura 1.30. Distribución de los registros diarios por Presión atmosférica, estaciones INIA.

Folio006777

Variable: Radiación Solar
Unidad: W/m2
Abreviatura: **RS**

Tabla 1.27. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Radiación Solar, estaciones INIA.

COD	Nombre Estación	Registros diarios RSd	Periodo de tiempo del muestreo RS
INIA-1	Ollagüe INIA	140	2014
INIA-2	Calama Rural INIA	140	2014
INIA-3	Chiu Chiu INIA	140	2014
INIA-4	Caspana INIA	140	2014
INIA-5	San Pedro de Atacama INIA	140	2014
INIA-6	Toconao INIA	140	2014
INIA-7	Socaire INIA	140	2014

Folio006778

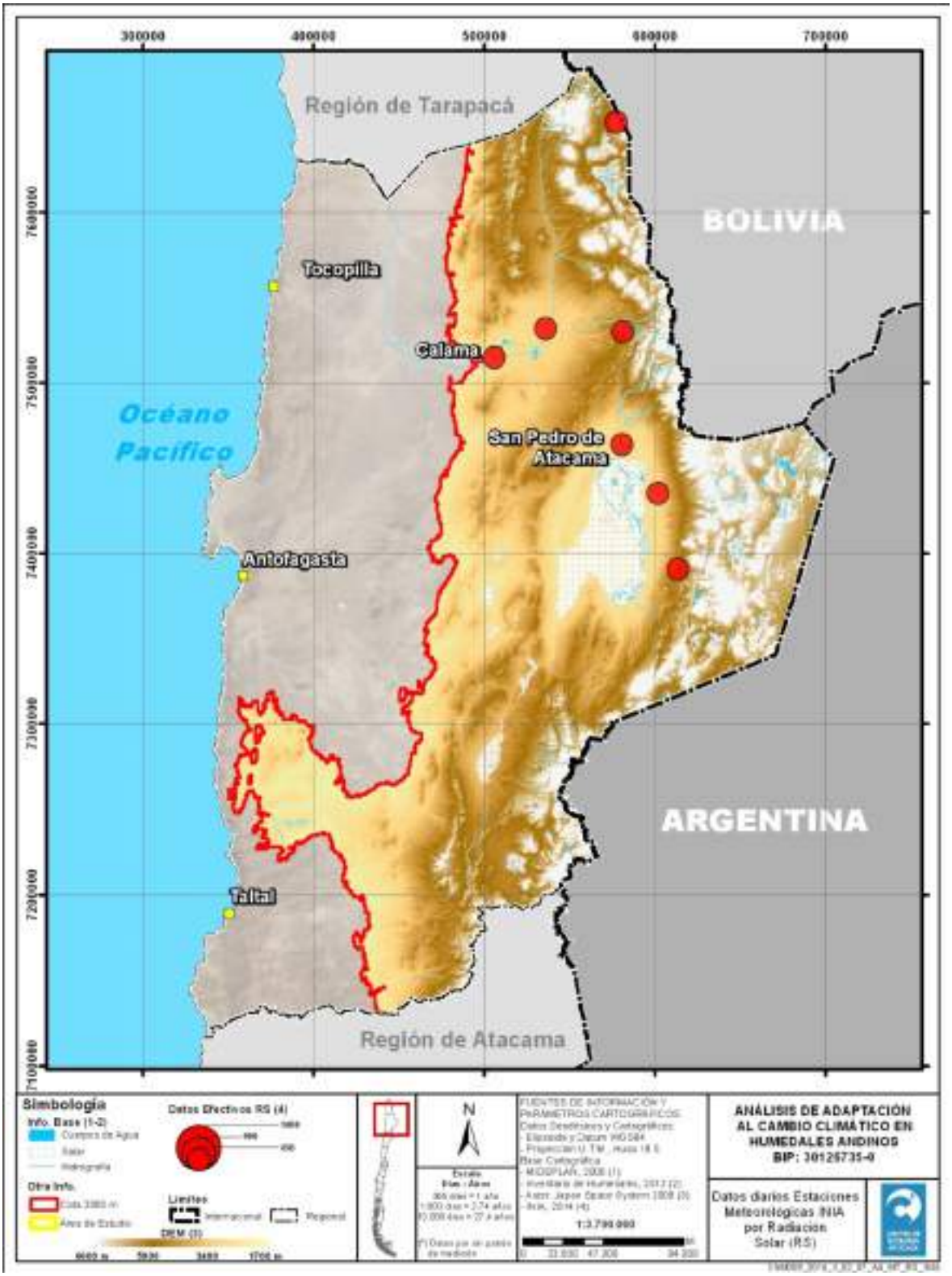


Figura 1.31. Distribución de los registros diarios por Radiación Solar, estaciones INIA.

Folio006779

Variable: Temperatura del Aire
Unidad: ºC
Abreviatura: **TA**

Tabla 1.28. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Temperatura del Aire, estaciones INIA.

COD	Nombre Estación	Registros diarios TAd	Periodo de tiempo del muestreo TA
INIA-1	Ollagüe INIA	140	2014
INIA-2	Calama Rural INIA	140	2014
INIA-3	Chiu Chiu INIA	140	2014
INIA-4	Caspana INIA	140	2014
INIA-5	San Pedro de Atacama INIA	140	2014
INIA-6	Toconao INIA	140	2014
INIA-7	Socaire INIA	140	2014

Folio006780

Figura 1.32. Distribución de los registros diarios por Temperatura del Aire, estaciones INIA.

Folio006781

Variable: Temperatura Superficial
Unidad: ºC
Abreviatura: **TS**

Tabla 1.29. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Temperatura Superficial, estaciones INIA.

COD	Nombre Estación	Registros diarios TSd	Periodo de tiempo del muestreo TS
INIA-1	Ollagüe INIA	140	2014
INIA-2	Calama Rural INIA	140	2014
INIA-3	Chiu Chiu INIA	140	2014
INIA-4	Caspana INIA	140	2014
INIA-5	San Pedro de Atacama INIA	140	2014
INIA-6	Toconao INIA	140	2014
INIA-7	Socaire INIA	50	2014

Folio006782

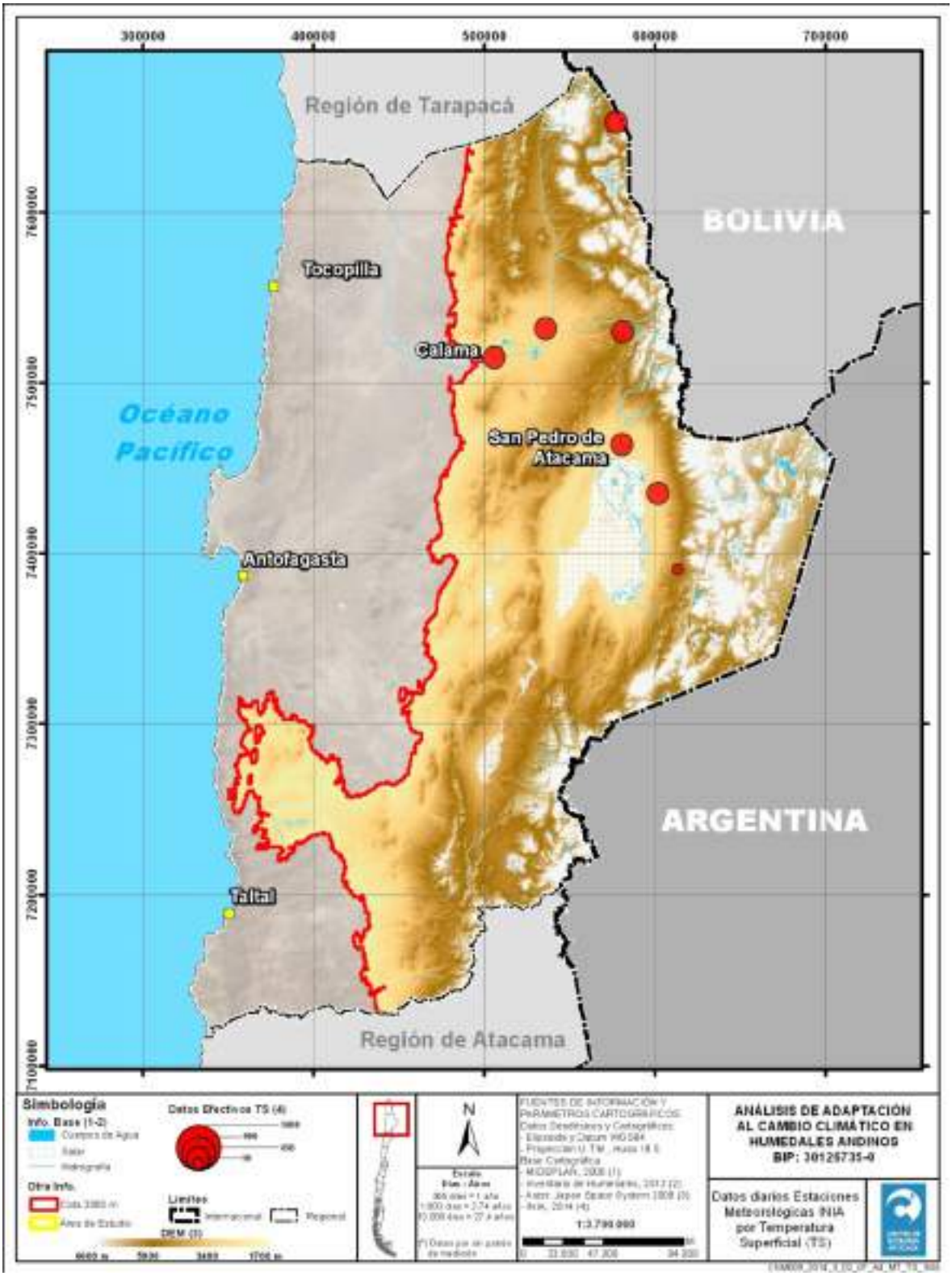


Figura 1.33. Distribución de los registros diarios por Temperatura Superficial, estaciones INIA.

Folio006783

Variable: Temperatura del Suelo a 10 cm.
Unidad: ºC
Abreviatura: **TSI**

Tabla 1.30. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Temperatura del Suelo a 10 cm, estaciones INIA.

COD	Nombre Estación	Registros diarios TSId	Periodo de tiempo del muestreo TSI
INIA-1	Ollagüe INIA	140	2014
INIA-2	Calama Rural INIA	140	2014
INIA-3	Chiu Chiu INIA	140	2014
INIA-4	Caspana INIA	0	2014
INIA-5	San Pedro de Atacama INIA	140	2014
INIA-6	Toconao INIA	140	2014
INIA-7	Socaire INIA	140	2014

Folio006784

Figura 1.34. Distribución de los registros diarios por Temperatura del Suelo a 10 cm, estaciones INIA.

Folio006785

Variable: Velocidad del Viento
Unidad: ºC
Abreviatura: **VV**

Tabla 1.31. Periodo de tiempo y cantidad de registros diarios por Velocidad del Viento, estaciones INIA.

COD	Nombre Estación	Registros diarios VVd	Periodo de tiempo del muestreo VV
INIA-1	Ollagüe INIA	140	2014
INIA-2	Calama Rural INIA	140	2014
INIA-3	Chiu Chiu INIA	140	2014
INIA-4	Caspana INIA	140	2014
INIA-5	San Pedro de Atacama INIA	140	2014
INIA-6	Toconao INIA	140	2014
INIA-7	Socaire INIA	140	2014

Folio006786

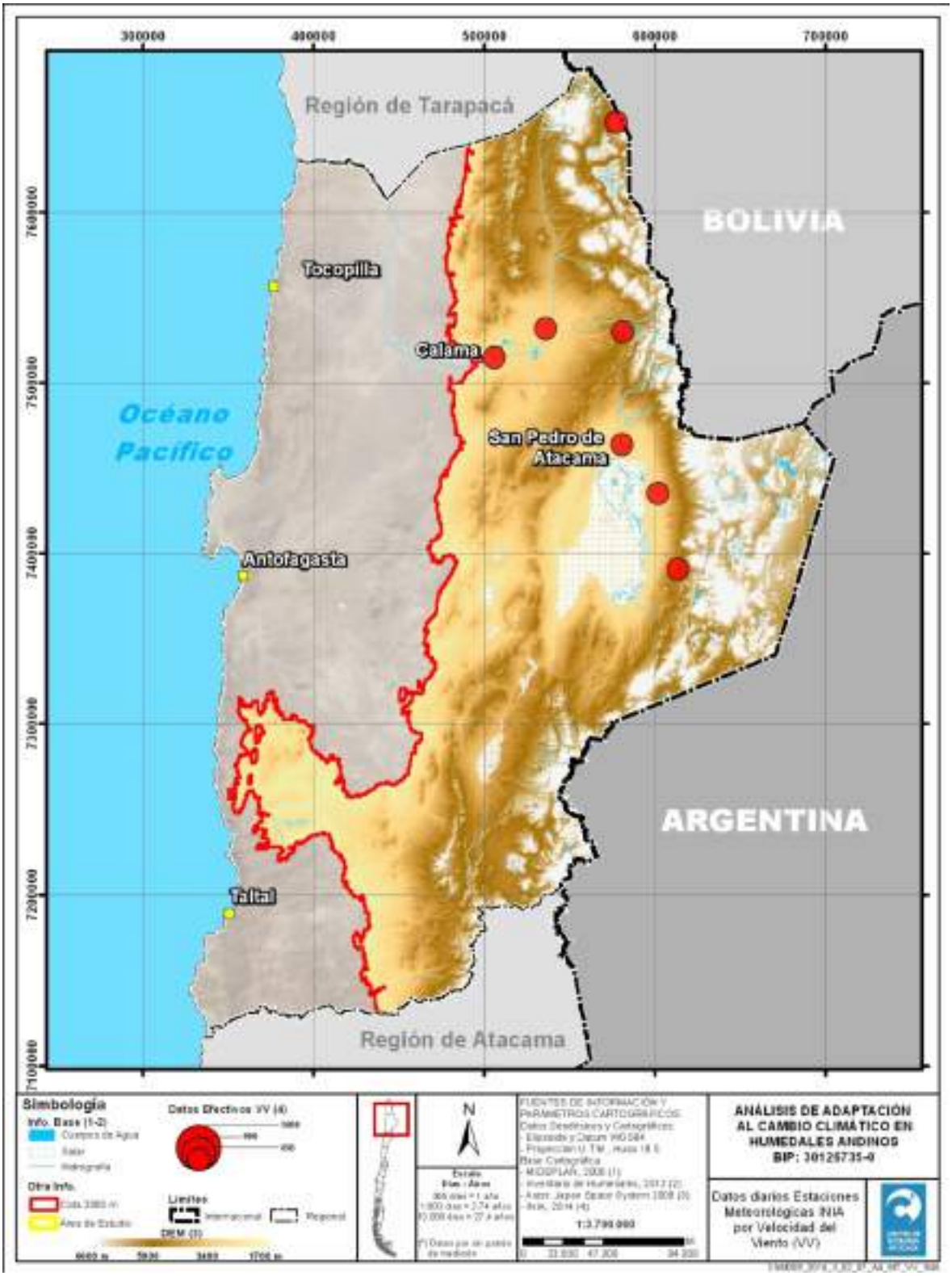


Figura 1.35. Distribución de los registros diarios por velocidad del Viento, estaciones INIA.

Folio006787

1.5 Proyectos Mineros

El catastro de información fue realizado mediante la revisión de la plataforma web del SEIA, considerando toda la información disponible hasta el mes de Octubre del año 2013. Como resultado de considerar todos los proyectos con clasificación Minera, y que se encuentren por sobre los 2.000 m.s.n.m., se identificaron 134 proyectos en el área de estudio. Considerando lo anterior, se realizó la descarga de toda la información relacionada a cada uno de los proyectos seleccionados. La información recopilada incluye todos los EIA, DIA y Adendas relacionadas. Cabe destacar que los titulares que presentan proyectos con clasificación Minera en la Región de Antofagasta, también cuentan con otros tipos de proyectos, los que pueden estar clasificados en: Inmobiliarios, de Energía, Equipamiento, Instalaciones febriles varias, Saneamiento y Otros. Estos otros tipos de proyectos no son de interés para el estudio, ya que a ellos no es posible atribuirles una incidencia o afectación directa a los cuerpos de agua y acuífero del área de estudio.

En cuanto a la ubicación de 134 proyectos mineros considerados, ellos se concentran en tres sectores principales:

1. Sector Sur de la Región, aledaño a la Minera Escondida.
2. Sector Precordillerano, ubicado al Oeste del Salar de Atacama, entre los 2.000 y 2.700 m.s.n.m.
3. Sector Norte de la Región, cercano a la ciudad de Calama.

Los titulares con mayor cantidad de proyectos en la zona, correspondieron a: CODELCO Chile, Minera Escondida Limitada, Minera El Abra, Compañía Minera Zaldívar, Antofagasta Minerals, Ecometales Limited (Agencia en Chile), Minera El Tesoro, SQM Salar S.A, Guanaco Compañía Minera Limitada, Minera Cerro Dominador S.A y Minera Esperanza. El número de proyectos mineros revisados por cada titular se muestra en la Tabla 1.32, señalando el número de proyecto mineros con que cuentan en la zona de estudio (sobre los 2.000 m.s.n.m.) y el total de proyectos que poseen en la Región de Antofagasta.

El completo detalle de proyectos es entregado en la base de datos de la carpeta “Proyecto Mineros” del Anexo B (Digital). En la base de datos se incluye para la totalidad de los proyectos mineros por sobre los 2.000 m.s.n.m., los datos de su ubicación en coordenadas UTM, Nº RCA, fecha de calificación y su ID correspondiente.

Folio006788

Tabla 1.32. Ranking de Nº de proyectos según Titular y clasificación.

Titular	Nº de Proyectos Mineros sobre 2.000 m.s.n.m.	Nº de Proyectos otras actividades o bajo 2.000 m.s.n.m.	Nº de Proyectos Totales
CODELCO	**41**	52	93
MINERA ESCONDIDA LIMITADA	**18**	38	56
MINERA EL ABRA	**7**	5	12
COMPAÑÍA MINERA ZALDIVAR	**6**	3	9
SQM SALAR S.A	**5**	39	44
ANTOFAGASTA MINERALS S.A	**5**	0	5
ECOMETALES LIMITED AGENCIA EN CHILE	**5**	4	9
MINERA EL TESORO	**5**	8	13
GUANACO COMPAÑÍA MINERA LIMITADA	**4**	1	5
MINERA CERRO DOMINADOR S.A	**4**	10	14
MINERA ESPERANZA	**4**	4	8
MINERA CYPRUS AMAX CHILE LTDA.	**2**	-	2
ROCKWOOD LITIO LIMITADA	**2**	5	7
MINERA SANTA FÉ	**1**	-	1
COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	**1**	-	1
COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA ENCUENTRO	**1**	-	1
JUAN ANTONIO IRIBARREN DIAZ	**1**	-	1
MINERA PEREGRINE LIMITADA	**1**	-	1
MINERA ANTARES S.A	**1**	-	1
INVERSIONES NORTH (CHILE) LTDA	**1**	-	1
MINERA CARACOLES	**1**	-	1
SULFATOS DEL NORTE S.A	**1**	-	1
EXPLOTADORA MINERA DEL CERRO S.A	**1**	1	2
MINERA NITTETSU CHILE LIMITADA	**1**	-	1
HECTOR RENE ROJAS BLAMEY	**1**	-	1
MINERA QUIMAL S.A	**1**	-	1
AMAX GOLD DE CHILE LTDA	**1**	-	1
MORTEROS Y ÁRIDOS DRY MIX LTDA.	**1**	1	2
ROBOLISTIC LIMITADA	**1**	-	1
SOCIEDAD DE EXPLORACIÓN Y DESARROLLO MINERO "EXPLODESA"	**1**	-	1
COMPAÑÍA MINERA AMAX GUANACO	**1**	-	1
SOL RESOURCES INCORPORATED	**1**	-	1
BCJ SERVICIOS MINEROS	**1**	-	1
STANDARD UNO S.A	**1**	-	1
XTRATA LOMAS BAYA	**1**	8	9

Folio006789

Titular	Nº de Proyectos Mineros sobre 2.000 m.s.n.m.	Nº de Proyectos otras actividades o bajo 2.000 m.s.n.m.	Nº de Proyectos Totales
WMC Chile S.A.	**1**	1	2
CYPRUS CHILE LTDA.	**1**	-	1
MINERA INMET CHILE S.A	**1**	-	1
MINERA ESTRELLA DE ORO LTDA	**1**	-	1
Total general	**134**	180	314

Folio006790

Figura 1.36. Distribución de los proyectos mineros en la zona de estudio.

Folio006791

1.6 Catastro de Derechos de Agua

Con el objetivo de conocer las demandas hídricas en la zona de estudio, se solicitó toda la información disponible a la Dirección General de Aguas (DGA), a través de la Ley de Transparencia. El detalle de la información solicitada es: derechos de agua otorgados, superficiales y subterráneos, consuntivos y no consuntivos, incluyéndose el detalle de sus caudales y sus coordenadas de extracción. Esta solicitud fue efectuada mediante la definición de un área de consulta, la cual queda definida por los vértices del polígono mostrado en la Tabla 1.33. Junto con la información de derechos antes descrita, se realizó la solicitud de información a la DGA, sobre los pagos de patentes por el concepto de no uso de las aguas otorgadas. Las patentes consideradas son las establecidas para el período 2013-2014.

Tabla 1.33. Vértices del polígono considerado para la consulta de los derechos de aguas en la Región en estudio.

Vértice	Este (m)	Norte (m)
1	581.737,52	7.120.841,88
2	717.268,73	7.295.108,86
3	333.979,31	7.213.770,59
4	456.050,17	7.324.187,59
5	627.018,62	7.693.301,25
6	627.018,62	7.485.876,46
7	457.485,19	7.693.301,25
8	333.979,37	7.323.930,59
9	408.998,51	7.213.770,59
10	408.998,51	7.120.841,88
11	717.317,55	7.485.876,46
12	581.737,53	7.295.108,86

(Coordenadas referenciadas a Datum WGS-84, Huso 19 Sur)

Una vez reunida la documentación solicitada, se revisaron los caudales por cada derecho identificado, verificando el Datum de las coordenadas entregadas. La información fue proyectada en la plataforma ArcGIS, de forma de establecer un filtro geográfico para la condición de encontrarse a una altura igual o superior a los 2.000 m.s.n.m. Posteriormente, la información es contrastada con la información de patentes de no aprovechamiento de agua antes indicada, lo que permite identificar el estado de cada derecho. Así, se establecen tres estados posibles del derecho:

- ***Operativo:*** Corresponde a los derechos de aprovechamiento de agua que no están afectos al pago de patentes. Ellos se encuentran plenamente operativos y utilizando la totalidad del caudal de agua otorgado.
- ***Inactivo:*** Corresponde a los derechos de aprovechamiento de agua que están afectos al pago de patente por el no uso del total del caudal otorgado.
- ***Parcialmente operativo:*** Corresponde a los derechos de aprovechamiento de agua que están afectos al pago de patente de no aprovechamiento de agua, pero por una parte o fracción del caudal total otorgado en el derecho.

Folio006792

Debido a que los registros de pago de patente, se encuentran principalmente asociados a los titulares y con una vaga referencia a él o los derechos involucrados, en los casos de derechos parcialmente operativos no es posible realizar una asociación directa y exacta de la patente. Esto es que, las resoluciones presentadas en la lista de pago de patentes no detallan la cantidad de caudal asociado a cada derecho en particular, imposibilitando una directa asignación.

1.6.1 Derechos de agua Superficiales

El resultado de la revisión oficial permitió determinar que, para el caso de los derechos superficiales, existen 148 derechos en la zona por sobre los 2.000 m.s.n.m. De estos derechos, solamente los titulares identificados como Sendos y Minera Escondida, presentaron patentes de no aprovechamiento para el período 2013 -2014. Las patentes están asociadas a caudales de 800 (l/s) y 132 (l/s) según las resoluciones DGA Nº214 del 13/06/1986 y Nº 76 del 15/03/1992, respectivamente.

Dentro de la revisión de la información, se hizo énfasis en aquellos registros que presentaban alguna observación o evidenciaban algún error en el ingreso de los datos en la base de datos, corroborando sus coordenadas y caudal a partir de la revisión del expediente o resolución de origen del derecho.

Cabe destacar que, la revisión se efectuó en primera instancia solamente para aquellos casos en que existía una duda sobre la información, y que tras su corrección no representaron una modificación sustancial de la información oficial entregada. El resultado de este proceso de revisión es entregado en los anexos del informe (Derechos de Agua en Anexo B). Como resumen, se presenta un ranking con los treinta titulares con mayor caudal otorgado en la zona de estudio, indicándose también el caudal total patentado, si este existiese. En la Figura 1.37 se muestra la distribución general de los derechos de agua en la zona de estudio.

Folio006793

Tabla 1.34. Ranking de titulares según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos de agua superficiales y situación patentada. (Información oficial DGA)

Ranking de caudales oficiales según caudal otorgado y patentado				
Ranking	**Titular**	**Caudal Inactivo (Total Patentado)**	**Caudal Operativo**	**Total Caudal Otorgado**
1	Sendos	800,0	1511,37	**2311,37**
2	C. Atac. R. Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	0,0	1157,00	**1157,00**
3	Comunidad Atacameña de Toconao	0,0	330,00	**330,00**
4	Ferrocarril Antofagasta a Bolivia	0,0	294,38	**294,38**
5	As. Atacameña de Regantes y Agric., Río Vilama	0,0	221,00	**221,00**
6	Juan Trecaman Trecaman	0,0	201,70	**201,70**
7	Comunidad Atacameña de Talabre	0,0	181,30	**181,30**
8	Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	0,0	164,70	**164,70**
9	Comunidad Atacameña de Socaire	0,0	155,33	**155,33**
10	Minera Escondida Limitada	132,5	0,00	**132,50**
11	As. Atacameña de Regantes y Agric., Aguas Blancas	0,0	110,00	**110,00**
12	Comunidad Atacameña de Toconce	0,0	100,00	**100,00**
13	Prelatura de Calama	0,0	85,00	**85,00**
14	Comunidad Atacameña de Peine	0,0	65,60	**65,60**
15	Agricultores Pueblo de Caspana	0,0	65,00	**65,00**
16	As. Atacameña de Regantes y Agric. Toconao	0,0	60,00	**60,00**
17	Lucila Menanteau	0,0	45,00	**45,00**
18	Comunidad Atacameña de Caspana	0,0	42,60	**42,60**
19	Codelco	0,0	41,00	**41,00**
20	Benjamín Gómez Mamani	0,0	30,00	**30,00**
21	Comunidad Quechua de Ollagüe	0,0	29,00	**29,00**
22	Comunidad Atacameña de Camar	0,0	26,60	**26,60**
23	Usuarios y Agric., Valle de Zapar	0,0	20,00	**20,00**
24	Explora S.A.	0,0	18,00	**18,00**
25	María Amunategui Spacek	0,0	17,00	**17,00**
26	Comunidad Atacameña de Cupo	0,0	17,00	**17,00**
27	Comunidad Atacameña de Machuca	0,0	13,80	**13,80**
28	As. Atacameña de Regantes y Agric., de Soncor	0,0	12,30	**12,30**
29	Agricultores de Toconao	0,0	10,00	**10,00**
30	Matías Villada Palacios	0,0	10,00	**10,00**

Folio006794

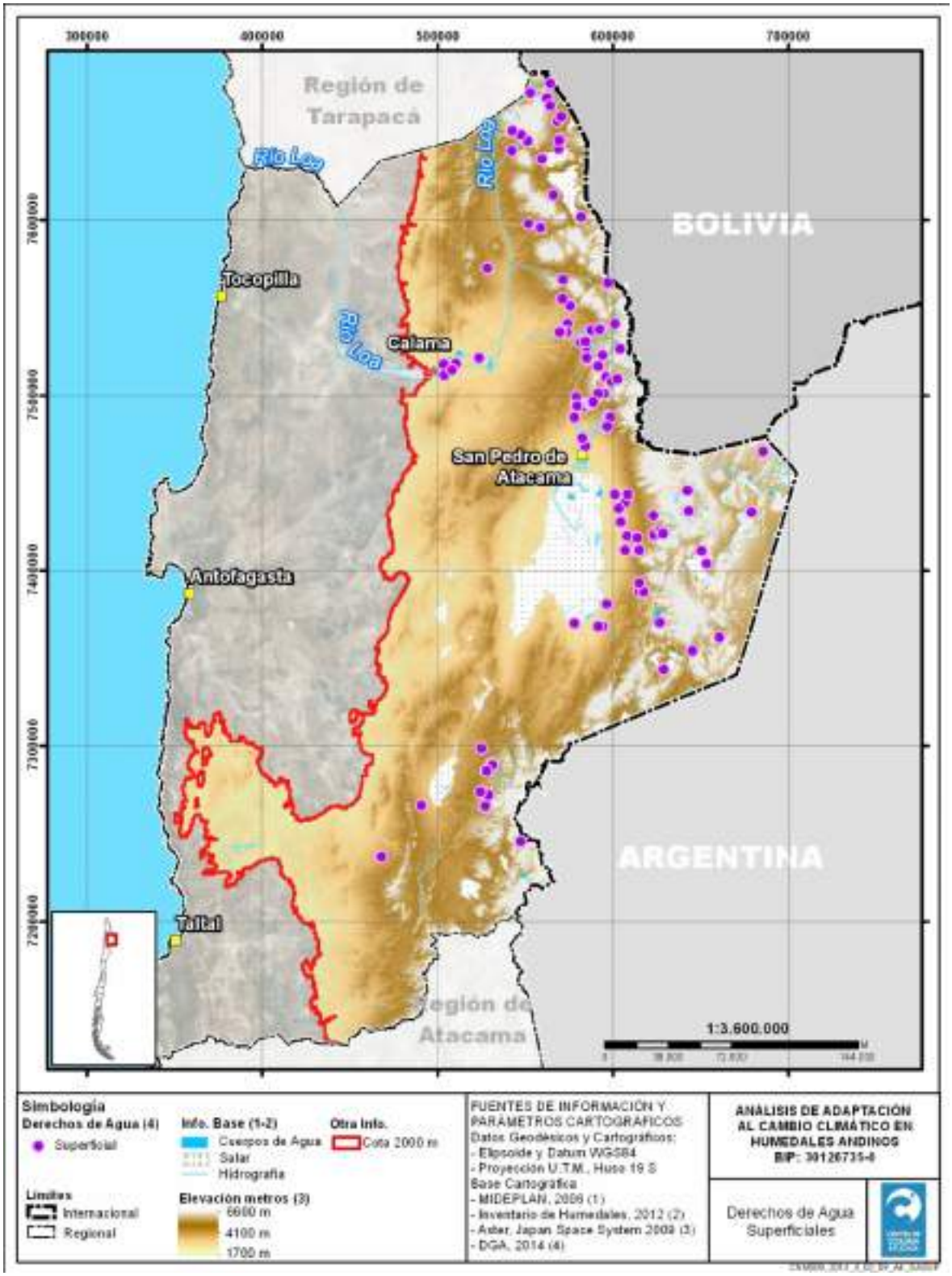


Figura 1.37. Distribución espacial de los derechos de agua superficiales en el área de estudio (sobre los 2.000 m.s.n.m.).

Posteriormente, una verificación de mayor profundidad fue realizada para cada derecho. Para ello, se realizó una revisión de los caudales, las coordenadas y la peticionaria del derecho, creándose un registro de seguimiento histórico de cada derecho. Con ello, fue posible conocer la historia de modificaciones y cambios de los derechos, a través de cada uno de los documentos oficiales (expediente, resoluciones, etc.). La metodología de revisión fue la siguiente:

1. Descarga y revisión de expedientes y resoluciones asociadas al derecho.
2. Asociación geográfica de los derechos por expediente y resolución.
3. Verificación de los caudales otorgados, coordenadas, solicitantes, tipo de derecho, número de resolución, expedientes y observaciones, de los derechos seleccionados.
4. Seguimiento de aquellos derechos que presentaban en el campo observación, un expediente de cambio de captación o traslado del ejercicio de los derechos de aprovechamiento (siglas VPC o VT, según Manual de normas y procedimientos para la administración de recursos hídricos, DGA, 2008).
5. Revisión de expedientes de cambio de captación o traslado del ejercicio de los derechos de aprovechamiento, con tal de registrar y corroborar el historial de los derechos asociados.
6. Modificación y creación de nuevos registros a partir de las diferencias encontradas en los expedientes y resoluciones revisadas.
7. Proyección geográfica de los derechos corroborados y patentados.

La corroboración de la información recopilada, arrojó discrepancias en 50 de los registros de la tabla de derechos de agua superficiales original, equivalente a un caudal de 642,74 (l/s). Además, con la documentación de las modificaciones y revisiones online, el número de registros de derechos aumentó de 149 a 150, tras evidenciar que uno de los registros de derecho estaba constituido por tres titulares. Cabe destacar que 16 registros de la tabla original fueron objetados del estado de revisión, ya que 6 de estos, no cuentan con coordenadas y expedientes, y los restantes 10, carecen de expedientes o resoluciones que den claridad del total de caudal otorgado y la distribución de los mismos. Del mismo modo se menciona que dos de los diez registros superficiales en cuestión, cuenta con información resolutiva que establece la anulación del derechos constituido, para mayor detalle de las discrepancias encontradas, se presenta en la Tabla 1.35 una sisntesis de las diferencias de caudales encontradas en la revisión de expedientes y resoluciones. Además en el Anexo B, sección de monitoreos públicos/derechos de agua, se adjunta la base de derechos de agua constituidos con su devida descripción de revisión.

Cabe destacar que, la corroboración de la información es de importancia para la modelación numérica del proyecto, debido a cada uno de los derechos de aguas corresponden a un dato de ingreso para el modelo numérico. Así, ellos corresponderán a condiciones de borde (puntuales) del sistema a modelar. Por ello, la información completa es entregada en el Anexo B de este informe.

Folio006796

Tabla 1.35. Derechos de agua superficiales nuevos (*destacados en gris*) o que presentan discrepancias de información según la revisión de expedientes y resoluciones.

Derechos Superficiales con Variación en sus caudales									
ID	**Resolución Original**	**Resolución Corroborada**	**Expediente Original**	**Expediente Corroborado**	**Caudal Otorgado**	**Caudal Corroborado (Expedientes/ Resoluciones)**	**Diferencias de Caudal (l/s)**	**Titular**	**Observación**
28	Sentencia 07/06/1991	Sentencia 07/06/1992	NR-0202-325	NR-0202-325	65,00	21,67	43,34	Agricultores Pueblo de Caspana	Según resolución, el derecho está constituido por tres captaciones, las cuales en sumatoria extraen un total de 65 l/s. Se crean dos registros con las coordenadas y caudales asociados a la resolución.
28ª	Sentencia	07/06/1991	-	NR-0202-325	0,00	21,67	-21,67	Agricultores Pueblo de Caspana	Coordenadas Obtenidas a partir de la solicitud de regularización de los derechos_ Según la Sentencia Rol Nº23205 del 21/04/1991, se aprueban los derechos en las tres quebradas. (No se mencionan coordenadas, ni porcentaje de caudal de utilización en cada quebrada. Solo se menciona un total de 65 l/s)
28b	Sentencia	07/06/1991	-	NR-0202-325	0,00	21,67	-21,67	Agricultores Pueblo de Caspana	Coordenadas Obtenidas a partir de la solicitud de regularización de los derechos_ Según la Sentencia Rol Nº23205 del 21/04/1991, se aprueban los derechos en las tres quebradas. (No se mencionan coordenadas, ni porcentaje de caudal de utilización en cada quebrada. Solo se menciona un total de 65 l/s)

Folio006797

Derechos Superficiales con Variación en sus caudales									
ID	**Resolución Original**	**Resolución Corroborada**	**Expediente Original**	**Expediente Corroborado**	**Caudal Otorgado**	**Caudal Corroborado (Expedientes/ Resoluciones)**	**Diferencias de Caudal (l/s)**	**Titular**	**Observación**
53	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1375	NR-0202-1375	1,00	5,00	-4,00	Comunidad Quechua de Ollagüe	Cambio Coordenada Este, Sentencia Rol 4059-96 del 13/01/2004 y Caudal según Inscripción Nº2671 Pagina 117 Expediente
54	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1375	NR-0202-1375	3,00	5,00	-2,00	Comunidad Quechua de Ollagüe	Según Inscripción Nº2671 Pagina 117 Expediente
83	Sentencia 16/01/2003	16/01/2003	NR-0202-1382	NR-0202-1382	30,00	35,00	-5,00	Comunidad Atacameña de Toconce	Según Inscripción Nº2653 Pagina 110 Expediente
85	Sentencia 16/01/2003	16/01/2003	NR-0202-1382	NR-0202-1382	25,00	30,00	-5,00	Comunidad Atacameña de Toconce	Según Inscripción Nº2653 Pagina 110 Expediente
86	Sentencia 16/01/2003	16/01/2003	NR-0202-1382	NR-0202-1382	35,00	25,00	10,00	Comunidad Atacameña de Toconce	Según Inscripción Nº2653 Pagina 110 Expediente
110	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	5,63	-5,63	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	San Isidro 4,5% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
111	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	19,88	-19,88	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Pingo Pingo 15,9% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
112	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	8,13	-8,13	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Tolanche 6,5% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
113	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	6,88	-6,88	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	El Túnel 5,5% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392

Folio006798

Derechos Superficiales con Variación en sus caudales									
ID	**Resolución Original**	**Resolución Corroborada**	**Expediente Original**	**Expediente Corroborado**	**Caudal Otorgado**	**Caudal Corroborado (Expedientes/ Resoluciones)**	**Diferencias de Caudal (l/s)**	**Titular**	**Observación**
114	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	4,88	-4,88	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Santa Cruz 3,9% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
115	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	12,38	-12,38	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Pie Cuesta 9,9% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
116	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	11,13	-11,13	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	El Pueblo 8,9% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
117	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	8,38	-8,38	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Chumaría 6,7% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
118	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	11,88	-11,88	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Caracoles 9,5% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
119	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	3,00	-3,00	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Alfa grande 2,4% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
120	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	8,00	-8,00	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Algarrobo 6,4% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
121	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	8,13	-8,13	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Tinte 6,5% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
122	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	4,50	-4,50	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	El Salitre 3,6% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392

Derechos Superficiales con Variación en sus caudales									
ID	**Resolución Original**	**Resolución Corroborada**	**Expediente Original**	**Expediente Corroborado**	**Caudal Otorgado**	**Caudal Corroborado (Expedientes/ Resoluciones)**	**Diferencias de Caudal (l/s)**	**Titular**	**Observación**
123	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	1,88	-1,88	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Tao Tao 1% de 125l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392 (Definido por el resto de la sumatoria de los porcentajes)
124	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	2,62	-2,62	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Canal Lican (15,4% de 17l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392 (Queda Sin Efecto Bocatoma Canal Matancilla 53,8%)
125	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	5,24	-5,24	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Canal Jones (30,8% de 17l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392 (Queda Sin Efecto Bocatoma Canal Matancilla 53,8%)
127	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	1,39	-1,39	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Junta Los Ríos (1,4% de 99l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
128	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	22,57	-22,57	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	San Pablo (22,8% de 99l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
129	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	48,11	-48,11	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	Juntas (48,6% de 99l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392
130	Sentencia 01/06/1999	Sentencia 01/06/1999	NR-0202-1392	NR-0202-1392	0,00	26,93	-26,93	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	San Juan (27,2% de 99l/s_ Según Informe técnico Abril 1997, página 138 Expediente NR-0202-1392

Derechos Superficiales con Variación en sus caudales									
ID	**Resolución Original**	**Resolución Corroborada**	**Expediente Original**	**Expediente Corroborado**	**Caudal Otorgado**	**Caudal Corroborado (Expedientes/ Resoluciones)**	**Diferencias de Caudal (l/s)**	**Titular**	**Observación**
138	Sentencia 29/12/1999	Sentencia 29/12/1999	NR-0202-1494	NR-0202-1494	30,00	14,00	16,00	Benjamín Gómez Mamani	Según el expediente revisado, el derecho está constituido por tres titulares, a los cuales les corresponden 5, 5 y 4 l/s del caudal otorgado en el sector (30 l/s).
159	Sentencia 09/03/2009	Sentencia 09/03/2009	NR-0202-2139	NR-0202-2139		0,33	-0,33	Comunidad Atacameña de Socaire	Sentencia Rol Nº7111 (pág. 59-65) Expediente
160	Sentencia 09/03/2009	Sentencia 09/03/2009	NR-0202-2139	NR-0202-2139		10,00	-10,00	Comunidad Atacameña de Socaire	Sentencia Rol Nº7111 (pág. 59-65) Expediente
161	Sentencia 09/03/2009	Sentencia 09/03/2009	NR-0202-2139	NR-0202-2139		10,00	-10,00	Comunidad Atacameña de Socaire	Sentencia Rol Nº7111 (pág. 59-65) Expediente
176	Sentencia 02/02/2011	Sentencia 02/02/2011	NR-0202-5042	NR-0202-5042	2,50	0,00	2,50	Comunidad Atacameña de Caspana	Desde el informe técnico de fecha 26/01/2001 (pág. 18-22), se concluye que este derecho no está regularizado por inconsistencia en su documentación.
300	165	09/09/1996	-	VT-0202-1327	0,00	27,33	-27,33	EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE ANTOFAGASTA S.A.	Derecho Obtenido desde plataforma Web de la DGA_ Página 166-165 del Expediente.
301	164	09/09/1996	-	VT-0202-1328	0,00	14,80	-14,80	EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE ANTOFAGASTA S.A.	Derecho Obtenido desde plataforma Web de la DGA_ Página 96-97 del Expediente.
302	681	22/12/1998	-	VT-0202-1591	0,00	10,47	-10,47	MASTERS DEVELOPMENT MIDEASTERN CHILE SOCIEDAD ANONIMA	Derecho Obtenido desde plataforma Web de la DGA_ Página 16-17 del Expediente.

Derechos Superficiales con Variación en sus caudales									
ID	**Resolución Original**	**Resolución Corroborada**	**Expediente Original**	**Expediente Corroborado**	**Caudal Otorgado**	**Caudal Corroborado (Expedientes/ Resoluciones)**	**Diferencias de Caudal (l/s)**	**Titular**	**Observación**
303	Sentencia	18/04/2007	-	NR-0202-1980	0,00	5,70	-5,70	Sotero Armella Mamani	Sentencia Rol Nº7647 del 26/08/2005, pág. 12-18.
304	24	11/03/1997	-	VT-0202-844	0,00	9,06	-9,06	SOC.INMOBILIARIA Y DE INVERSIONES EL CORREGIDOR SA	Derecho Obtenido desde plataforma Web de la DGA_ Página 108-107 del Expediente.
305	169	08/05/1985	-	M-2-75	0,00	2,00	-2,00	Minera Escondida Limitada	Derecho Obtenido desde plataforma Web de la DGA_ Res Nº 169 del 08/05/1985, y de la interpretación del Informe técnico del 16/06/1989_ Expediente ND-0203-143 (pág.112-113)
306	169	08/05/1985	-	M-2-75	0,00	1,00	-1,00	Minera Escondida Limitada	Derecho Obtenido desde plataforma Web de la DGA_ Res Nº 169 del 08/05/1985, y de la interpretación del Informe técnico del 16/06/1989_ Expediente ND-0203-143 (pág.112-113)
307	169	08/05/1985	-	M-2-75	0,00	2,00	-2,00	Minera Escondida Limitada	Derecho Obtenido desde plataforma Web de la DGA_ Res Nº 169 del 08/05/1985, y de la interpretación del Informe técnico del 16/06/1989_ Expediente ND-0203-143 (pág.112-113)

.

1.6.2 Derechos de agua Subterránea

Al igual que en la sección anterior, el análisis de la información oficial adquirida (transparencia DGA) permitió identificar 394 derechos de agua subterránea ubicados en el área de estudio (sobre los 2.000 m.s.n.m.). Comparándolos con la información del pago de patentes, el 58% de ellos presenta una condición de derecho operativo, 20% derechos parcialmente activos (sujetos a pago por una parte del caudal otorgado), y un 18% en condición de inactividad. El 4% restante corresponde a derechos que se logró corroborar en caudal otorgado con el caudal patentado, situación dada, ya que el pago de patente correspondiente a la resolución Nº 169 del 03/05/1985 perteneciente a Minera Escondida (87 l/s), supera a la sumatoria (63 l/s) de los derechos constituidos para aquella resolución en la información adquirida vía Ley de Transparencia. Cabe señalar que este último punto afecta principalmente a los derechos con una condición de parcialmente operativo.

A partir de la información oficial se entrega el resumen de la Tabla 1.36, en donde se muestra un ranking de los titulares según el caudal total otorgado, además del caudal total patentado. La información completa y con mayor detalle es entregada en el Anexo B.

Tabla 1.36. Ranking de titulares según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos Subterráneos y situación patentada.

Nº Ranking	Titular	Caudal Inactivo Patentado (m3)	Caudal Operativo (m3)	Caudal Total Otorgado (m3)
1	Codelco	1751,00	3470,00	5221,00
2	Minera Escondida Limitada	324,20	3240,29	3564,49
3	Exploraciones Mundo S.A	1022,00	5,00	1027,00
4	Sociedad Contractual Minera El Abra	465,00	109,00	574,00
5	Minera Leonor	300,00	229,00	529,00
6	Minera Zaldívar	73,00	446,15	519,15
7	Minera Spence S.A.	450,00	0,00	450,00
8	Aguas Amarilla Ltda	352,00	0,00	352,00
9	Aguas de La Sierra	319,00	20,00	339,00
10	SQM Salar S.A.	0	242,00	242,00
11	Exploraciones San Pedro	150,00	0,00	150,00
12	Cía. Minera Quebrada Blanca	120,30	0,00	120,30
13	COMPAÑIA MINERA PICACHO	0	75,80	75,80
14	SANTIAGO DEL RIO GRANDE S.A.C.	0	61,00	61,00
15	Fisco-Ejército de Chile	0	60,00	60,00
16	Comunidades Atacameñas	0	45,00	45,00
17	Comité APR San Pedro de Atacama	0	40,00	40,00
18	Obras Públicas	0	40,00	40,00
19	Xstrata Lomas Bayas	0	35,00	35,00
20	COMPAÑIA MINERA PHOENIX S.A.	0	31,00	31,00
21	Inversiones Arlequín Ltda	30,00	0,00	30,00
22	Antofagasta Minerals	16,50	0,00	16,50
23	Guanaco Cía.Minera Ltda	16,46	0,00	16,46
24	Leasing Andino S.A.	0	15,00	15,00
25	ROCKWOOD LITIO LTDA	0	15,00	15,00

Folio006803

Nº Ranking	Titular	Caudal Inactivo Patentado (m3)	Caudal Operativo (m3)	Caudal Total Otorgado (m3)
26	Minera Meridian	0	14,80	14,80
27	ESSAN S.A.	0	6,00	6,00
28	Cía. Minera Providencia	0	5,00	5,00
29	Walter Romang	0	4,80	4,80
30	Alto Atacama S.A.	0	4,00	4,00

En el caso de los derechos subterráneos, y tomando en cuenta el problema existente en la información de la patente de Minera Escondida, se estimó necesaria una corrobación de la información mediante la revisión de sus expedientes y resoluciones. La revisión se basó en la misma metodología considerada para los derechos superficiales, y ella mostró diferencias en 20 registros de la tabla oficial de derechos de agua subterránea y por un total de 350,4 (l/s). La revisión permitió incorporar 4 registros al total de registros de derechos de agua subterránea. El detalle de los 20 registros con diferencias, se presenta en la Tabla 1.37. La distribución espacial de los derechos se muestra en la Figura 1.38.

Cabe destacar que al igual que la información sobre derechos superficiales, ésta información corresponde a uno de los datos de ingreso del modelo de aguas subterráneas. La información completa se entrega en el Anexo B de este informe, junto con casi todos los expedientes del estudio. Los expedientes faltantes en el anexo corresponden a 2 archivos, que a la fecha no han sido digitalizados por la DGA, y que se encuentran en formato papel, correspondientes a los expedientes: VT_II_1348 y ND-0203-675.

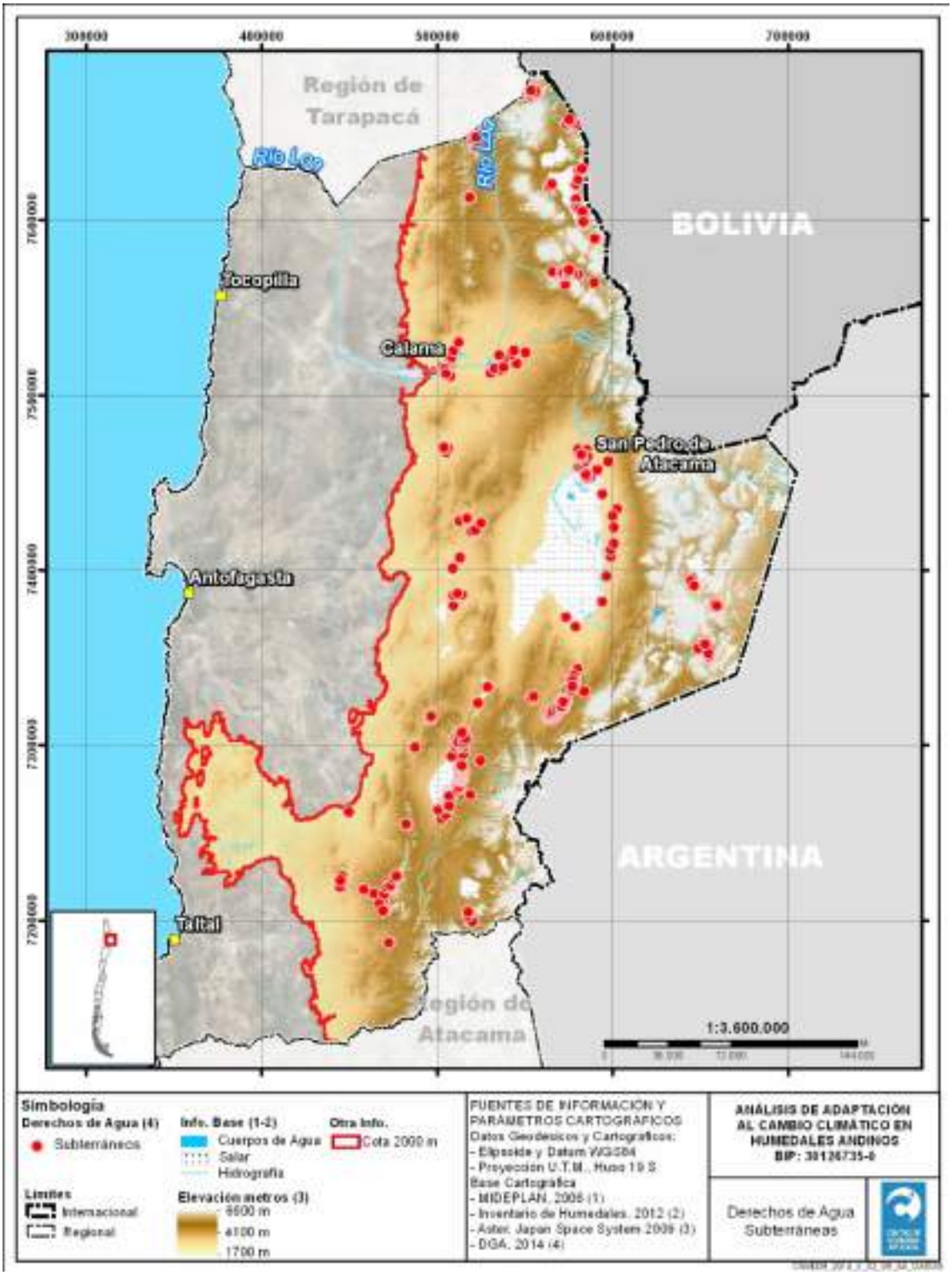


Figura 1.38. Distribución espacial de los derechos de agua subterráneos en el área de estudio (sobre los 2.000 m.s.n.m.).

Tabla 1.37. Derechos de agua subterráneas que presentan discrepancias de información según la revisión de expedientes y resoluciones.

Derechos Subterráneos con Variación en sus caudales									
ID	**Resolución Original**	**Resolución Corroborada**	**Expediente Original**	**Expediente Corroborado**	**Caudal Otorgado (transparencia)**	**Caudal Corroborado (Expedientes/ Resoluciones)**	**Diferencias de Caudal (l/s)**	**Titular**	**Observación**
112	40 del 12/01/1990	40 del 12/01/1990	ND-0202-215	ND-0202-215	750,00	187,50	562,50	Codelco	Extracción conjunta
111	40 del 12/01/1990	40 del 12/01/1990	ND-0202-215	ND-0202-215	750,00	187,50	562,50		
108	40 del 12/01/1990	40 del 12/01/1990	ND-0202-215	ND-0202-215	750,00	187,50	562,50		
110	40 del 12/01/1990	40 del 12/01/1990	ND-0202-215	ND-0202-215	750,00	187,50	562,50		
503	648 del 04/10/2001	693 del 13/11/2002	ND-0203-509	VPC-0203-2233	58,90	0,00	58,90	Minera Escondida	Discrepancias de caudales luego de revisión
507	648 del 04/10/2001	693 del 13/11/2002	ND-0203-653	VPC-0203-2233	57,50	0,00	57,50	Minera Escondida	
113	185 del 11/05/1994	40 del 12/01/1990	ND-0202-215	ND-0202-215	150,00	200,00	-50,00	Codelco	
383	315 del 11/07/1995	55 del 26/01/2001	ND-0202-1057	VPC-0202-1832	49,00	0,70	48,30	Minera Escondida	
504	648 del 04/10/2001	693 del 13/11/2002	ND-0203-652	VPC-0203-2233	42,00	0,00	42,00	Minera Escondida	
512	648 del 04/10/2001	693 del 13/11/2002	VPC-0203-2080	VPC-0203-2233	37,90	1,00	36,90	Minera Escondida	
537	737 del 12/11/1999	737 del 12/11/1999	D-II-239/86	VPC-0203-1688	32,00	1,00	31,00	Minera Escondida	
506	648 del 04/10/2001	693 del 13/11/2002	ND-0203-653	VPC-0203-2233	30,30	0,00	30,30	Minera Escondida	
536	737 del 12/11/1999	737 del 12/11/1999	D-II-239/86	VPC-0203-1688	26,00	1,00	25,00	Minera Escondida	
254	138 del 28/03/1994	138 del 28/03/1994	ND-0203-614	VPC-0203-2079	20,00	0,00	20,00	Minera Escondida	

Derechos Subterráneos con Variación en sus caudales									
ID	**Resolución Original**	**Resolución Corroborada**	**Expediente Original**	**Expediente Corroborado**	**Caudal Otorgado (transparencia)**	**Caudal Corroborado (Expedientes/ Resoluciones)**	**Diferencias de Caudal (l/s)**	**Titular**	**Observación**
509	648 del 04/10/2001	693 del 13/11/2002	ND-0203-654	VPC-0203-2233	20,00	1,00	19,00	Minera Escondida	
388	316 del 11/07/1995	55 del 26/01/2001	ND-0202-1059	VPC-0202-1832	18,00	0,50	17,50	Minera Leonor	
535	737 del 12/11/1999	737 del 12/11/1999	D-II-239/86	VPC-0203-1688	12,00	1,00	11,00	Minera Escondida	
214	013 del 25/09/2008	656 del 26/11/2012	ND-0203-1032	VPC-0203-5004	2,00	0,00	2,00	Cía. Minera Guanaco	
426	469 del 04/10/1994	693 del 13/11/2002	ND-0203-509	VPC-0203-2233	1,00	0,00	1,00	Minera Escondida	
517	656 del 26/11/2012	656 del 26/11/2012	VPC-0203-5004	VPC-0203-5004	-2,00	0,00	-2,00	Cía. Minera Guanaco	
583	-	2 del 22/07/2013	-	ND-0203-2434	0,00	64	-64,00	COMPAÑIA MINERA PICACHO	Puntos Nuevos año 2013_Sin Expediente (ingresados desde Plataforma Web DGA)
584	-	2 del 22/07/2013	-	ND-0203-2434	0,00	11,8	-11,80	COMPAÑIA MINERA PICACHO	Puntos Nuevos año 2013_Sin Expediente (ingresados desde Plataforma Web DGA)
585	-	03 del 19/01/2004	-	ND-0202-2260	0,00	0,00	0,00	Aguas de La Sierra	Derecho constituido en la Res Nº 03 del 19/01/2004, por un caudal de 0 L/s

Folio006807

1.7 Geomorfología y geología superficial (SERNAGEOMIN)

Para la realización del análisis y estudio de la geología de la Región de Antofagasta, se realizó un completo catastro de la información disponible en la web del Servicio Nacional de Geología y Minería – SERNAGEOMIN (E-Maps: página de venta online de información). El catastro incluyó tanto la búsqueda de cartas y mapas de la región, como también la de otros estudios desarrollados previamente en la zona, y en los cuales se haya recopilado información sobre la geológica y la geomorfología de la zona.

En la Tabla 1.38, se entrega un listado con la información cartográfica (análoga y digital) encontrada en la web del SERNAGEOMIN para la Región de Antofagasta. Para comprender la cobertura y distribución espacial de las diferentes fuentes de información, en la Figura 1.39 se grafica la extensión territorial de cada una de estas.

Tabla 1.38. Expedientes solicitados al SERNAGEOMIN.

ID	Nombre Cartografía	Escala 1:	Tipo	Código	Año	Ubicación
1	Cartas Antofagasta y Punta Tetas. Región de Antofagasta	100.000	Análoga	2-2-PROD-1691	2005	E-Maps
2	Cuadrángulo Tulor: Provincia de Antofagasta	50.000	Análoga	2-2-PROD-1701	1963	E-Maps
3	Cuadrángulo San Pedro de Atacama : Provincia de Antofagasta	50.000	Análoga	2-2-PROD-1730	1965	E-Maps
4	Hoja Antofagasta : región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1735	1978	E-Maps
5	Mapa magnético Cerro del Pingo, regiones de Antofagasta y Atacama	50.000	Análoga	12-24-PROD-1751	2002	E-Maps
6	Hoja Pampa Unión, región de Antofagasta	100.000	Análoga	2-2-PROD-1766	1999	E-Maps
7	Yacimientos de rocas y minerales industriales de la II región de Antofagasta	500.000	Análoga	6-32-PROD-1776	2004	E-Maps
8	Carta Baquedano, Región de Antofagasta	100.000	Análoga	2-2-PROD-1779	2005	E-Maps
9	Geología y yacimientos metalíferos de la región Antofagasta	250.000	Análoga	6-13-PROD-1780	1990	E-Maps
10	Cuadrángulo Chitigua y sector occidental del cuadrángulo Cerro Palpana	50.000	Análoga	2-2-PROD-1785	1978	E-Maps
11	Geología del área urbana de la ciudad de Antofagasta, región de Antofagasta	50.000	Análoga	2-2-PROD-1804	2007	E-Maps
12	Carta Chiu Chiu, región de Antofagasta	50.000	Análoga	2-2-PROD-1807	2009	E-Maps
13	Geología del cuadrángulo Cerro de La Mica	50.000	Análoga	2-2-PROD-1814	1980	E-Maps
14	Geología del cuadrángulo Quillagua	50.000	Análoga	2-2-PROD-1815	1980	E-Maps
15	Geología del cuadrángulo	50.000	Análoga	2-2-PROD-1823	1980	E-Maps

Folio006808

ID	Nombre Cartografía	Escala 1:	Tipo	Código	Año	Ubicación
	Cerro Posada					
16	Geología de la hoja Toconao : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1824	1982	E-Maps
17	Geología de la hoja Ollagüe : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1826	1981	E-Maps
18	Hoja Calama : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1829	1984	E-Maps
19	Estudio geológico - estructural de la Cordillera de Domeyko. Sierra del Jardín-Sierra Mariposas	100.000	Análoga	2-2-PROD-1832	1993	E-Maps
20	Hoja Aguas Blancas : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1834	1995	E-Maps
21	Hojas Taltal y Chañaral : Regiones de Antofagasta y Atacama	250.000	Análoga	2-2-PROD-1838	1984	E-Maps
22	Geología del cuadrángulo Oficina Prosperidad	50.000	Análoga	2-2-PROD-1840	1980	E-Maps
23	Estudio geológico - estructural de la Cordillera de Domeyko. Mapa estructural de la Cordillera de Domeyko, Sierra Limón Verde y Sierra de Varas	100.000	Análoga	2-2-PROD-1841	1993	E-Maps
24	Geología de la hoja Quillagua : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1842	1981	E-Maps
25	Estudio geológico - estructural de la Cordillera de Domeyko. Mapa de ubicación de muestras y zonas de alteración, sector sur	100.000	Análoga	2-2-PROD-1843	1993	E-Maps
26	Estudio geológico - estructural de la Cordillera de Domeyko. Cerro Caracoles-Pampa Elvira	100.000	Análoga	2-2-PROD-1844	1993	E-Maps
27	Estudio geológico - estructural de la Cordillera de Domeyko. Mapa de ubicación de muestras y zonas de alteración, sector central	100.000	Análoga	2-2-PROD-1845	1993	E-Maps
28	Estudio geológico - estructural de la Cordillera de Domeyko. Sierra Limón Verde-Cerro Los Mellizos	100.000	Análoga	2-2-PROD-1846	1993	E-Maps
29	Estudio geológico - estructural de la Cordillera	100.000	Análoga	2-2-PROD-1847	1993	E-Maps

Folio006809

ID	Nombre Cartografía	Escala 1:	Tipo	Código	Año	Ubicación
	de Domeyko. Mapa de ubicación de muestras y zonas de alteración, sector norte					
30	Geología del cuadrángulo Toco: Región de Antofagasta	50.000	Análoga	2-2-PROD-1848	1981	E-Maps
31	Geología del cuadrángulo Estación Colupito : Región de Antofagasta	50.000	Análoga	2-2-PROD-1849	1981	E-Maps
32	Hoja Palestina, región de Antofagasta	100.000	Análoga	2-2-PROD-1894	2000	E-Maps
33	Carta Catalina, Región Antofagasta	100.000	Análoga	2-2-PROD-2139	2011	E-Maps
34	Carta Altamira, Regiones Antofagasta y Atacama	100.000	Análoga	2-2-PROD-2145	2010	E-Maps
35	Geología del Complejo Volcánico Lastarria, Región de Antofagasta	25.000	Análoga	2-2-PROD-2273	2010	E-Maps
36	Carta Calama, Región de Antofagasta	50.000	Análoga	2-2-PROD-2286	2010	E-Maps
37	Geología Volcán Láscar, Región Antofagasta	50.000	Análoga	2-2-PROD-2304	2011	E-Maps
38	Carta Los Vientos, Región de Antofagasta	100.000	Análoga	2-2-PROD-2329	2012	E-Maps
39	Cartas Tocopilla y María Elena, Región de Antofagasta	100.000	Análoga	2-2-PROD-2338	2012	E-Maps
40	Carta Exploradora, Regiones de Antofagasta y Atacama	100.000	Análoga	:2-2-PROD-2349	2009	E-Maps
41	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-1957	2001	E-Maps
42	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-1958	2001	E-Maps
43	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-1959	2001	E-Maps
44	Geología del cuadrángulo Carrizal Bajo.	50.000	Digital	2-2-PROD-1966	2004	E-Maps
45	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-1992	2001	E-Maps
46	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-1993	2001	E-Maps
47	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-1994	2001	E-Maps
48	Geología precordillerana andina de Quebrada	50.000	Digital	2-2-PROD-1995	2001	E-Maps

Folio006810

ID	Nombre Cartografía	Escala 1:	Tipo	Código	Año	Ubicación
	Blanca.					
49	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-2003	2001	E-Maps
50	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-2004	2001	E-Maps
51	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-2005	2001	E-Maps
52	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-2006	2001	E-Maps
53	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-2007	2001	E-Maps
54	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-2009	2001	E-Maps
55	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-2017	2001	E-Maps
56	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-2027	2001	E-Maps
57	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-2032	2001	E-Maps
58	Geología precordillerana andina de Quebrada Blanca.	50.000	Digital	2-2-PROD-2033	2001	E-Maps
59	HOJA PAMPA UNION	100.000	Digital	2-2-PROD-1970	1999	E-Maps
60	HOJA PALESTINA	100.000	Digital	2-2-PROD-1979	2000	E-Maps
61	CARTA BAQUEDANO s/n	100.000	Digital	2-2-PROD-1982	2005	E-Maps
62	CARTAS ANTOFAGASTA Y PUNTA TETAS s/n	100.000	Digital	2-2-PROD-1991	2005	E-Maps
63	CARTA OFICINA DOMEYKO s/n	100.000	Digital	2-2-PROD-2142	2007	E-Maps
64	CARTAS MEJILLONES Y PENINSULA MEJILLONES s/n	100.000	Digital	2-2-PROD-2141	2007	E-Maps
65	Avance geológico, Hoja Tocopilla, Región de Antofagasta. 1978. Ferraris, F. 32 p., 1	250.000	Análoga	s/c	1985	Biblioteca

A partir del análisis anterior, se puede dar cuenta de la extensión territorial que comprende cada formato y escala, se llega a la conclusión de que el formato y escala que mejor se adecúa al modelo, corresponde a la escala 250.000 y en formato análogo. Lo anterior, ya que este formato cuenta con la mayor cobertura de la zona de estudio. A continuación, en la Tabla 1.39 se presentan las cartografías escala 250.000 adquiridas. Todas las cartografías indicadas se entregan en formato digital en el Anexo Digital B.

Folio006811

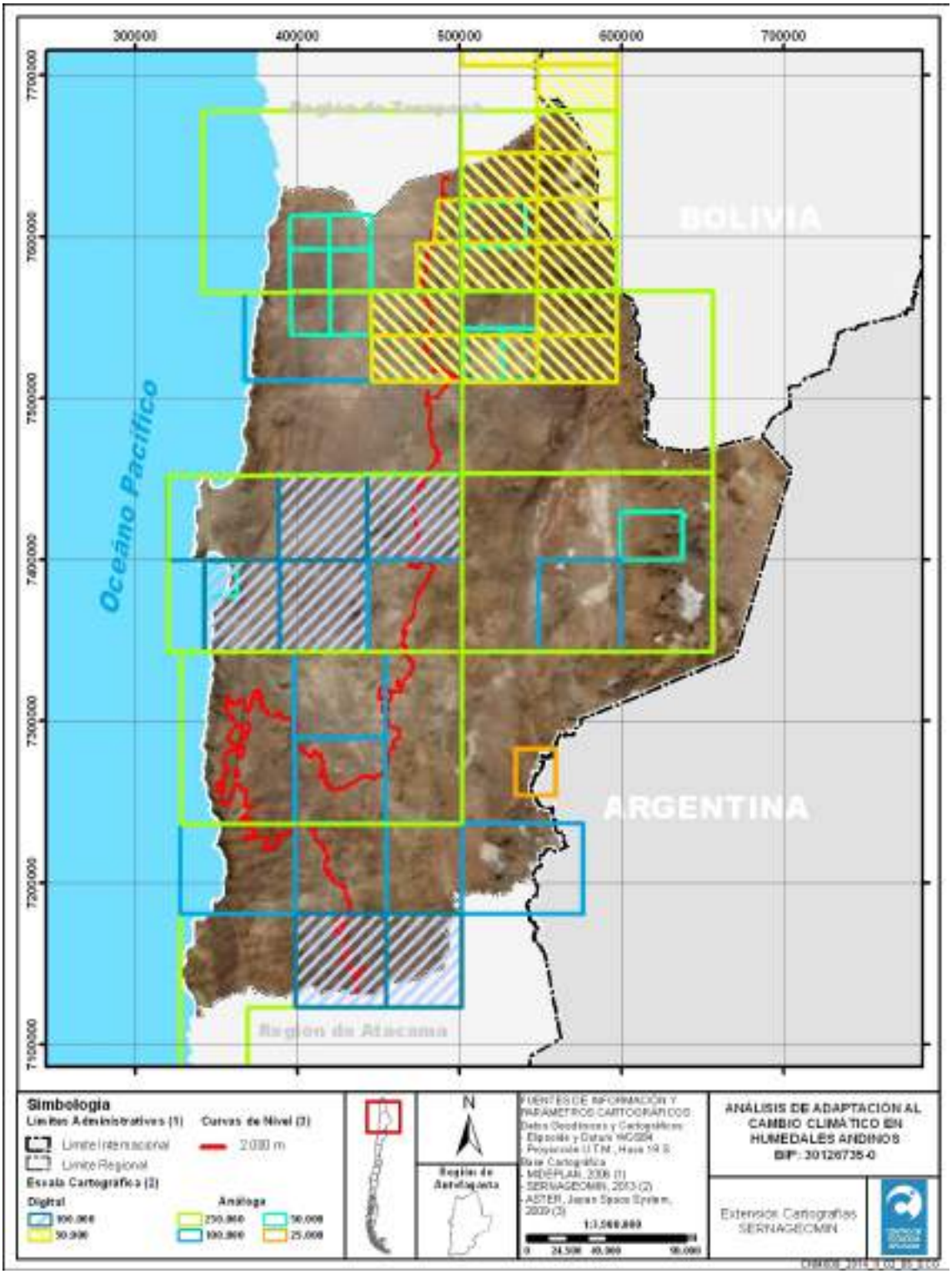


Figura 1.39. Distribución de las cartografías geológicas SERNAGEOMIN de la Región de Antofagasta.

Tabla 1.39. Cartografías geológicas seleccionadas para el estudio.

ID	Nombre Cartografía	Escala 1:	Tipo	Código	Año
4	Hoja Antofagasta : región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1735	1978
9	Geología y yacimientos metalíferos de la región Antofagasta	250.000	Análoga	6-13-PROD-1780	1990
16	Geología de la hoja Toconao : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1824	1982
17	Geología de la hoja Ollagüe : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1826	1981
18	Hoja Calama : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1829	1984
20	Hoja Aguas Blancas : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1834	1995
21	Hojas Taltal y Chañaral : Regiones de Antofagasta y Atacama	250.000	Análoga	2-2-PROD-1838	1984
24	Geología de la hoja Quillagua : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1842	1981
65	Avance geológico, Hoja Tocopilla, Región de Antofagasta. 1978. Ferraris, F. 32 p., 1	250.000	Análoga	s/c	1985

Para dar más detalle en la extensión de las cartografías adquiridas, se dispuso en la Figura 1.40, una cartografía resumen que da cuenta (en color verde) de la cobertura territorial abarcada por las cartas seleccionadas.

Folio006813

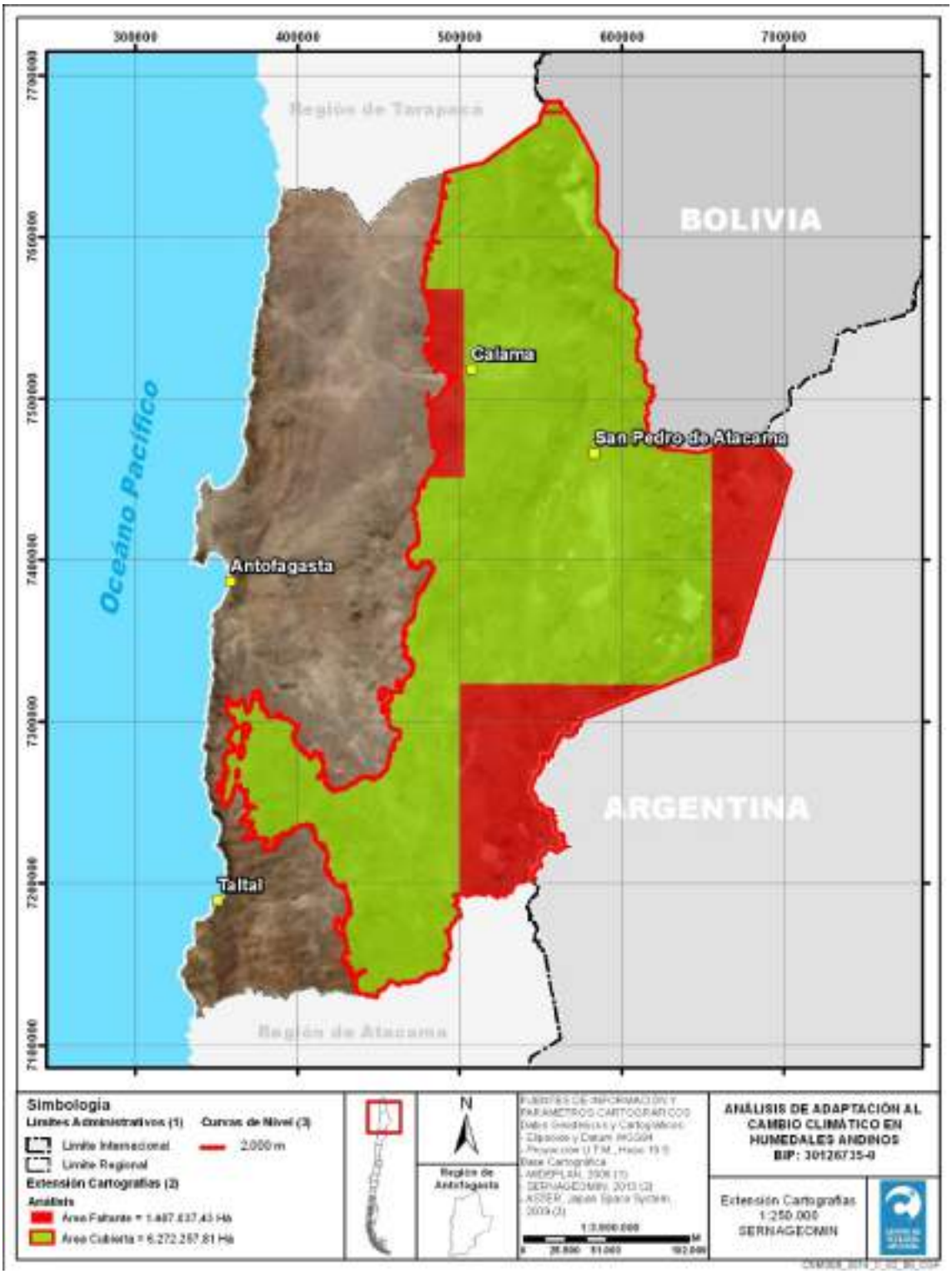


Figura 1.40. Extensión territorial cubierta por la selección de cartografías escala 250.000 del SERNAGEOMIN.

Folio006814

1.8 Catastro de información sobre vegas y bofedales

A partir del catastro de vegas y bofedales, información que se obtuvo a partir de la plataforma de información territorial de humedales altoandinos (SITHA) y perteneciente a CIREN, y en conjunto al estudio desarrollado por DGA de "Diagnóstico plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos, región de Antofagasta", se logró identificar 267 sistemas en la región, de los cuales 264 se encontraban en la zona de estudio (>2.000 m). Cabe destacar, que esta información, esta incluida en los anexos digitales (Anexo A, sección 0) del proyecto FNDR 30126593-0: "Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos" y del Anexo B del presente proyecto FNDR 30126735-0 (Anexo B, BD Humedales).

A continuación, como resumen de este catastro, se indican en la Tabla 1.40 y Tabla 1.41, la cantidad de vegas y bofedales según el tipo de sistema, y la cantidad de sistemas por tipo de fuente de alimentación de agua.

Tabla 1.40. Número de Vegas y bofedales identificados según sector de estudio.

Tipo de Sistema	Nº Sistemas
Vega	141
Bofedal	84
Sin Descripción	39
Total	264

Tabla 1.41. Nº de Vegas y bofedales según sector y tipo de alimentación de agua.

Fuente de Alimentación de Agua	Nº Sistemas
Escurrimiento superficial	188
Aguas subterráneas	47
Aguas subsuperficiales	29
Total	264

A continuación, en la Figura 1.41 se presenta la distribución regional de las vegas y bofedales catastradas en la zona de estudio.

Folio006815

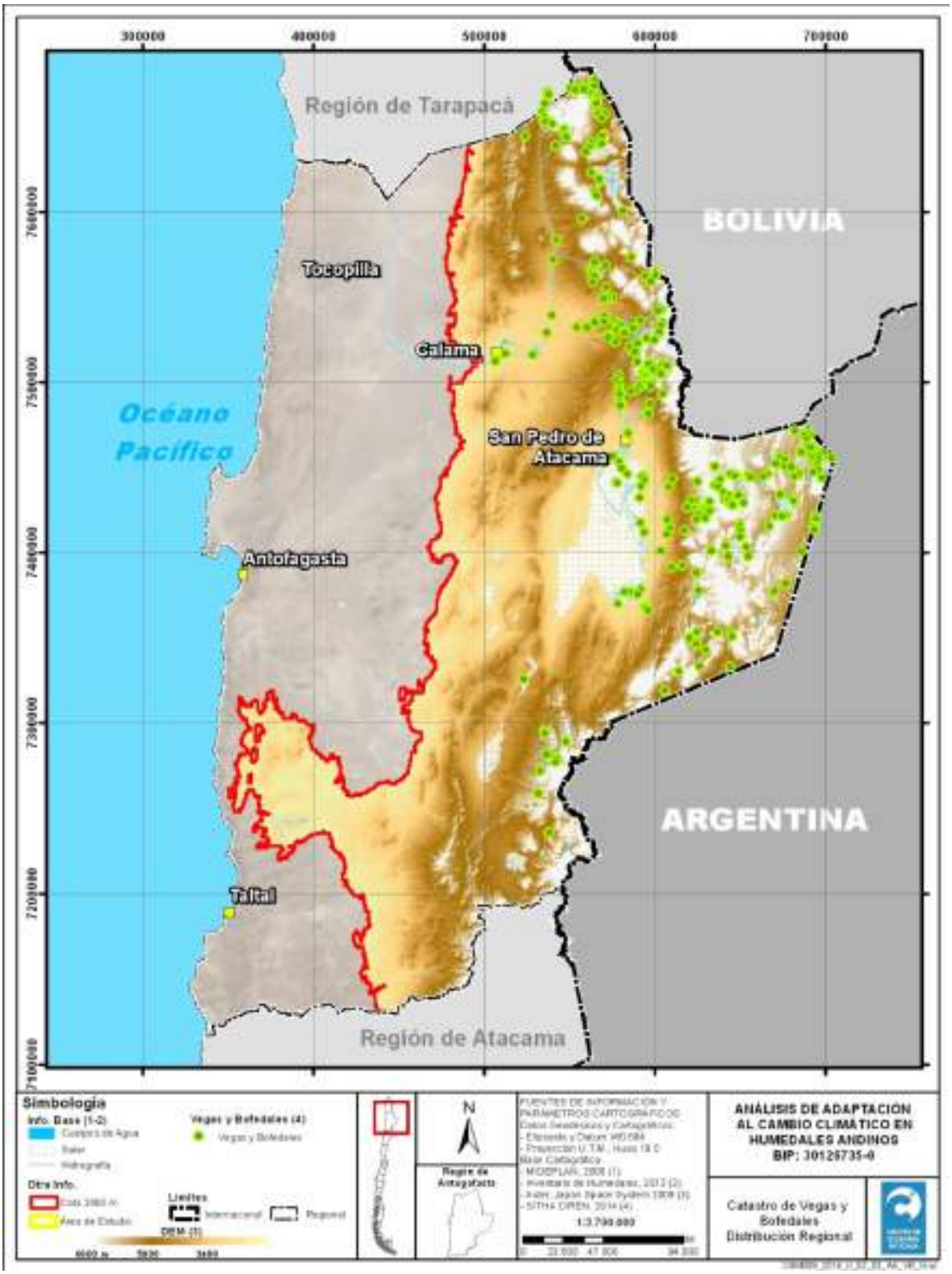


Figura 1.41. Distribución de vegas y bofedales, en la zona de estudio.

Folio006816

1.9 Priorización de los humedales altoandinos

1.9.1 Identificación preliminar de humedales prioritarios

A partir de la revisión bibliográfica de estudios paralelos y previos, se elaboró una caracterización física, bioquímica y ecológica de los humedales; una caracterización hidrológica e hidrogeológica del área de estudio; y un catastro de las actividades productivas y de las demandas hídricas. Esta información fue integrada en una plataforma SIG (Sistema de Información Geográfica), sobre la cual es posible identificar y caracterizar las presiones y amenazas sobre los humedales emplazados en el área de estudio (extracción de agua subterránea, pastoreo, turismo, demanda agua potable, etc.).

Es importante mencionar que el Centro de Ecología Aplicada Ltda., ha recientemente finalizado el proyecto FNDR 30126593-0: “Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos”, encargado por la Subsecretaria del Medio Ambiente, Seremi de Antofagasta del Gobierno de Chile. La primera línea de trabajo de este proyecto tuvo relación con la elaboración de una línea base, en donde a partir de una revisión de toda la información actualmente disponible, se elaboró un catastro de información sobre una plataforma SIG. Así, el catastro elaborado en este proyecto se utilizó como base para la identificación definitiva de los humedales prioritarios en este estudio (Acápite 0). La priorización se realizó con los siguientes criterios: a) número e intensidad de usos; b) niveles de presiones y amenazas; c) relevancia de los servicios ecosistémicos; d) vulnerabilidad al cambio climático; e) factibilidad de implementación de acciones de recuperación y conservación, además de otros acordados con el mandante.

Inicialmente se consideran los sistemas obtenidos de la revisión de antecedentes disponible para la II Región de Antofagasta, correspondientes a los siguientes sitios prioritarios: Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Cuenca Alto Loa, Geiseres del Tatio, Salar de Ascotán, Salar de Punta Negra, Ayllus de San Pedro de Atacama, Oasis de Calama, Salar de Atacama, Salar de Tara, Salar de Pujsa, Sistema Hidrológico de Soncor, Sistema de Lagunas Miscanti y Miñiques, Salar de Punta Negra y Salar de Aguas Calientes IV. Para todos estos sistemas es realizada una completa caracterización, que es entregada en secciones más adelante.

Los salares y lagunas a monitorear, y que corresponden al resultado de la priorización, dependen de un análisis de experto de los sitios ambientales. Ello, debido a que estos sistemas, en conjunto a las condiciones extremas del área, se transforman en lugares propicios para el desarrollo de ecosistemas microbianos.

En el caso de las vegas y bofedales, parte de la priorización se basa en el análisis histórico de los sistemas. Para ello, y como fue mencionado anteriormente, se ha desarrollado una metodología para el análisis de la evolución histórica de los sistemas de humedales de la Región de Antofagasta, la cual está basada en el análisis de imágenes multiespectrales de la zona de estudio. Estas imágenes son las proporcionadas por el programa LandSat de NASA, el cual cuenta con el registro histórico más extenso de imágenes satelitales con información multiespectral. Estas imágenes permiten determinar la extensión y tamaño de los diferentes sistemas de humedales, por medio del análisis del espectro de emisión de los cuerpos vegetales que componen el humedal. Esto último, permitirá determinar los cambios históricos de los sistemas en cuanto a su tamaño, dando cuenta de la respuesta de ellos ante los cambios generales a nivel de región, como también de aquellos generados por la alteración de las condiciones de entorno de los humedales, como por ejemplo, cambios en el balance hídrico.

Folio006817

Cabe señalar que, además de realizarse el análisis de los humedales definidos como prioritarios en los programas de conservación antes indicados, se realizará un análisis a nivel regional (zona sobre los 2000 m.s.n.m.), permitiendo revisar si existen otros sistemas de humedales (vegas y bofedales) que puedan ser de interés en el estudio y que no estén incluidos en la priorización antes señalada.

Una completa documentación de la metodología de análisis de imágenes multiespectrales y de los resultados obtenidos, se entrega en el anexo D.1, que acompaña este informe y que contiene el "Análisis de variabilidad ambiental" y la "Caracterización de humedales".

1.9.2 Descripción de los humedales altoandinos

Los humedales son "superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas", incluyendo la vegetación que los rodea. Los humedales incluyen pantanos, marismas, lagos, vegas, bofedales, salares, pastizales húmedos, turberas y estuarios (MMA, SAG, DGA, 2011).

Los humedales que son parte de los ecosistemas del altiplano, mantienen una diversidad biológica única y se caracterizan por un alto nivel de endemismo, tanto de especies animales como vegetales, terrestres y acuáticas. Los humedales son además, refugio y zonas de reproducción de una gran cantidad de especies que se encuentran con problemas de conservación, juegan un rol vital en el desarrollo de las cuencas andinas y de los sistemas hidrogeográficos que sostienen actividades de importancia económica y social. Su alta fragilidad está asociada a causas naturales, como el cambio en el régimen pluviométrico y también a causas antrópicas, como son las actividades de drenaje, pastoreo excesivo o alteración en el régimen hídrico (Ahumada et al., 2011).

Estos humedales altoandinos se forman a partir del afloramiento de aguas subterráneas, surgencia que se produce por la proximidad de la napa subterránea a la superficie terrestre. El agua escurre en forma superficial y/o subterránea hasta el lugar de menor altura de la cuenca, formando lagunas terminales debido a la imposibilidad de escapar de la cuenca. El agua subterránea que aflora es de carácter dulce a moderadamente salina, lo que permite la aparición de estructuras vegetacionales tipo vega y bofedal, entidades extremadamente frágiles por su dependencia del agua (Squeo et al., 2006), la cuales se emplazan a lo largo de los canales formados entre los afloramientos y la laguna terminal. Esta estructura de vegetación tiene patrones de distribución azonal, distribución que se asocia a los suministros hídricos estable y/o permanentes (Ahumada et al., 2009).

Los altos niveles de evaporación, por otra parte, concentran las sales de las aguas afloradas durante su recorrido hacia las lagunas y en la laguna misma. Cuando la salinidad alcanza valores por sobre los 200 g/l aproximadamente, ocurre un fenómeno de precipitación de sales (MMA, SAG, DGA; 2011), formando costras de sal en las orillas de los cursos de agua y en las orillas de las lagunas, pudiendo en algunos casos cubrir toda la superficie del cuerpo de agua. Estos cuerpos de agua salada o salobres se denominan salares y generalmente tienen profundidades muy bajas, de unos pocos centímetros (De la Fuente & Niño, 2010).

Folio006818

1.9.3 Sistema de lagunas terminales altiplánicas

Un modelo conceptual simplificado del sistema de lagunas terminales altiplánicas se presenta en la Figura 1.42. Ella presenta un sistema de jerarquización entre los parámetros ambientales físicos, bioquímicos y biológicos, cuya interrelación funcional se explica a continuación.

Las lagunas terminales reciben el agua que fluye tanto en forma superficial (desde los afloramientos) como subterránea hasta el fin de la cuenca, en estas lagunas ocurre evapoconcentración de las sales generando lo que se conoce como salares. Normalmente en los sistemas altiplánicos los afloramientos de agua no ocurren en un único lugar, sino que el agua surge en diferentes puntos haciendo dificultoso cuantificar los volúmenes de agua que afloran a través de mediciones directas. Debido a esto, es que para cuantificar los flujos de agua del sistema se suele hacer un balance de volumen sobre la laguna terminal a la que llegan todos los aportes (DGA-UCN-IRD., 1999ª).

Al considerar el balance hídrico sobre la laguna terminal en las cuencas endorreicas, los aportes están dados por el balance hídrico del acuífero, de donde se puede obtener la tasa de afloramiento de agua subterránea. Por otro lado, la principal pérdida de agua en el salar se produce por evaporación. En la evaporación del agua de los salares, participan diferentes componentes meteorológicos como el balance radiativo, el viento y la humedad atmosférica. La evaporación se produce cuando las moléculas de agua alcanzan una energía cinética tal que les permite vencer la atracción de las otras moléculas y pueden escapar a la atmósfera. En primer lugar la energía necesaria para la evaporación es aportada por el intercambio térmico que se produce entre la atmósfera, el agua y también los sedimentos del fondo (De la Fuente & Niño, 2010), esto último debido a la poca profundidad del agua de los salares. Cuando existen sales disueltas en el agua éstas disminuyen la energía libre de las moléculas disminuyendo la evaporación (Lensky et al, 2005), de modo que a mayor salinidad menor es la tasa efectiva de evaporación y por sobre los 200 g/l no habría evaporación (MMA, SAG, DGA; 2011).

Al tener el balance volumétrico de los salares identificado con sus entradas (tasa de afloramiento de agua subterránea y aporte desde canales), salidas (tasa de evaporación) y el volumen de la cubeta definidos (definida por su morfología), entonces se puede obtener el tiempo de retención, la cobertura del espejo de agua y la profundidad de las lagunas. Es importante hacer notar que la precipitación de sales que ocurre en los salares puede cambiar la morfología de la laguna en periodos cortos inclusive dentro de una estación (De la Fuente & Niño, 2010), aunque generalmente se considera que su morfología es estable. El tiempo de retención, por otra parte, corresponde al tiempo que tarda una gota de agua desde que entra al sistema hasta que sale. Este tiempo influye en los procesos bioquímicos que se producen en el sistema acuático, por ejemplo, en la concentración de las sales y su posterior precipitación, la proliferación de microorganismos y la descomposición de materia orgánica.

Por su parte, los procesos bioquímicos que ocurren en las lagunas cambian el contenido de oxígeno disuelto, nutrientes, compuestos inorgánicos, compuestos orgánicos, etc. afectando a la microbiota que vive en las lagunas terminales, en particular a los tapetes microbianos, que como productores primario, constituyen la base de las cadenas tróficas de los sistemas acuáticos altiplánicos (Farías et al., 2013).

Los tapetes microbianos (“microbial mats”) han sido descritos como comunidades bentónicas estratificadas que se desarrollan en la interfase entre el agua y sustratos sólidos. Estos requieren de un basamento donde establecerse, ya que se constituyen por

la unión de los microorganismos a las partículas salinas y de sedimentos clásticos. La granulometría de los sedimentos es importante, dado que de esta depende el drenaje, incluyendo la capacidad de retención de agua y la aireación (Demergasso et al., 2003). Los tapetes microbianos corresponden a agrupaciones de microorganismos fotosintéticos que crecen adheridos en forma de láminas a la superficie del suelo, como organismos bentónicos (Farías et al., 2013). Son comunidades microbianas multilaminadas, multidimensionalmente reticuladas, que incorporan detritus, minerales y materiales geoquímicos asociados, incluyendo cristales. Los patrones entretejidos pueden formar estructuras concéntricas o laminadas. Los pigmentos como la clorofila, fitocianina y ficoeritrina son frecuentemente detectados por técnicas espectroscópicas y cromatográficas. Ellos pueden producir nuevos minerales y, en ambientes evaporíticos, pueden influir en la química y ecología microbiana asociada (Farías et al., 2013).

Un ejemplo de los microorganismos que se desarrollan en las lagunas de los salares corresponde a las comunidades de diatomeas bentónicas, éstas responden al aumento de nutrientes, sobre todo nitrógeno y fósforo en el agua mediante cambios en la composición de la comunidad (Pardo et al., 2010).

Cuando los tapetes microbianos empiezan a precipitar minerales, como consecuencia de la actividad orgánica, tenemos un microbialito. Los microbialitos son depósitos que se forman cuando comunidades bentónicas atrapan sedimentos detríticos y/o forman núcleos de precipitación mineral. La formación de microbialitos resulta de interacciones geoquímicas combinadas con litificación mediada por exopolímero de cianobacterias dominantes del tapete microbiano. Los microbialitos pueden variar en la forma (p. ej. columnar, laminar, ramificado, cabezuela) dependiendo de la población microbiana, el ambiente y el grado de laminación (Farías et al., 2013).

Cuando los microbialitos forman estructuras estratificadas que dejan un registro fósil, entonces, tenemos un estromatolito. Éste nace de la combinación de la acreción de productos y de la interacción de microorganismos, productos microbianos incluyendo exopolisacáridos y sedimentos. Los estromatolitos han sido definidos como estructuras organosedimentarias producidas por captura de sedimento, unión, y/o actividad microbiana de precipitación, principalmente de cianobacterias. Se sabe que ciertas cianobacterias precipitan, capturan, y unen CaCO3 para formar estructuras e inducen la litificación. La precipitación del mineral se produce en forma estratificada. La mayoría de los registros fósiles que se conocen son de CaCO3, pero existen también estromatolitos de yeso (Farías et al., 2013).

Las evaporitas son rocas sedimentarias que se forman por cristalización de sales disueltas en lagos y mares costeros. La mayoría de los depósitos explotables de yeso y sal común se han originado de esta manera. Cuando ocurre un proceso de evaporación y precipitación rápida en un ambiente polimíctico, predomina la precipitación de yeso como selenita. Los ambientes evaporíticos se caracterizan por que la evaporación supera el ritmo de aporte de agua, resultando en elevadas concentraciones de cationes y aniones, que son más altos que en los sistemas oceánicos. En estas condiciones se forman las evaporitas que son rocas sedimentarias que se constituyen a partir de procesos de evaporación, están compuestas principalmente por yeso y halita (sal). Los microorganismos que habitan suelos salinos están expuestos a estrés osmótico entre otros; lo que los lleva a buscar refugio en las evaporitas. Tal estilo de vida endolítico, ofrece suficiente cantidad de nutrientes, humedad y protección para la supervivencia, según sostuvo Stivalleta en 2012. La hipótesis es que los microorganismos influenciarían

a su vez las evaporitas dándoles una forma redondeada parecida a un microbialito o estromatolito (Farías et al., 2013).

Los flamencos, por otra parte, se alimentan de estos tapetes microbianos, de hecho en diferentes estudios se ha registrado que prefieren alimentarse en lugares específicos de los humedales que habitan, lo que ha sido explicado en el hecho que necesitan alimentarse de microorganismos que tengan un tamaño dentro de un cierto rango, el cual tiene relación con la forma de sus picos, el que actúa como un filtro (Hulbert and Chang 1983; Mascitti and Kravetz, citado en De la Fuente & Niño 2010). Así se puede ver como las comunidades de flamencos son indirectamente afectadas por cambios en los nutrientes y demás parámetros bioquímicos del agua de las lagunas, ya que estos cambios pueden afectar la composición de las comunidades microbianas. Además, los Flamencos utilizan los ecosistemas formados por los salares para construir sus nidos dentro de las lagunas, en islotes que ellos mismos levantan con barro y vegetación acuática para protegerlos de ataques de predadores como los zorros (Hulbert and Keith 1979, citado en De la Fuente & Niño 2010; Mascitti & Nicolossi, 1992), de modo que el agua de la laguna debe ser lo suficientemente profunda para impedir el paso de predadores, pero sin inundar los nidos cuya parte más alta queda aproximadamente 20 cm por sobre la superficie (Mascitti & Nicolossi, 1992). Cambios en la profundidad del agua de las lagunas podrían afectar su comportamiento y hacerles escoger otros lugares para nidificar.

Folio006821

Figura 1.42. Modelo conceptual simplificado de sistema de lagunas altiplánicos (Adaptado de CEA, 2013).

Folio006822

1.9.4 Sistema de canales altiplánicos

Un modelo conceptual simplificado del sistema de canales altiplánicas se presenta en la Figura 1.43, la cual presenta un sistema de jerarquización entre los parámetros ambientales físicos, bioquímicos y biológicos, cuya interrelación funcional se explica a continuación.

Como se ilustró anteriormente, la alimentación de agua en los canales altiplánicos proviene de los afloramientos de agua que ocurren en las zonas más altas de las cuencas, formando canales que conducen el agua hasta las lagunas terminales de la cuenca cerrada. Se genera un sistema balanceado hídricamente entre el agua que es aportada en forma subterránea, a través de nuevos afloramientos, el agua que escurre por el cauce y el agua que se va a la atmósfera por evapotranspiración. En este sentido, la evapotranspiración considera dos procesos que ocurren en el área con vegetación de los humedales, por un lado la evaporación del agua contenida en el suelo y en el canal mismo, y por otro lado, la transpiración de la vegetación. Desde los tejidos de la planta, el agua se libera hacia la atmósfera con un mecanismo llamado estoma que permite regular la cantidad de agua que es liberada, la que depende del suministro de agua, las necesidades hídricas (que van cambiando de acuerdo al estado de desarrollo de la planta), la salinidad del suelo y las condiciones meteorológicas, es decir, la radiación solar neta, la temperatura del aire, el gradiente de presión de vapor, la humedad del aire y la velocidad del viento (FAO, 2006).

Así, el balance hídrico del acuífero determinará la tasa de afloramiento de agua por el canal y esto en conjunto con la morfología del cauce y la cobertura y tipo de vegetación, determina el tiempo de retención. La morfología del cauce está directamente influenciada por la vegetación que crece en el cauce, tanto la que está sumergida (vegas y bofedales) como la que crece en las riveras (pajonales). La vegetación cambia el volumen de la cubeta del canal cambiando el área inundada, afectando la rugosidad, la que cambia las velocidades de escurrimiento y la altura del agua. El tiempo que demora el agua en escurrir por el canal influye directamente en las reacciones físicas y químicas que se producen en el canal, cambiando las concentraciones de químicos, salinidad y nutrientes, influyendo a su vez en la distribución y la cobertura de la vegetación, de modo que la morfología del cauce se vuelve dinámica.

Folio006823

Figura 1.43. Modelo conceptual simplificado de sistema de canales altiplánicos (Adaptado de CEA, 2013).

Folio006824

En los humedales altoandinos de cuencas endorreicas la evaporación a lo largo del canal genera un gradiente de salinidad entre el área de afloramiento y la laguna terminal, lo que junto con las características del substrato y el nivel freático determina el asentamiento de diferentes tipos de especímenes vegetacionales y faunísticos que hacen uso de la vegetación. La salinidad, por otra parte, es el contenido de los iones sodio, calcio, magnesio, potasio, bicarbonato, sulfuro y cloro, pero por la dificultad de medir este contenido en terreno se suele utilizar la medición de la conductividad eléctrica como un índice de la salinidad. Sin embargo, la conductividad eléctrica depende de la proporción en la que se encuentren estos iones y también de la temperatura y presión a la que es medida. Es importante tener en cuenta que las plantas responden en forma primaria a la salinidad más que a las concentraciones y proporciones individuales de iones (FAO, 1992). El ion sodio contenido en el agua que hidrata las plantas puede afectar las propiedades del suelo. Cuando la salinidad es baja y el pH es alto, el ion sodio (Na) se intercambia con los iones magnesio (Mg) y calcio (Ca) que son constituyentes del suelo. Esto provoca que la estructura del suelo se degrade haciéndolo más compacto y duro en condiciones secas, reduciendo su permeabilidad. El indicador que se puede observar para conocer el contenido de Na en relación al Ca y Mg es la Relación de Absorción de Sodio (RAS) (FAO, 1992).

Un aumento de la salinidad en la zona radicular (independientemente de la composición de los iones) provoca una disminución del crecimiento de la planta, ya que baja la producción de células de recambio. La principal hipótesis que se maneja al respecto es que la planta debe gastar más energía en adquirir el agua del suelo y ya no la utiliza en crecer (FAO, 1992). Existe un umbral de tolerancia a la salinidad, el que dependerá de las necesidades hídricas de la planta, lo que toma mayor importancia en sectores de clima seco y con altas tasas de evapotranspiración.

Respecto de los sistemas vegetacionales en canales altiplánicos, en términos generales existen 2 tipos de sistemas de vegetación, los sistemas zonales y los azonales. La vegetación zonal es la que está adaptada a condiciones propias del clima de la zona. En el altiplano esto se traduce en especies que sobreviven en ambientes muy secos, donde aprovechan la escasa precipitación durante su estado activo y se mantienen en condición de latencia durante la época de sequía. La vegetación azonal, por otra parte, es aquella vegetación cuya distribución responde a condiciones locales de suelo, humedad o cualquier característica particular que condicione su presencia sin tener un patrón continuo de distribución. En los humedales, la vegetación que depende del agua de los afloramiento de agua subterránea se denomina “Vegetación Azonal Hídrica”, ya que depende de un suministro permanente y constante de agua para sobrevivir (SAG, 2009).

La zona del altiplano chileno corresponde a Estepa Andina de Puna Seca y dentro de esta región la vegetación azonal hídrica es de 3 tipos: bofedal, pajonal hídrico y vega, los cuales se distribuyen según sus requerimientos hídricos (MMA, SAG, DGA; 2011). En la vega, la vegetación se dispone como un césped parejo, mientras que el pajonal húmedo está compuesto por especies de crecimiento cespitoso con pastos muy duros y toscos con alturas mayores a 40 cm (SAG, 2009). Los bofedales, por otra parte, son sistemas de vegetación totalmente cubierta de agua donde hay formación de cojines en forma semiglobosa de apariencia pareja en superficie (SAG, 2009). Estas formaciones vegetacionales pueden darse con aportes hídricos salinos y no salinos, sin embargo, en los salinos el aporte hídrico necesario para mantener la vegetación es mayor (SAG, 2009). En la Tabla 1.42 se describen las tolerancias de las formaciones vegetacionales no salinas, para aguas con mayor contenido salino, la estructura se considera salina.

Folio006825

Tabla 1.42. Clasificación de formaciones vegetacionales entre salinas y no salinas, indicando tolerancias de salinidad (SAG, 2009).

Formación vegetacional	Salinidad afloramiento (%)	Salinidad afloramiento (ppm)
Bofedal no salino	< 5%	< 0,05
Pajonal hídrico no salino	< 30%	< 0,30
Vega no salino	< 20%	< 0,20

Las condiciones climatológicas y morfológicas en donde se encuentran los humedales altiplánicos hace que se conviertan en un hot-spot, es decir un punto con alta concentración de biodiversidad (MMA, SAG, DGA, 2011). Estos lugares cobran importancia ya que la vegetación permite la aparición de diferentes tipos de especímenes faunísticos que aprovechan los humedales para bebida, caza y nidificación (Risacher et al, 1999). Dentro de las especies de mamíferos presentes en la zona de los humedales los mayores son las Vicuñas y Guanacos. Estas especies pastorean en la vegetación presente en los humedales del sistema de canales de la zona de estudio (CONAF, 2009; CONAF, 2011ª; CONAF, 2011b), beneficiándose directamente de la salud del sistema.

La Vicuña (Vicugna vicugna) tiene su hábitat en las altiplanicies andinas desde los 3800 a los 4600 m.s.n.m. (Torres, 1983). Los Guanacos (Lama guanicoe) en cambio, se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 5200 m.s.n.m. (de Lamo, 2011) adaptándose a una gran diversidad de ambientes que van desde el altiplano del Perú (8° S) hasta la Patagonia (55° S) incluyendo tierra del fuego (González, 2006).

Los Guanacos son catalogados como herbívoros oportunistas, es decir, son capaces de alimentarse de muchos tipos de plantas, desde plantas cactáceas en la zona costera del norte de Chile, hasta hojas de árboles en la Patagonia. Cuando hay disponibilidad prefieren alimentarse de plantas herbáceas nativas. Su adaptación a los climas extremos que habita se debe en parte a su capacidad para digerir lentamente la vegetación de baja calidad absorbiendo de mejor forma sus nutrientes, además su cuerpo utiliza el agua con eficiencia de modo que puede pasar periodos sin beber agua (Gonzales, 2006; de Lamo, 2011). Las Vicuñas, en cambio, necesitan beber agua diariamente, de modo que su conducta y por tanto su distribución está condicionada a la obtención de ese recurso (normalmente no se encuentran a más de 1,6 km del agua; Vilá, 1999). Cuando están en ambientes ricos en agua y con abundancia y buena calidad de alimento, gastan mayor tiempo en otras actividades, este comportamiento se ha explicado porque son capaces de suplir más rápido sus necesidades alimenticias (Vila & Cassini, 1993, referenciado en Vilá, 1999). Pero en general gastan entre un 70% a un 90% del tiempo pastoreando (Vila & Cassini, 1994, referenciado en Vilá, 1999), por lo que prefieren lugares donde la vegetación es de mayor contenido nutricional como es el caso de las vegas y bofedales (Vilá, 1999) que como se explicó se encuentran en lugares de afloramiento de agua subterránea.

Es importante destacar que las Vicuñas tienen sus órganos adaptados para alimentarse de la vegetación xerófila que crece en la zona altiplánica y de la puna, realizando un “pastoreo de bajo impacto” al compararse con especies introducidas. Esta especie no arranca la vegetación, sino que la corta por medio de sus incisivos superiores. Además, seleccionan partes de la planta para alimentarse. Otra adaptación importante de

Folio006826

mencionar es que las patas de las vicuñas tienen yemas blandas que no destruyen el suelo delgado de la vegetación (Vilá, 1999).

1.10 Descripción de los sitios prioritarios preliminares

Sobre el sustento de la base de la revisión de antecedentes, se elaboró una síntesis de la información relacionada con cada uno de los humedales prioritarios indicados anteriormente, cuyas fichas se presentan en las secciones siguientes.

En relación al estado de conservación de la flora y fauna presentes en cada ficha de cada sitio prioritario, es importante señalar que se utilizó la información contenida en el DS N° 29, de 2011 de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; del Ministerio del Medio Ambiente; Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según su Estado de Conservación. Se consideraron todas sus actualizaciones, contenidas en decretos generados en el marco del Reglamento de Clasificación de Especies, estos son: DS Nº 151 de 2007, DS Nº 50 de 2008, DS Nº 51 de 2008, DS N° 23 de 2009 y DS N° 33 de 2012, DS N° 13 de 2013, DS N° 52 de 2014, DS N° 16 de 2016 y el DS N° 6 de 2017, todos de MMA.

Folio006827

1.10.1 Cuenca Río Loa Alto

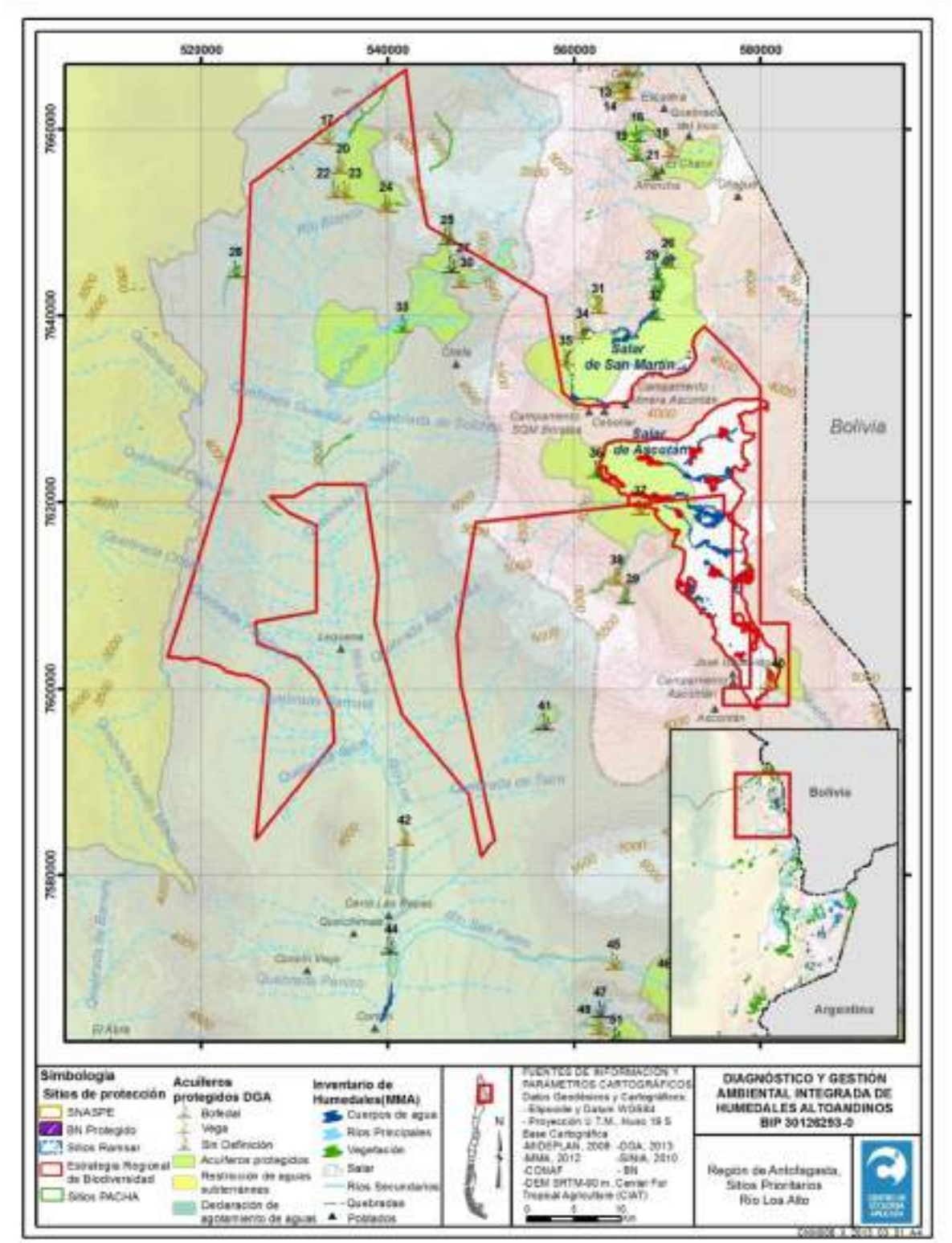


Figura 1.44. Ubicación del sitio prioritario Cuenca Río Loa Alto. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006828

Tabla 1.43. Ficha sitio prioritario Cuenca Río Loa Alto.

SITIO PRIORITARIO	**Cuenca Río Loa Alto**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas**	
3500-5500m	2074,36 Km^2	544279m E	7626486m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Medio		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	NO (En Proyecto)		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Coyahuasito (17) - Miño 1 (20) - Paco Paco (22) - Miño 2 (23) - Pantano (24) - Casicsa (25) - Queñuales (27) - Vega Chaihuiri (30) - Chela (33) - Palpana 2 (36) - Cebollar (37) - Borde Sureste Ascotán (40)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (537540m E - 7655396m N) (533424m E - 7659751m N) (565765m E - 7638320m N) (539479m E - 7638383m N) (565549m E - 7621249m N) (548327m E - 7645912m N) (582868m E - 7601519m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	Sí (La mayor parte del sector poniente del sitio prioritario)		
Bien Nacional Protegido (Ministerio de Bienes Nacionales, MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Fiscal			
Características del sitio			
La única cuenca exorreica que forma parte de las Regiones I y II que logra llevar recursos hídricos desde la cordillera andina hasta el océano Pacífico es el río Loa, que con un cauce de 440 Km. de longitud atraviesa el desierto de Atacama. El sector alto del río Loa nace en la falda norte del volcán Miño en Ojos del Miño, casi en el límite entre las dos primeras regiones de Chile; con curso aproximadamente N-S, hasta después de la confluencia con el río San Pedro (DGA, 2004d).			

Los tributarios en este tramo son los ríos Blanco y Chela además de la quebrada Sapunta, los cuales no poseen escurrimiento superficial, a diferencia del río San Pedro, el principal tributario del sistema (DGA, 2004d).

Clima

Para este tramo del río Loa, el clima corresponde a 2 tipos:

a) Desértico Marginal de Altura: este tipo climático se localiza por sobre los 2.000 metros de altura, debido a ello las temperaturas son más atenuadas presentando una media anual de 10ºC. En este subtipo aparecen las primeras lluvias que fluctúan entre 50 y 100 mm anuales, ellas se presentan en los meses de verano producto del invierno boliviano.
b) Clima de Estepa de Altura: este subtipo climático predomina en el sector altiplánico de la cuenca, por sobre los 3.000 metros de altura, la principal característica es el aumento de las precipitaciones que alcanzan a 300 mm de agua caída en el año.

La precipitación registrada por la estación meteorológica río Loa en Calama (2.260 metros de altitud), registra como promedio anual 4 mm, mientras que la estación meteorológica de Lequena, registra 146 mm/año.

La escorrentía superficial media anual registrada en la cuenca sobre los 4.000 metros de altura por la estación río Loa en Lequena es de 8,5 mm/año.

Desde el punto de vista de disponibilidad de los recursos hídricos, las pérdidas de agua por evaporación en lagunas y salares son altas, registrando en promedio entre 2.000 y 3.000 mm/año. La estación meteorológica de Calama, registra 3.787 mm/año (DGA, 2004d).

Geología y volcanismo

Existe influencia volcánica en esta cuenca por parte del volcán San Pedro (Estratovolcán Histórico cuya última erupción se registra entre 1900 y 1963), Ollagüe (Estratovolcán del Holoceno en actividad), Apagado, Linzor, San Pablo y Miño, que se ubican en el interior de la cuenca, además del volcán Tatio (Campo hidrotermal, pleistoceno- Geiser, erupción cuaternaria con probable actividad holocena de tipo hidrotermal) que se ubica en el límite con la cuenca de Salar de Atacama (DGA, 2004d).

Hidrogeología

En la sección nororiente, la cuenca hidrogeológica posee orientación distinta a la hidrológica (hasta aproximadamente la latitud 22º00'), la cual drena a la república de Bolivia. En la parte alta, desde su nacimiento en la falda occidental del Volcán Miño, destacan rocas volcánicas fracturadas formada por coladas, brechas y tobas andesíticas de permeabilidad media que corresponden al periodo Terciario y Cuaternario que coincide con el período de formación del macizo andino. El acuífero en esta sección sigue orientación norte -sur por un lecho de rocas no consolidadas o rellenos hasta el sector de San Pedro. En este sector se reúne con aguas subterráneas procedentes desde el oriente que siguen la trayectoria del río San Pedro (DGA, 2004d).

Geomorfología

El río Loa nace en la falda occidental del volcán Miño a 5.000 metros de altura. En este sector el río Loa está limitado por un relieve dominado por el macizo andino que alcanza importantes alturas, entre ellas el volcán Miño (5.611 m.s.n.m.), cerro Polán (5.425 m.s.n.m.) y Cerro Gordo (5.194 m.s.n.m.). El escurrimiento general que sigue el cauce en este sector, posee orientación Norte – Sur hasta la confluencia con el río Salado donde cambia prácticamente en 90º hacia el poniente. El cauce del río presenta terrazas fluviales muy escarpadas, limitadas por cordones montañosos y pampas de escarpes muy pronunciados.

Siguiendo la trayectoria Norte – Sur, el río Loa limita con la pampa de Puno y Cordón del Millo por el poniente, y al oriente con Loma Alto de la Cueva que destaca en altura por el cerro Chela y Polpana con alturas de 5.644 y 6.023 m.s.n.m., respectivamente. Siguiendo más al sur, destacan los volcanes de San Pedro (6.145 m.s.n.m.) y San Pablo (6.092 m.s.n.m.) los que constituyen el límite norte del río San Pedro, uno de los principales aportes del río Loa en el sector alto (DGA, 2004d).

Información Fluviométrica

El régimen del río Loa y el de sus afluentes es pluvial, ya que sus crecidas obedecen a intensas lluvias de verano caídas en la alta cordillera, producto del denominado “Invierno Altiplánico”.

De los valores registrados en la estación ubicada en el río Loa antes de represa Lequeña, para distintas probabilidades de excedencia se observa un régimen pluvial con sus mayores caudales entre enero y marzo, producto de lluvias estivales altiplánicas. En años húmedos se aprecian importantes caudales en febrero y bajos escurrimientos en noviembre y diciembre. En años secos los caudales son más uniformes a lo largo del año, sin presentar variaciones de consideración. Los menores caudales se producen entre enero y marzo, debido a la ausencia de lluvias estivales en años secos.

Para la estación Loa en alcantarilla Conchi Nº 2, ubicada después de la junta con en el río San Pedro, a 2932 m.s.n.m. también se observa un régimen pluvial, con los caudales más importantes entre enero y marzo, producto de lluvias de verano. En años húmedos, los mayores caudales se observan en febrero, mientras que los menores se presentan en octubre y noviembre. En años secos los caudales se distribuyen de manera más uniforme, sin presentar variaciones de consideración. Los menores caudales se observan entre octubre y diciembre, debido a las bajas precipitaciones (DGA, 2004d).

Para la Subcuenca del río San Pedro, desde su nacimiento en la alta cordillera de Los Andes en la aguada de Inacaliri, hasta su junta con el río Loa. El río San Pedro muestra caudales muy parejos a lo largo del año, con la excepción de los meses de verano, cuando muestra sus mayores caudales producto de lluvias altiplánicas. Tanto para años húmedos y secos, los caudales se presentan sin variaciones de importancia entre abril y enero. El período de menores caudales se prolonga entre abril y enero, ya que no se distinguen variaciones en los caudales durante este período.

Los factores incidentes en la calidad del agua de la cuenca se pueden dividir en tres

Folio006831

zonas geomorfológicas: Altiplano, zona media y desierto: En el Altiplano predominan los factores climáticos y litológicos, en la zona media los efectos de la franja metalogénica F-8, y en la zona de desierto el efecto del suelo rico en componentes inorgánicos. La calidad natural de los tributarios de la parte media y alta de la cuenca, presenta gran cantidad de metales y iones en solución, los que son de origen natural y cuyo origen está influenciado especialmente por la franja metalogénica F-8. La alta radiación solar contribuye de manera activa a concentrar la mayoría de los parámetros de calidad (DGA, 2004d).

Biodiversidad

En esta zona de la cordillera de los Andes se encuentra una formación vegetacional de alta relevancia ecológica denominada "Desierto de la cuenca superior del Río Loa" y un "Piso vegetacional" denominado "Matorral bajo tropical andino de *Fabiana denudata* y *Chuquiraga atacamensis*", de los cuales sólo un 0.5% y 21.6% de sus superficies totales respectivas forman parte de algún Área Silvestre Protegida (MMA, 2013).

Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza). ᵡᵡ Citado en DS 13/2013 MMA; pero no descrito para la región según Listado Oficial (2016).

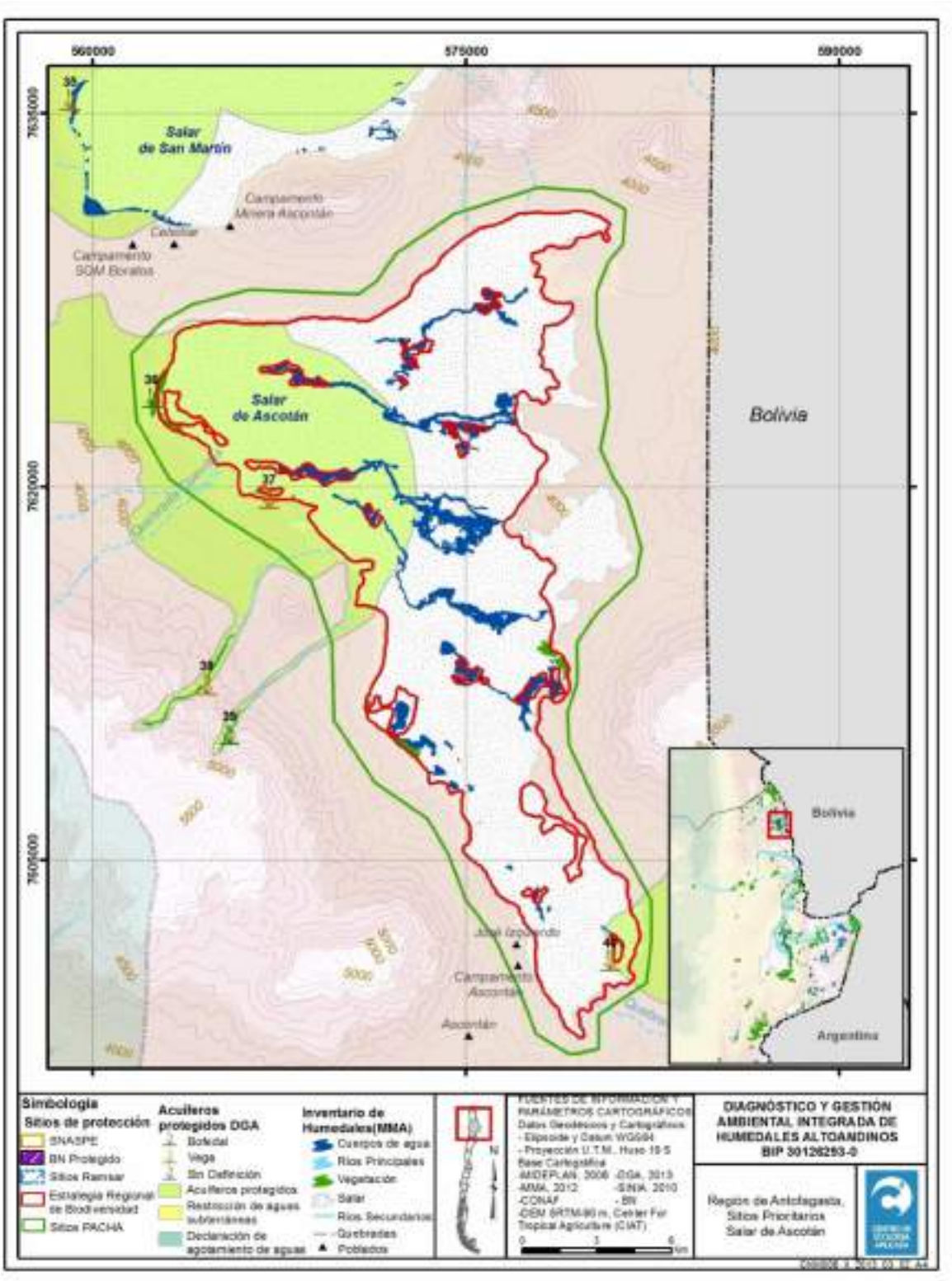
Flora	**Fauna**
- ALGARROBO DEL NORTE; *Prosopis alba* (Preocupación Menor) - ᵡᵡ ALGARROBO DEL CENTRO; *Prosopis chilensis* (Vulnerable) - AIRAMPOA; *Airampoa ayrampo* (Preocupación Menor) - CARDÓN; *Trichocereus atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *MaihuenIopsis atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenlopsis glomerata* (Casi Amenazada) - CULANTRILLO; *Cheilanthes pruinata* (Preocupación Menor) - DORADILLA; *Argyrochosma nivea* (Preocupación Menor) - ᵡᵡ HELECHO COCA; *Pellaea ternifolia* (Preocupación Menor) - LLARETA; *Azorella compacta* (Vulnerable) - QUEÑOA DE ALTURA; *Polylepis tarapacana* (Vulnerable) - TOMATE SILVESTRE; *Solanum sitiens* (Vulnerable – Rara) - TUNA, TUNILLA; *Maihueniopsis boliviana* (Preocupación Menor) - VIEJITO; *Oreocereus leuchotrichus* (Preocupación Menor)	Peces: - BAGRECITO; *Trichomycterus rivulatus* (En Peligro – Rara) - KARACHI; *Orestias agassi* (En Peligro) Anfibios: - SAPO; *Telmatobius fronteriensis* (En Peligro Crítico) - SAPO; *Telmatobius halli* (En Peligro Crítico) - SAPO DE ATACAMA; *Rhinella atacamensis* (Vulnerable) - SAPO DE PHILIPPI; *Telmatobius philippii* (En Peligro) - SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa* (Preocupación Menor) Reptiles: - CULEBRA PERUANA; *Tachymenis peruviana* (Rara) - DRAGÓN DE STOLZMANN; *Liolaemus stolzmanni* (Vulnerable) - LAGARTIJA DE CABEZA NEGRA; *Liolaemus nigriceps* (Casi Amenazada) - LAGARTIJA DE CONSTANZA; *Liolaemus constanzae* (Preocupación Menor) - LAGARTIJA DE DONOSO; *Liolaemus donosoi* (En Peligro) - LAGARTIJA DE FABIAN; *Liolaemus fabiani* (En Peligro) - LAGARTIJA ORNAMENTADA; *Liolaemus ornatus* (Datos Insuficientes) - LAGARTIJA PANTERA; *Liolaemus*

Folio006832

	pantherinus (Rara) - LAGARTIJA RUBRICADA; *Liolaemus signifer* (Rara) Aves: - CONDOR; *Vultur gryphus* (Vulnerable) - CUERVO DE PANTANO; *Plegadis ridgwayi* (En Peligro) - FLAMENCO CHILENO; *Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA; *Chroicocephalus serranus* (Vulnerable) - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus cassini* (Preocupación Menor) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi gayi* (Preocupación Menor) - PERDIZ DE LA PUNA; *Tinamotis pentlandii* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Oressochen melanopterus* (Preocupación Menor) - SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) - TAGUA GIGANTE; *Fulica gigantea* (Vulnerable) Mamíferos: - CHINCHILLA CORDILLERANA; *Chinchilla chinchilla* (En Peligro Crítico) - COLOCOLO; *Leopardus colocolo* (Casi Amenazada) - GATO ANDINO; *Leopardus jacobita* (En Peligro-Rara) - GUANACO; *Lama guanicoe* (Vulnerable) - PUMA; *Puma concolor* (Casi Amenazada) - QUIQUE; *Galictis cuja* (Preocupación Menor) - QUIRQUINCHO DE LA PUNA; *Chaetophractus nationi* (Vulnerable) - RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA: *Abrocoma cinerea* (Preocupación Menor) - RATÓN DE LA PUNA; *Auliscomys sublimis* (Preocupación Menor) - RATÓN DE PIE SEDOSO; *Eligmodontia puerulus* (Preocupación Menor) - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En Peligro) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (Preocupación Menor) - ZORRO CHILLA; *Lycalopex griseus* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Lycalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio006833

1.10.2 Salar de Ascotán



Folio006834

Figura 1.45.Ubicación del sitio prioritario Salar de Ascotán. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*

Tabla 1.44. Ficha sitio prioritario Salar de Ascotán.

SITIO PRIORITARIO	**Salar de Ascotán**	
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**
3800 m.s.n.m.	260 km^2	573867m E - 7617624m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Medio	
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	No	
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No	
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Palpana 2 (36) - Cebollar (37) - Borde Sureste Ascotán (40)	
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (565549m E - 7621249m N) (582868m E - 7601519m N)	
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No	
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No	
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No	
Propiedad (CONAMA, 2002)		
Sector norte, particulares, el resto mayormente fiscal, pero con destinaciones para proyectos mineros		
Características del sitio		
El salar de Ascotán, está situado al nororiente de la ciudad de Calama, en una gran cuenca orientada de Norte a Sur que está limitada, al oeste, por el Cordón Occidental de la Cordillera de los Andes, con los cerros del Azufre (5.846 m.s.n.m.), Carasilla (5.040 m.s.n.m.) y Polapi (5.940 m.s.n.m.); hacia el este, por el Cordón Oriental, con los cerros Ascotán-Jardín (5.478 m.s.n.m.) y Araral (5.688 m.s.n.m.); hacia el sur, la cuenca se cierra con los faldeos asociados a los cerros Ascotán y Azufre, y, hacia el norte, limita con el sector de las serranías que la separan del salar de Carcote (Tellier & Becerra, 2003). <u>Biodiversidad</u> De las especies presentes cabe destacar el valor que tiene este sistema para la especie endémica de “Karachi de Ascotán” (*Orestias ascotaensis*), declarada En Peligro por su bajo tamaño poblacional y reducida superficie de distribución (Acotada a los salares de Ascotán y Carcote, aproximadamente 8.5 Km^2). Monitoreos realizados por Illanes y	

Asociados S.A. (Noviembre, 2010) en el sector sur del salar contabilizaron un total de 107 individuos (MMA, 2013; Illanes, 2011).

Climatología

El clima del área corresponde a uno de tendencia tropical y presenta un importante grado de aridez, ya que las precipitaciones, de acuerdo con los datos de la estación climática más cercana (Ollagüe), alcanzan en promedio sólo a unos 80 mm anuales. Las precipitaciones se concentran principalmente en el período de verano, aunque también se pueden registrar precipitaciones sólidas (nieve y granizo) durante el período invernal (Tellier & Becerra, 2003). La evaporación potencial anual es de 1.630 mm/año y la temperatura media anual es 8°C (Risacher et al., 1999b).

Geología

El Salar de Ascotán es de tipo “playa” con limos salinos y costras de sales (yeso, halita). A unos decímetros bajo la superficie se encuentra una napa de salmuera. Es una boratera donde se explota la Ulexita cerca de la orilla centro-oeste (Cebollar). Presenta un complejo sistema de lagunas superficiales elongadas este-oeste o suroeste-noreste alimentadas por vertientes que surgen de la orilla oriental del salar (Risacher et al., 1999b). La permeabilidad es variable y se clasifica como Alta a Baja, de tipo secundaria en rocas fracturadas conformadas por coladas de lavas, tobas y brechas con intercalaciones de sedimentos elásticos continentales, de edades terciario al reciente (DGA, 2004ª).

Hidrología

El salar de Ascotán se divide en dos partes. El sector oriental se caracteriza por aguas de aporte salobres de tipo Na-(Ca) / Cl y de vía evolutiva neutra cálcica en completa discrepancia con la litología de la cuenca de drenaje constituida de rocas volcánicas con azufre. El origen de estas aguas es desconocido. No provienen de las napas superficiales de las cuencas bolivianas colindantes. Las numerosas vertientes del sector oriental tienen un caudal total muy elevado de 730 l/s y alimentan un complejo sistema lagunar. Ninguna de las aguas de aporte de este sector tiene una calidad aceptable para el uso doméstico o agrícola.

El sector occidental se caracteriza por aguas de aporte con salinidad y composición variada, y de contenido porcentual en SO_4 más elevado que el de las aguas del sector oriental. Todas siguen las vías evolutivas sulfatadas, lo que se condice con la litología de la cuenca. El caudal entrante por este sector, 200 l/s, es muy inferior al del sector oriental. Alimentan solamente pequeñas lagunas adyacentes a la orilla y también la napa subterránea del oeste del salar produciendo salmueras de tipo: Na / $Cl^{-}(SO_4)$. Es en este sector que se encuentran las únicas aguas aprovechables para el uso humano y agrícola.

La principal alimentación superficial al salar de Ascotán proviene de vertientes de aguas salobres que surgen en la orilla misma. Las vertientes de más flujo, que son también las más numerosas, se encuentran a lo largo de la orilla este. Casi todas las aguas de aporte de Ascotán tienen influencia termal.

El acuífero en relleno sedimentario se presenta libre a semiconfinado con espesores entre

Folio006836

50 a 200 m y distribución areal variable, el cual es alimentado por aguas lluvias, escorrentía superficial continua o esporádica y escorrentía subterránea que fluye a través de rocas fracturadas que conforman los bordes de las cuencas hidrográficas que los contiene; por otro lado, la descarga se produce principalmente por evaporación, o en forma artificial por la extracción de pozos (DGA, 2004ª).

Las aguas subterráneas en la zona de estudio tienen composiciones químicas variables que dependen de: la geoquímica de los materiales que las contienen, el tiempo de transporte y el origen de la recarga. Sin embargo, en general, estas aguas son de mediana calidad (con respecto a la norma INN NCh 409), de carácter salobre, sulfatocloruradas, con concentraciones altas de arsénico y total de sólidos disueltos sobre los 3.000 mg/l (Risacher et al., 1999b).

Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza).

Flora	**Fauna**
- CARDÓN; *Trichocereus atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenlopsis atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenlopsis glomerata* (Casi Amenazada)	<u>Peces:</u> - KARACHI, KARACHI DE ASCOTÁN; *Orestias ascotaensis* (En Peligro) <u>Anfibios:</u> - SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa*. (Preocupación Menor) <u>Reptiles:</u> - LAGARTIJA DE CONSTANZA. *Liolaemus constanzae* (Preocupación Menor). <u>Aves:</u> - CONDOR; *Vultur gryphus* (Vulnerable) - FLAMENCO CHILENO*; Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable). - GAVIOTA ANDINA; *Chroicocephalus serranus* (Vulnerable) - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus cassini* (Preocupación Menor) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi gayi* (Preocupación Menor) - PERDIZ DE LA PUNA; *Tinamotis pentlandii* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Oressochen melanopterus* (Preocupación Menor) - SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) - TAGUA CORNUDA; *Fulica cornuta* (Casi Amenazada) <u>Mamíferos:</u> - CHINCHILLA CORDILLERANA; *Chinchilla chinchilla* (En Peligro Crítico) - GATO ANDINO; *Leopardus jacobita* (En Peligro-Rara)

Folio006837

	- GUANACO; *Lama guanicoe* (Vulnerable) - PUMA; *Puma concolor* (Casi Amenazada) - QUIQUE; *Galictis cuja* Preocupación Menor) - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En peligro) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (Preocupación Menor) - ZORRO CHILLA; *Lycalopex griseus* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Lycalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio006838

1.10.3 Geiser del Tatio

.

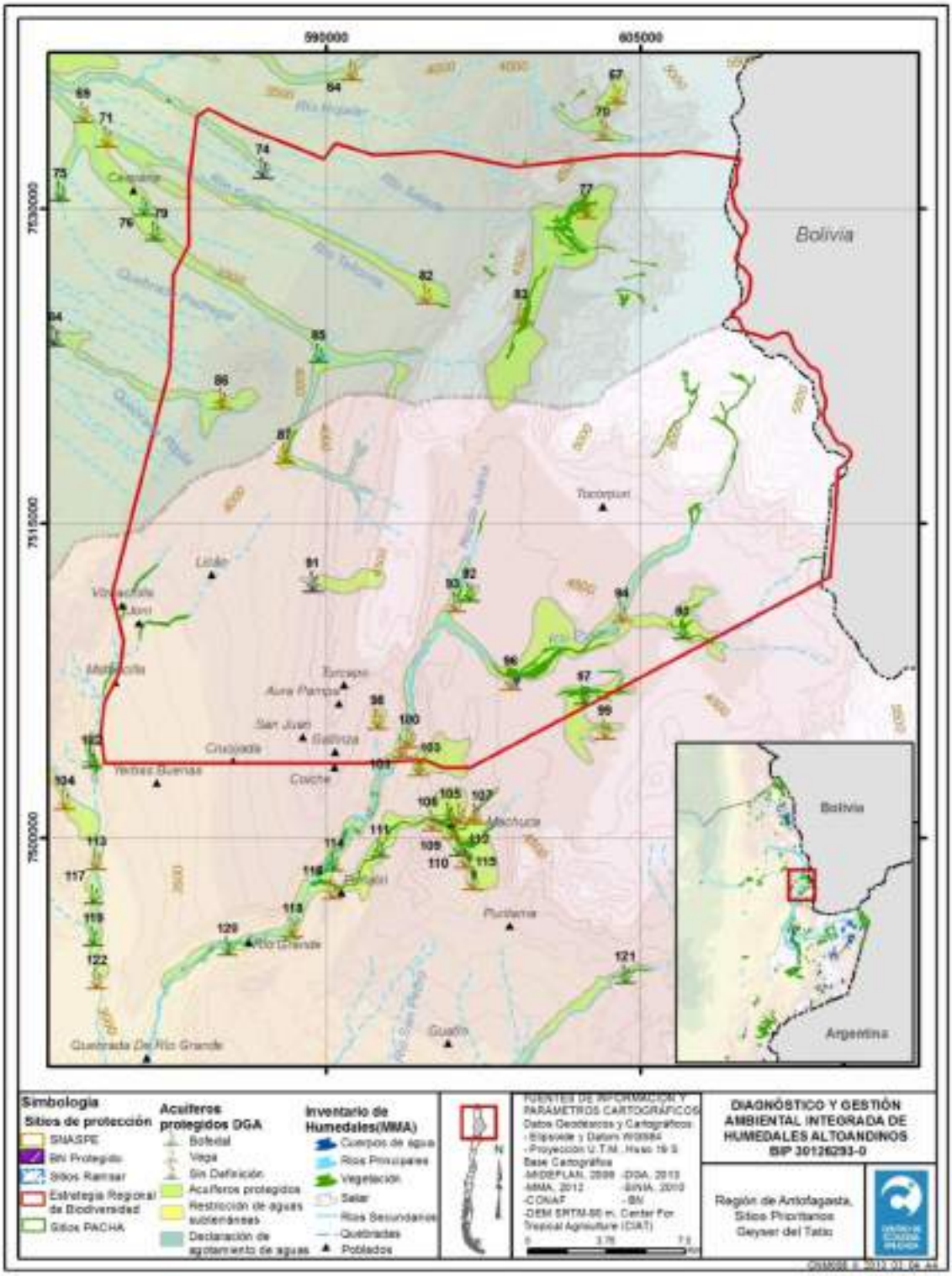


Figura 1.46. Ubicación del sitio prioritario Geiser del Tatio. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006839

Tabla 1.45. Ficha sitio prioritario Geiseres del Tatio.

SITIO PRIORITARIO	**Geiser del Tatio**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
4320 m.s.n.m.	839,51 km^2	595984m E	7518315m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Medio		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	No		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Yuto (103) - Chucurate (100) - Lagunita (98) - Putana (96) - Jauna (93) - Tocorpuri (94) - Tocone (87) - Chita 1 (86) - Ojo Talicuna (82) - El Tatio (83) - Geiser, del Tatio (77) - Incahuasi 2 (97) - Coyapujo (92) - Ojos de Putana (95) - Cablor (85) - Purifican (91) - Agua Dulce 1 (74)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (581087m E – 7522159m N) (597059m E – 7505480m N) (591104m E – 7512226m N) (592504m E – 7505806m N) (594007m E – 7504893m N) (595590m E – 7503868m N) (600536m E – 7526541m N) (602459m E – 7505943m N) (584811m E – 7528859m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	Sí (En la zona norte del sitio prioritario)		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		

Propiedad (CONAMA, 2002)
Mayormente fiscal, con solicitudes de explotación y demanda de tierras ancestrales de parte de comunidades indígenas.
Características del Sitio

Ubicación

El campo geotermal El Tatio está localizado en la falda noreste de la cordillera de los Andes, a 150 kilómetros al sureste de Calama.

Clima y Meteorología

La climatología del lugar está caracterizada por el régimen altiplánico de precipitaciones estivales, que en promedio es de 156 mm, y por una elevada tasa de evaporación que en promedio llega a los 1.593 mm/año. La temperatura promedio anual es de 2,4 °C. (DGA, 1998).

Geomorfología y Geología

El campo geotermal del Tatio está ubicado en el centro de una de las provincias de ignimbrita neogénica más extensas del mundo. Este particular sistema hidrológico es recargado por aguas meteóricas que permean a través de formaciones rocosas de la cadena volcánica adyacente descendiendo una profundidad de 750 – 900 m (Dobson et al., 2013; Capaccioni et al., 2009).

Los cuerpos magmáticos intrusivos presentes formados durante grandes movimientos tectónicos durante el plio-pleistoceno seguidos a la formación de la fosa tectónica de El Tatio y el emplazamiento de los cuerpos sub efusivos de Copacoya y Piedras Grandes, son considerados la principal causa del calentamiento del acuífero en profundidad (> 260 °C; Capaccioni et al., 2009).

Las grandes unidades fisiográficas presentes en el área de estudio, pueden ser divididas y caracterizadas en relación a su relieve de la siguiente manera según una orientación general N-S y obedeciendo un patrón W-E (MOP, 2007):

a. El Piedemonte o Precordillera andina
Es un gran plano inclinado que asciende hacia la cordillera de los Andes, con alturas entre 2.500 y 4.000 msnm en su parte oriental. Constituye una unidad notable con numerosas quebradas que la disectan. Se constituye por una acumulación de rocas volcánicas (andesitas de piroxeno, ignimbritas y rocas detríticas) de varios centenares de metros, que se encuentran en alternancia constituyendo acumulaciones mixtas.

b. Cordillera de los Andes
Constituida por una cadena maciza volcánica de orientación norte sur a noreste, producto del solevantamiento a comienzos del Mioceno. Entre los volcanes existentes se ubican pequeñas planicies y cuencas intermontanas que conforman parte importante de la morfología del altiplano. Las terrazas y el modelado actual se viene produciendo desde el Terciario, existiendo en el altiplano una morfología de origen glacial. En el pedimento también han tenido lugar innumerables aluviones y lavas torrenciales que mantienen a las quebradas en constante transformación.

Los relieves dominantes adyacentes al área de los géiseres lo constituyen cordones montañosos y relieves de laderas, derivados de un cúmulo de grandes aparatos volcánicos, entre los que destaca el cerro el Volcán de 5.547 msnm. Más al sur se reconoce el cordón de cerros el Tatio, el cual posee un trazado general noreste y alturas máximas que promedian los 5.240 m.s.n.m. En el margen occidental de dicho cordón se encuentra la cuenca intramontana del Tatio, de origen estructural y que se extiende en dirección NNE-SSO. Es en ésta donde se emplazan mayoritariamente las manifestaciones geotermales y donde tiene su origen el río Salado, con la confluencia de diversos cursos fluviales menores, más los flujos de los manantiales geotermales (SGA – GND, 2007).

Hidrología

El sistema hídrico está establecido entre la divisoria de aguas de la cordillera de Los Andes (frontera con Bolivia), con cotas que sobrepasan los 5.800 m.s.n.m. y el nivel de base del salar de Atacama (2.300 m.s.n.m.) con la excepción de la subcuenca Tatio, que drena por el río Salado hacia la cuenca del río Loa (MOP, 2007)

1. Subcuenca el Tatio
Se ubica en el extremo norte del área de estudio y contiene al campo geotérmico, su régimen es exorreico y drena hacia el poniente por el río Salado, el cual confluye con el río Loa en el sector de Chiu Chiu. Su naciente se encuentra a 5.547 m.s.n.m. y su desagüe a 4.228 m.s.n.m., en el sector de Hoyada Mala, al poniente del campo geotérmico (MOP, 2007).

2. Subcuenca Jauna
Se encuentra al sur del campo geotérmico y tiene su naciente en el cordón del volcán Tatio (5.296 m.s.n.m.), bajando hasta los 4.196 m.s.n.m. en su confluencia con el río Putana. El río Jauna nace en la junta de dos quebradas en el lado sur del paso Vizcachas y drena de norte a sur sin escurrimiento superficial por unos diez kilómetros (MOP, 2007).

3. Subcuenca Putana
La subcuenca del río Putana es la más importante del área de estudio, aportando la mayor cantidad de agua desde sus nacientes en la cordillera de los Andes al sistema Río Grande – San Pedro que drena al Salar de Atacama. Sus puntos más altos son los cerros de Tocorpuri (5.808 msnm) y el volcán Putana más al sur (5.809 msnm) por donde pasa la quebrada Agua Brava, que nace en Bolivia y escurre hacia Chile (MOP, 2007).

Los principales afluentes del río Putana son (de norte a sur) la quebrada la Torta, río Blanco o Tocorpuri, quebrada San Lucrecio y río Incahuasi. Este último no nace en la alta cordillera, sino que en los cerros de Incahuasi, un cordón de cerros islas que constituyen la divisoria de aguas entre los sistemas Río Grande – San Pedro y Puritama – Vilama (MOP, 2007).

Calidad química de las aguas

En este sitio se presentan más de 100 manantiales en erupción y termas dispersas en un área de cerca de 35 km^2, donde se incluyen manantiales hirvientes, pozas de barro, terreno humeante y algunas fumarolas – y los más famosos, cerca de 80 geiseres activos.

El sistema hidrológico geotermal de El Tatio produce una importante contaminación sobre un área muy extensa. Los ríos Salado y, en menor medida, el río San Pedro se encuentran significativamente contaminados. Estos representan dos de las más importantes fuentes de agua para consumo humano para miles de personas que viven en la ciudad de Calama y el pueblo de San Pedro de Atacama. En particular a lo largo del río Salado los contenidos de As y B están presentes en concentraciones de más de un orden de magnitud sobre la máxima concentración aceptable (MCA) de contaminantes de la directiva 98/83 para aguas bebestibles de la Comunidad Económica Europea (CEE), y su contaminación se extiende a por el río Loa tan lejos como hasta la ciudad de Antofagasta. Finalmente, la contaminación por As y B se presenta más extensivamente hacia el oeste a lo largo del río Salado, probablemente debido a la falta de agua de dilución procedente del derretimiento nival del flanco occidental de la cordillera contigua (Capaccioni et al., 2009).
La calidad de las aguas termales presentes en el campo geotermal ha sido investigada, en particular, debido al contenido extremadamente alto de Arsénico y Boro, de los cuales el primero posee un serio riesgo medioambiental para las áreas circundantes (Capaccioni et al., 2009; Dobson et al., 2013).

Particularidades del sector

Los Geiser fueron explorado por primera vez en 1908 (Fox, 2013). El Tatio no solo es el mayor campo de geiseres de Chile, y de todo el hemisferio Sur, sino que también es el tercero más grande del mundo con cerca del 8% de la superficie total, tras Yellowstone (USA) y Dolina Giezerov (Rusia) (Capaccioni et al., 2009). Dentro del campo existen tres zonas bien delimitadas de géiseres: 1) la Cuenca Superior (la de mayor superficie, 5 km^2), donde se encuentran la mayor cantidad de conos activos y el geiser más grande (5 m de altura). 2) La Cuenca Media se encuentra inmediatamente al sur de la Cuenca Superior, contiene serie de pozas de 3 metros de profundidad promedio con erupciones frecuentes. Y 3) La Cuenca Baja (o zona del río) se encuentra a las orillas del Río Salado, aproximadamente 2 kilómetros río abajo de la Cuenca Media. Al menos diez manantiales hacen erupción dentro y cerca del río con alturas de 1 a 3 metros, algunos hacen erupción desde dentro de los canales del río mismo, incluyendo varios géiseres subterráneos cuyas erupciones expulsan sedimentos a las orillas del río (Glennon y Pfaff, 2003).

En relación a su potencial geotérmico, las primeras perforaciones realizadas (1969-1971) mostraron un potencial de 30 MW por pozo perforado. Aunque el potencial completo del campo geotermal de El Tatio fue estimado dentro del rango de 100 – 400 MW. En la actualidad existe una concesión de explotación geotérmica a nombre de Geotérmica del Norte S.A. (Fox, 2013)

Biodiversidad

La flora descrita para el sitio, según estudio de CEAA (2008c), se compone de 89 especies nativas y 1 introducida distribuidas en 23 familias y 59 géneros, en los cuales predominan las Asteráceas. La flora descrita se encuentra asociada principalmente en cuatro comunidades vegetacionales: *Parastrephia quadrangularis – Festuca orthophylla, Fabiana densa – Baccharis boliviensis, Festuca chrysophylla – Fabiana bryoides* y *Oxychloe andina*. De todas las especies registradas las más importantes debido a su cobertura y frecuencia relativa en el área de estudio, son (orden decreciente): *Festuca ortophylla, Baccharis incarum, Festuca chrysophylla, Parastrephia quadrangularis, Mulinum crassifolium* y *Pycnophyllum bryoides*.

Respecto de la fauna presente, se ha descrito un total de 43 especies de vertebrados nativos, distribuidas en 15 órdenes, 35 géneros y 23 familias, de los cuales un 18,2% corresponden a mamíferos, un 72,7% a aves, 2,3% al grupo anfibios y un 6,8% a reptiles. Las especies con mayor presencia son la Lagartija andina, el Pato Juarjual y el Lauchón orejudo grande (CEA, 2008c).

Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza).

Flora	**Fauna**
- CARDÓN; *Trichocereus atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenlopsis glomerata* (Casi Amenazada) - LOBIVIA; *Lobivia Formosa* (Vulnerable) - LLARETA; *Azorella compacta* (Vulnerable) - TUNA, TUNILLA; *Maihueniopsis boliviana* (Preocupación Menor) - VIEJITO; *Oreocereus leuchotrichus* (Preocupación Menor)	<u>Anfibios:</u> - SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa* (Preocupación Menor) <u>Aves:</u> - CONDOR; *Vultur gryphus* (Vulnerable) - FLAMENCO CHILENO; *Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA; *Chroicocephalus serranus* (Vulnerable) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi* (Preocupación Menor) - PERDIZ DE LA PUNA; *Tinamotis pentlandii* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Oressochen melanopterus* (Preocupación Menor) - SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) - TAGUA GIGANTE; *Fulica gigantea* (Vulnerable) <u>Mamíferos:</u> - CHINCHILLA CORDILLERANA; *Chinchilla chinchilla* (En Peligro Crítico) - COLOCOLO; *Leopardus colocolo* (Casi Amenazada) - GUANACO; *Lama guanicoe* (Vulnerable) - RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; *Abrocoma cinerea* (Preocupación Menor) - RATÓN DE LA PUNA; *Auliscomys sublimis* (Preocupación Menor) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En Peligro) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Lycalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio006844

1.10.4 Oasis de Calama

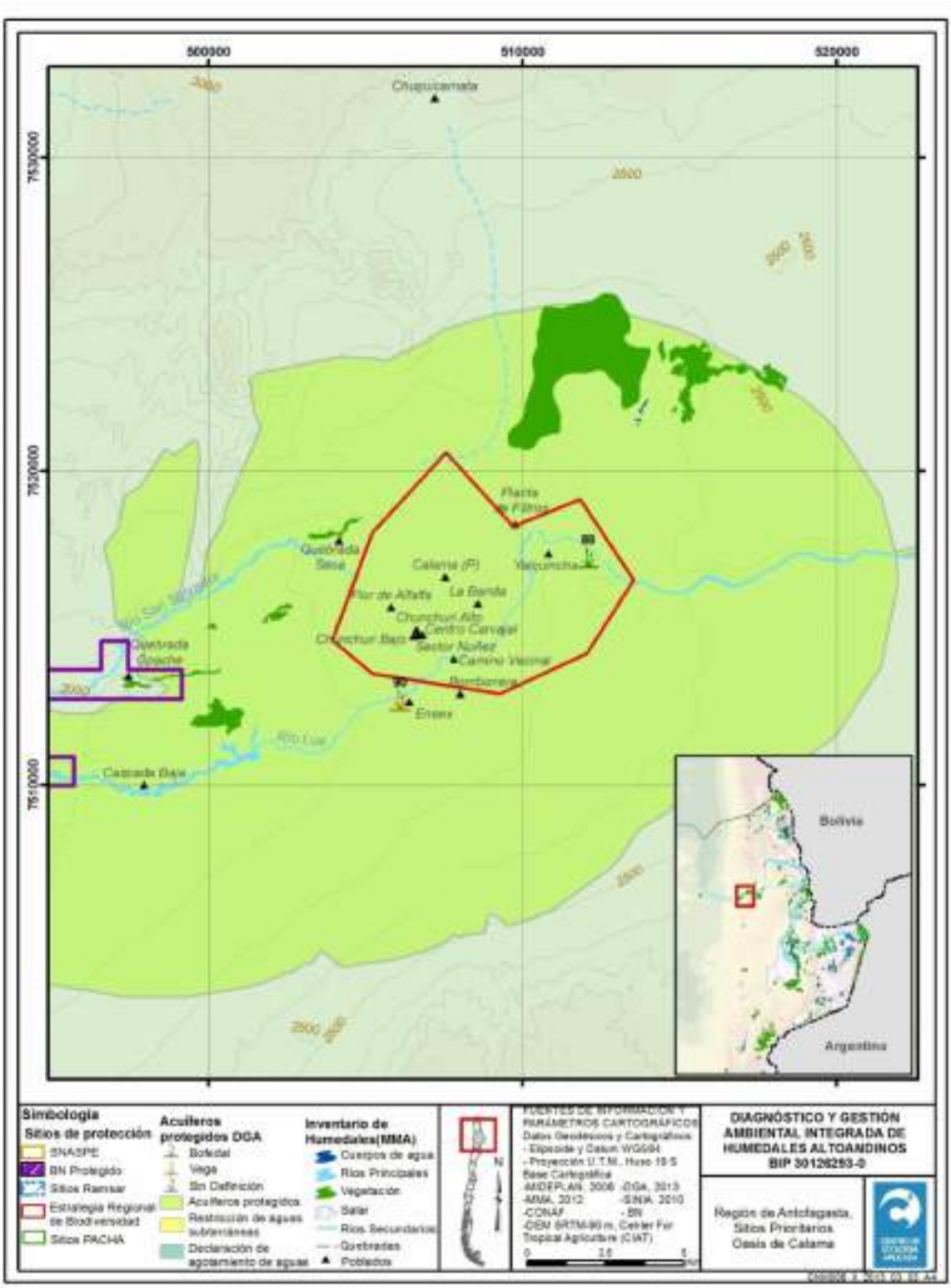


Figura 1.47. Ubicación del sitio prioritario Oasis de Calama. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Tabla 1.46. Ficha sitio prioritario Oasis de Calama.

SITIO PRIORITARIO	**Oasis de Calama**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
2260 m.s.n.m.	45,75 Km^2	508586m E	7516248m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Bajo		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	No		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	Yalquincha (88)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (507237m E - 7514185m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	Sí (Ocupa la totalidad el sitio prioritario)		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Corresponde en su mayoría a propiedades particulares del núcleo urbano de Calama que se asienta en él.			
Características del sitio			
El Oasis de Calama está ubicado en el valle que recibe el mismo nombre, el cual está constituido por un plano depositacional, el que se haya emplazado en el macizo andino de la precordillera de los Andes. Presenta un paisaje conformado por un gran plano que asciende hacia la cordillera de Domeyko, interrumpido por algunos “cerros islas” desprendidos de la cordillera de la Costa y recorrido por quebradas asociadas a cursos de agua, siendo la más importante la quebrada del río Loa (CEAA, 2008[a]). <u>Clima</u> La precipitación media anual en el área es del orden de 4 mm, mientras que la evaporación promedio anual está datada en 3.294 mm. La temperatura promedio anual es de 12,5 °C (DGA, 2008b). Asimismo, se presentan importantes diferencias en temperatura entre el día y la noche (DGA, 2003).			

Geomorfología

El área está formada por materiales sedimentarios de espesor variable que han rellenado la cuenca del Loa. Subyacente a estos sedimentos, aparece una roca de origen ígneo-metamórfico sobre el que sedimentaron los materiales (DGA, 2012b) Los suelos, de manera general son poco evolucionados y se formaron a partir de estratos arenosos provenientes de los grandes conos de deyección, en parte sobre sedimentos más antiguos del río Loa (DGA, 2004c). En general, la salinidad de los suelos en el sector alcanza valores elevados debido a que el agua del río Loa experimenta un aumento de este parámetros tras recibir el aporte de aguas del río Salado (DGA, 2004ª). En esta zona, aguas abajo de la confluencia con el río Salado, se generan aportes significativos del Ca (DGA, 2003).

Geología

El oasis de Calama se caracteriza por la presencia rocas ígneas, sedimentarias, y metamórficas cuyas edades van del Paleozoico al cuaternario. Las primeras rocas son las más antiguas y las de menor extensión en el oasis conformando las unidades que constituyen la roca fundamental.

En esta unidad se encuentra el oasis de Calama, que es el resultado de la tectónica norte-sur, que originó un largo y angosto graben, y de los procesos morfoclimáticos del terciario superior y cuaternario que proporcionaron un relleno formado casi exclusivamente por corrientes barro sucesivas. La pampa es una llanura relativamente plana, alongada en sentido norte-sur y con una extensión de 15 km de largo y cuatro kilómetros de ancho en cuyo extremo sur se encuentra Calama (Trevizan et al., 2001).

En el oasis de Calama es posible distinguir las siguientes unidades:

a) Superficies de erosión y acumulación. Es posible observar este proceso en los cerros adyacentes a la quebrada San Salvador, sierras de San Lorenzo, cerros de Quetena, entre otros, los que continúan hacia el oeste, hasta la confluencia de los ríos San Salvador y Loa.

b) Terraza de formación el Loa. Es una unidad de gran extensión y con una pendiente media de 1,3%. Corresponde a la depositación sedimentaria lacustre de limos y arcillas pardo-rojizas, las que se observan en el primer estrato, en el segundo se observan gravas y arenas, y en la parte superior del perfil, calizas lacustres.

c) Quebrada del río Loa. Corresponde a una unidad de disección que afecta a la terraza de la Formación El Loa, en que el río excava en forma de U, con un fondo plano y paredes verticales de gravas y calizas. El valle del río Loa en general alcanza un ancho muy reducido en comparación con el valle del río San Salvador.

d) Conos de deyección. Son depósitos aluviales formados por corrientes de barro que se acumularon por la ocurrencia de grandes aluviones provocados por lluvias torrenciales, los cuales se encuentran confinados a los cerros circundantes. Esta superficie presenta pendientes de 4 a 3% (CEAA, 2008ª).

Folio006847

Hidrología

El sector del Oasis de Calama forma parte del sistema hidrológico que constituye la cuenca del río Loa, ubicado en la zona de la depresión central (DGA, 2005b). Sus límites son por el oeste el cerro La Cruz y cerro Negro, por el norte el yacimiento de Chuquicamata, y al este el cerro Cobrizo, Loma Negra y cerro Calama. El río Loa ingresa al Oasis con un caudal promedio de 1.230 l/s, el cual constituye una de las fuentes de abastecimiento para producir agua potable para Calama. Su régimen hídrico se caracteriza por fuertes crecidas en verano, debido al invierno altiplánico; en su paso por Calama, se caracteriza presentar un cause abierto (sin "encajonamiento") que corre prácticamente a la altura de la ciudad (CEAA, 2008ª; Trevizan et al., 2001).

Composición de las aguas

Las aguas del río Loa en el sector de Calama presentan alta salinidad debida principalmente a las altas concentraciones de Cl, Na y Ca. En la zona aguas abajo de la junta con el río Salado, se produce una alternancia entre la vía cálcica y la sulfatada que tiene una causa estaciones, durante el estío predomina la vía sulfatada mientras que en el periodo estival predomina la vía cálcica (DGA, 2003).

Biodiversidad

La flora descrita para el sitio, según estudio de CEAA (2008ª), consta de 27 especies nativas y 4 introducidas, entre las cuales destacan 4 algas y un helecho. El conjunto de especies puede encontrarse asociado en 5 diferentes formaciones vegetacionales: *Pluchea absinthioides – Distichlis spicata*, *Baccharis juncea – Distichlis spicata*, *Distichletum spicatae*, *Atriplex atacamensis – Baccharis petiolata* y *Baccharis juncea – Scirpus americanus*. Las especies de mayor cobertura y frecuencias relativas son: *Distichlis spicata*, *Baccharis petiolaris*, *Atriplex atacamensis*, *Pluchea absinthioides* y *Baccharis juncea* (CEAA, 2008ª).

Respecto de la fauna presente, se han descrito 39 especies de vertebrados distribuidas 9 órdenes, 18 familias y 31 géneros, de los cuales un 15,4% corresponden a mamíferos (sólo roedores), un 79,5% a aves y un 5,1% a reptiles (CEAA, 2008ª).

En esta zona se registra un bajo endemismo, pero es importante como parte del corredor biológico de la cuenca del Río Loa y mayor oasis de región. Por otra parte debido al alto grado de urbanización que posee, se dificulta su destino como lugar de conservación in situ (CONAMA, 2002).

Especies en Estado de Conservación Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza). ˣˣ Citado en DS 13/2013 MMA; pero no descrito para la región según Listado Oficial (2016).

- **ˣˣ** ALGARROBO DEL CENTRO; *Prosopis chilensis* (Vulnerable)
- ALGARROBO DEL NORTE; *Prosopis alba* (Preocupación Menor)
- TAMARUGO; *Prosopis tamarugo* (En Peligro)

Anfibios:

- SAPO DE ATACAMA; *Rhinella atacamensis* (Vulnerable)
- SAPO; *Telmatobius halli* (En peligro crítico)
- SAPO DE DANKO; *Telmatobius dankoi* (En Peligro Crítico)

Reptiles:

Folio006848

	- CORREDOR DE TARAPACÁ; *Microlophus tarapacensis* (Insuficientemente Conocida) - CORREDOR DE TERESA; *Microlophus theresoides* (Rara) - DRAGÓN DE STOLZMANNI; *Liolaemus stolzmanni* (Vulnerable) - LAGARTIJA DE PAULINA; *Liolaemus paulinae* (Vulnerable) - LAGARTIJA DE LA PUNA; *Liolaemus puna* (Casi Amenazada) - SALAMANQUEJA DEL NORTE; *Phyllodactylus gerrhophygus* (Preocupación Menor) <u>Aves:</u> - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus cassini* (Preocupación Menor) <u>Mamíferos</u>: - ZORRO CHILLA; Lycalopex griseus (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; Lycalopex culpaeus (Preocupación Menor)

Folio006849

1.10.5 Alrededores del Volcán Licancabur

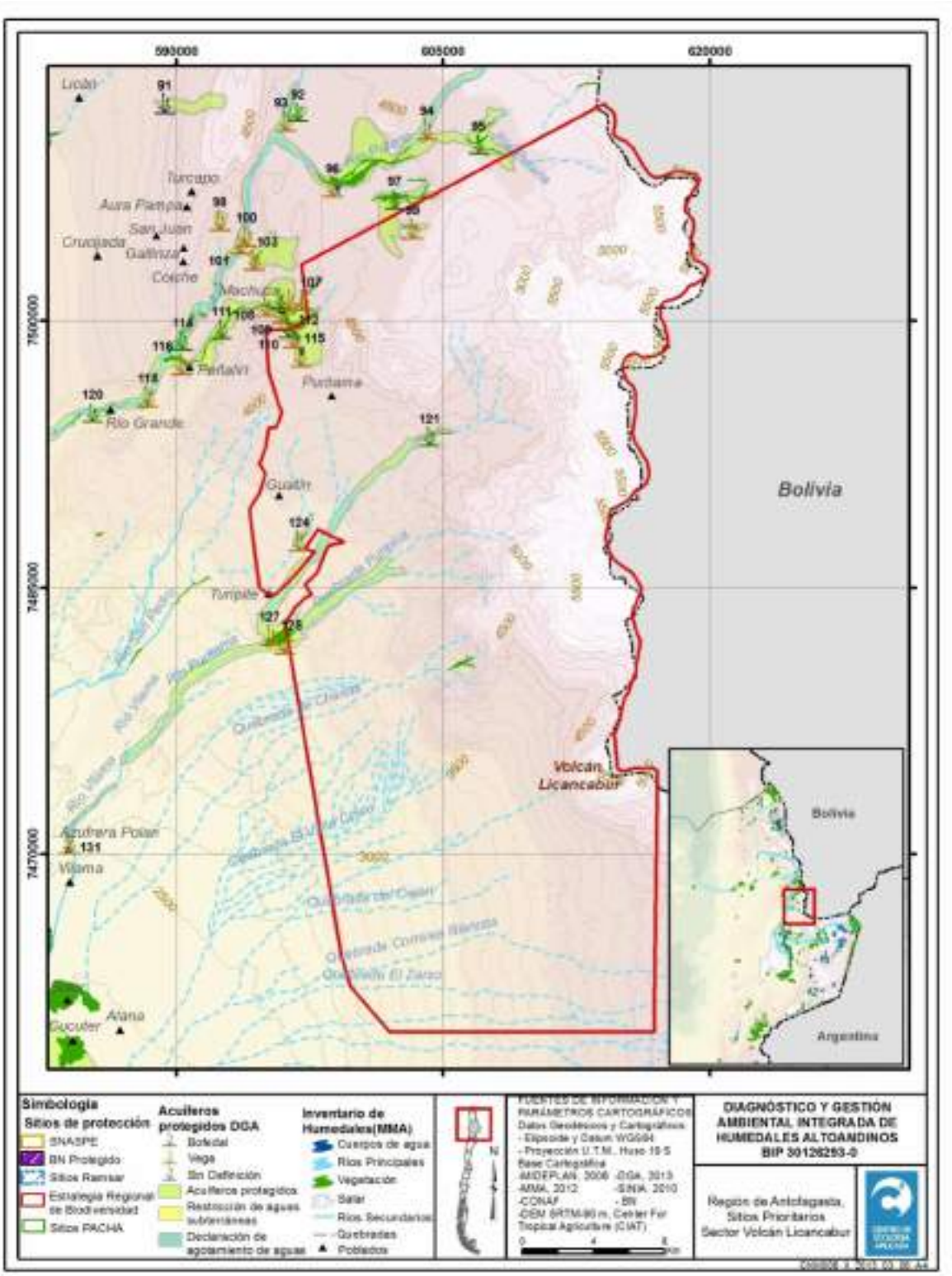


Figura 1.48. Ubicación del sitio prioritario alrededores del Volcán Licancabur.
Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0

Folio006850

Tabla 1.47. Ficha sitio prioritario alrededores del Volcán Licancabur.

SITIO PRIORITARIO	**Alrededores Volcán Licancabur**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
5916 m.s.n.m. (Volcán)	939340 Km^2	607039m E	7485169m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Medio		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	En proyecto para Incorporación		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Chita 2 (99) - Machuca (110) - Vega grande (112) - Coñapujyo (115) - Jorquencal (121) - Turipite (124)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (604523m E - 7493682m N) (596072m E - 7483736m N) (596969m E - 7499609m N) (597186m E - 7488211m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Mayormente fiscal, algunas reclamaciones de tierras ancestrales de comunidades indígenas.			
Características del sitio			
El área de estudio, se ubica en la zona de los Andes y la puna, también llamada puna de Atacama, que se caracteriza por estar sobre los 4.000 m.s.n.m., en las altas cumbres y con un pasado de volcanismo activo que colmó de cenizas y escoria la separación o valles entre los cordones de cerros, se extiende desde el paralelo 17°30 hasta los 28° latitud sur, adosada al borde oriental del territorio con un ancho variable entre 20 y 70 km (CEAA, 2008b). <u>Geología y volcanismo</u> Dentro de las principales unidades del macizo andino de la cordillera de Los Andes, se encuentra el volcán Licancabur con una altura de 5.916 m, un estratovolcano ubicado en la frontera sureste entre Bolivia y Chile en sentido sur del área de estudio; el cerro Sairecabur ubicado inmediatamente al norte del volcán Licancabur, con un altura de 5.645 m; el cerro Curiquinca, con una altura de 5.676 m; el cerro Colorado, con una altura de 5.735 m, y el		

volcán Putana, con una altura de 5.850 m, ubicado en el extremo norte del área (CEAA, 2008b).

Flujos de lava post glacial y depósitos piroclásticos recientes en las faldas del volcán Licancabur, indican su creación en la era del Holoceno. Aunque al día de hoy, el volcanismo es reportado como latente, la evidencia de la actividad a escala local y regional existe en forma de fuentes geotermales en la base del volcán y cerca de centros eruptivos (Volcanes Putana y Lascar, Chile). Estudios geocronológicos de campos estromatolíticos cercanos, indican que algunos de los flujos más recientes en Licancabur pueden haber sido emplazados recientemente a 10-13 Ka. La fisiografía del volcán es notable: Robusto, pendientes simétricas de bloques de andesita se extienden cerca de 1,5 km en vertical sobre el Altiplano. A una elevación de 5881 m.s.n.m., el pequeño lago sumido en el cráter es el lago volcánico a mayor altura en el mundo (Figueroa & Deruelle, 1996; Hock, 2003).

La zona de estudio está asociada a la acción erosiva del agua superficial en los cauces, que ocurre estacionalmente en aquellos períodos del año donde aumenta el caudal activando incluso muchos lechos que permanecen secos la mayor parte del año, durante el invierno altiplánico. Dentro de las unidades relacionadas con procesos dinámicos, principalmente de acumulación, se distinguen: el abanico del río San Pedro, el abanico del río Vilama y el abanico del llano Vilama, compuesto por la coalescencia de varios abanicos de quebradas que descienden por el plano inclinado. Este último también se distingue entre las formas originadas por acciones dinámicas y su desarrollo se observa entre las cotas 3.500 y 4.700 m. Además pueden distinguirse dos unidades geográficas principales que se resumen en dos subcuencas: Jorquencal- Turipite- Puritana y Purifica - Puritama – Vilama (CEAA, 2008b).

Hidrología

La quebrada Jorquencal nace en los faldeos del volcán Curiquinca (5.722 msnm) y se extiende por unos 24 km. En su curso superior drena en dirección E-W por diez kilómetros, siguiendo luego una dirección NE-SW hasta juntarse con el río Puritana. La quebrada Turipite nace en los faldeos sur de los antiguos volcanes Falda Grande y Jorquencal, extendiéndose de norte a sur por nueve kilómetros hasta el río Puritama, a 3.240 msnm. A su vez, el río Puritama nace también nueve kilómetros al interior, pero drena con dirección NE-SW, pasando a mitad de su curso por una zona de alteración hidrotermal que da origen a las termas de Puritama (CEAA, 2008b).

La subcuenca Purifica - Puritama – Vilama, recibe todo el aporte de la subcuenca anteriormente descrita. El río Purifica realiza su aporte de aguas superficiales al río Puritama en el sector de Guatín, naciendo éste en los faldeos del volcán Sairecabur (5.971 msnm) (CEAA, 2008b).

Por otra parte, a través de un modelo de balance hídrico anual se ha estimado que el lago del volcán experimenta una pérdida neta de 486 mm. Los componentes de esta medición corresponden al flujo de entrada, derivado por precipitación y una pérdida de masa por evaporación. Estos resultados están apoyados por observaciones intrafotográficas hechas en terreno dentro del cráter, las cuales muestran un descenso en el nivel del lago cercano a un metro en dos años, o una pérdida promedio anual de 50 cm (Figueroa & Deruelle, 1996).

Folio006852

Biodiversidad

La flora de la zona de estudio, según se describe en CEAA (2008b) se compone de 86 especies que se distribuyen en 20 familias y 55 géneros, donde destacan *Notholaena nivea* como la única Pteridofita presente y *Ephedra breana* y *E. multiflora* como las únicas Pinofitas. Esta flora corresponde al 8,1% de la flora regional y al analizar su origen fitogeográfico, 85 especies (98,8%) son nativas y sólo una (1,2%), *Aristida adscensionis* (Poaceae), es alóctona). Las especies que presentan mayores coberturas y frecuencias relativas son, en orden decreciente: *Festuca orthophylla*, *Maihueniopsis atacamensis*, *Atriplex imbricata*, *Stipa chrysophylla*, *Baccharis incarum*, *Deyeuxia sp.* y *Stipa venusta*. Finalmente, respecto de las formaciones vegetacionales se encuentran al menos cuatro comunidades: *Fabianetum ramuloso – denudatae*, *Acantholippio deserticolae – Atriplicetum imbricatae*, *Festuca chrysophylla – Fabiana bryoides* y *Festuca orthophylla – Parastrephia lucida*.

En lo que se refiere a la fauna presente se ha descrito un total de 43 especies de vertebrados distribuidas en 33 géneros, 23 familias y 12 órdenes. Del total de especies inventariadas, 20,9% corresponden a mamíferos, el 60,5% al grupo de las aves, el 14% a los reptiles y 7% de anfibios; todas especies nativas (CEAA, 2008b).

Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza).

Flora	**Fauna**
- AIRAMPOA; *Airampoa ayrampo* (Preocupación Menor) - CARDÓN; *Trichocereus atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenlopsis glomerata* (Casi Amenazada) - DORADILLA; *Argyrochosma nivea* (Preocupación Menor) - LLARETA; *Azorella compacta* (Vulnerable) - TUNA, TUNILLA; *Maihueniopsis boliviana* (Preocupación Menor)	Anfibio: - SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa* (Preocupación Menor) Reptil: - DRAGÓN DE OIDO CUBIERTO; *Liolaemus audituvelatus* (Vulnerable) - LAGARTIJA DE CONSTANZA; *Liolaemus constanzae* (Preocupación Menor) - LAGARTIJA DE FABIAN; *Liolaemus fabiani* (En Peligro) Aves: - CONDOR; *Vultur gryphus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi* (Preocupación Menor) - PERDIZ DE LA PUNA; *Tinamotis pentlandii* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Oressochen melanopterus* (Preocupación Menor) - SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) Mamíferos: - CHINCHILLA CORDILLERANA; *Chinchilla chinchilla* (En Peligro Crítico) - COLOCOLO; *Leopardus colocolo* (Casi Amenazada) - GUANACO; *Lama guanicoe* (Vulnerable) - RATÓN DE PIE SEDOSO; *Eligmodontia*

Folio006853

	puerulus (Preocupación Menor) - QUIRQUINCHO DE LA PUNA; *Chaetophractus nationi* (Vulnerable) - RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; *Abrocoma cinerea* (Preocupación Menor) - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En Peligro) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Lycalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio006854

1.10.6 Ayllus de San Pedro de Atacama

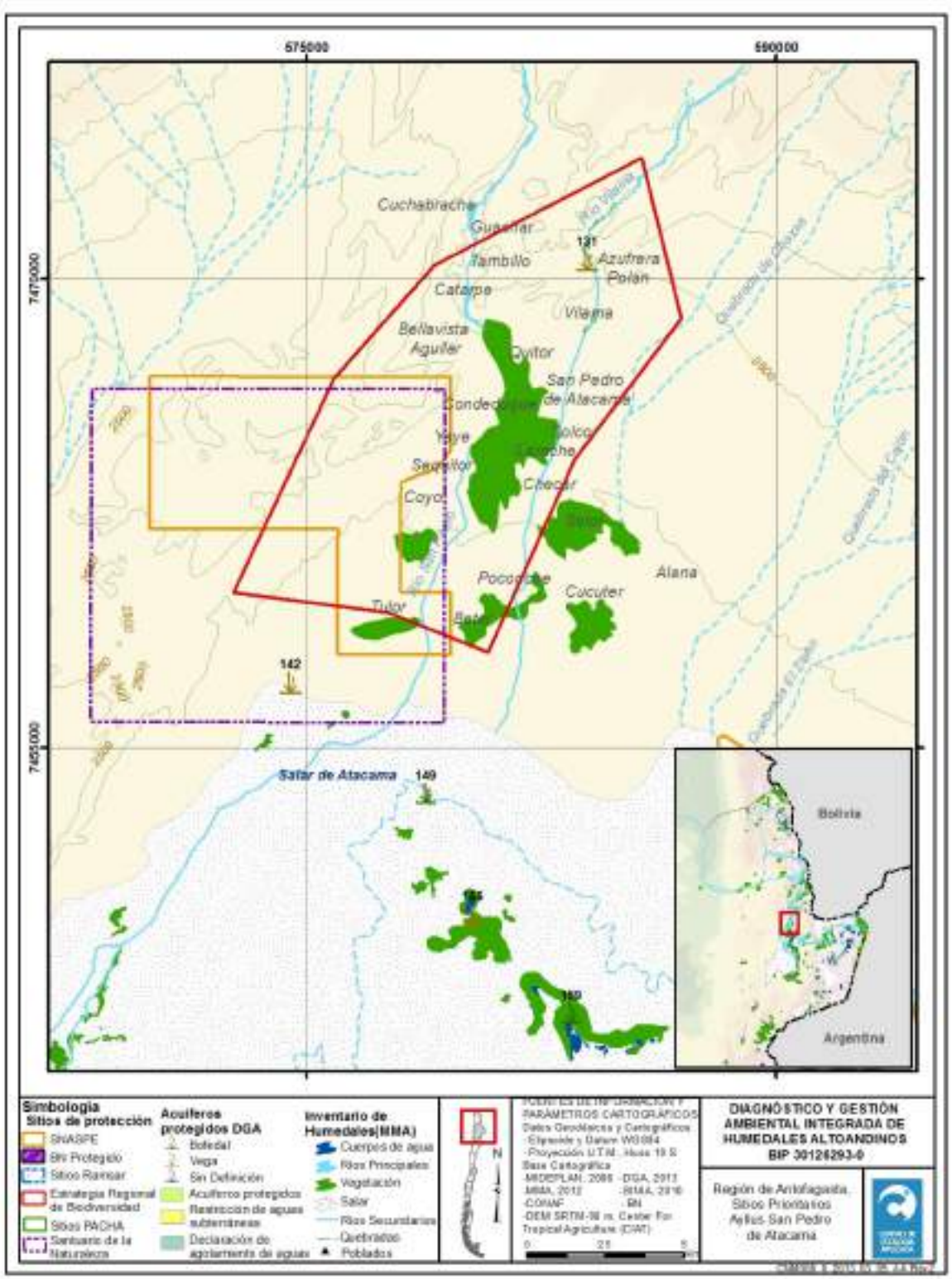


Figura 1.49. Ubicación del sitio prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006855

Tabla 1.48. Ficha sitio prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama.

SITIO PRIORITARIO	**Ayllus de San Pedro de Atacama**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
2450 m.s.n.m.	114 Km^2	580269m E	7465581m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Bajo		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (Ramsar 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	Calar (131)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (584880m E - 7472257m N) (585807m E - 7435771m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Corresponde en su totalidad a propiedades particulares de la zona poblada de San Pedro de Atacama y sus alrededores.			
Características del sitio			
Este sitio se considera el principal oasis de la zona de la Prepuna, debido a que constituye la principal fuente de agua para las especies que habitan en los alrededores (CONAMA, 2002). <u>Clima</u> En lo que se refiere a climatología, se registran, como promedio anual, 27,9 mm de agua caída, de las cuales el 81% ocurre entre Diciembre y Marzo. La temperatura media anual es de 14,4ºC (DGA, 2008b; DGA, 2010ª) y sufre importantes variaciones a lo largo del día (DGA, 1991). Por otra parte, la evaporación tiene una tasa promedio de 2981 mm/año (DGA, 2008b; DGA, 2010ª). La humedad relativa promedio anual es de 54,7% (DGA, 1991). <u>Geomorfología</u> El área se corresponde con un abanico deyeccional con sedimentos compuestos principalmente por arenas y gravas derivadas de rocas volcánicas terciarias (DGA, 1991). Debido a la acción del viento, se formar estructuras dunarias que constituyen en el área un problema, ya que en su avance podrían sepultar los Ayllus (DGA, 1991).			

Folio006856

Suelos

Los suelos de los sectores agrícolas de San Pedro de Atacama son por lo general suelos evolucionados de sedimentos finos estratificados y de sedimentos arenosos de origen aluvio deyeccional (DGA, 1991)

Información fluviométrica

Los cursos de agua más importantes son el río San Pedro y el río Vilama, cuyos caudales medios anuales son 0,9 (m^3/s) y 0,25 (m^3/s), respectivamente (Lemus y Soto, 2011). El río San Pedro es el de mayor caudal y el más largo (DGA, 1991) El río San Pedro se caracteriza por ser el de mayor caudal en la zona aportante al salar de Atacama, y por la mayor cantidad de solidos totales disueltos que contiene. Sus principales macroelementos son el Cloruro, Sodio, Sulfato y el Bicarbonato. Por otra parte, el río Vilama es el segundo en caudal aportante, y los macroelementos que están en mayor concentración son los mismos que el río San Pedro (Alonso & Risacher, 1996ª).

Las aguas superficiales asociadas al sector del oasis de San Pedro Atacama, tienen diferentes niveles de elementos orgánicos e inorgánicos. Para la población local, el río San Pedro, cumple con los requerimientos necesarios para el consumo humano por lo que tradicionalmente se ha utilizado y trasportado, por los canales de regadío del sector. Desde esta fuente, se extrae el recurso para la planta de agua potable rural y se abastece la superficie de cultivos agrícolas (Lemus & Soto, 2011).

Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza). ˣˣ Citado en DS 13/2013 MMA; pero no descrito para la región según Listado Oficial (2016).

Flora	**Fauna**
- ˣˣ ALGARROBO DEL CENTRO; *Prosopis chilensis* (Vulnerable) - ALGARROBO DEL NORTE; *Prosopis alba* (Preocupación Menor) - TOMATE SILVESTRE; *Solanum sitiens* (Vulnerable – Rara)	Anfibios: - SAPO; *Telmatobius halli* (En Peligro Crítico) - SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa* (Preocupación Menor) Reptiles: - CORREDOR DE TARAPACÁ; *Microlophus tarapacensis* (Insuficientemente Conocida) - CULEBRA PERUANA; *Tachymenis peruviana* (Rara) - DRAGÓN DE OIDO CUBIERTO; *Liolaemus audituvelatus* (Vulnerable) - DRAGÓN DE *STOLZMANNI*; *Liolaemus stolzmanni* (Vulnerable) - LAGARTIJA DE CABEZA NEGRA; *Liolaemus nigriceps* (Casi Amenazada) - LAGARTIJA DE CONSTANZA; *Liolaemus constanzae* (Preocupación Menor) - LAGARTIJA DE FABIAN; *Liolaemus fabiani* (En Peligro)

Folio006857

	- LAGARTIJA DE PAULINA; *Liolaemus paulinae* (Vulnerable) - LAGARTIJA DE LA PUNA; *Liolaemus puna* (Casi Amenazada) - LAGARTIJA RUBRICADA; *Liolaemus signifer* (Rara) <u>Aves:</u> - CONDOR; *Vultur gryphus* (Vulnerable) - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus cassini* (Preocupación Menor) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi* (Preocupación Menor) - PIUQUÉN; *Oressochen melanopterus* (Preocupación Menor) <u>Mamíferos</u> - COLOCOLO; *Leopardus colocolo* (Casi Amenazada) - RATÓN DE PIE SEDOSO; *Eligmodontia puerulus* (Preocupación Menor) - QUIRQUINCHO DE LA PUNA; *Chaetophractus nationi* (Vulnerable) - RATÓN DE LA PUNA; *Auliscomys sublimis* (Preocupación Menor) - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - ZORRO CHILLA; *Lycalopex griseus* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Lycalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio006858

1.10.7 Salar de Atacama

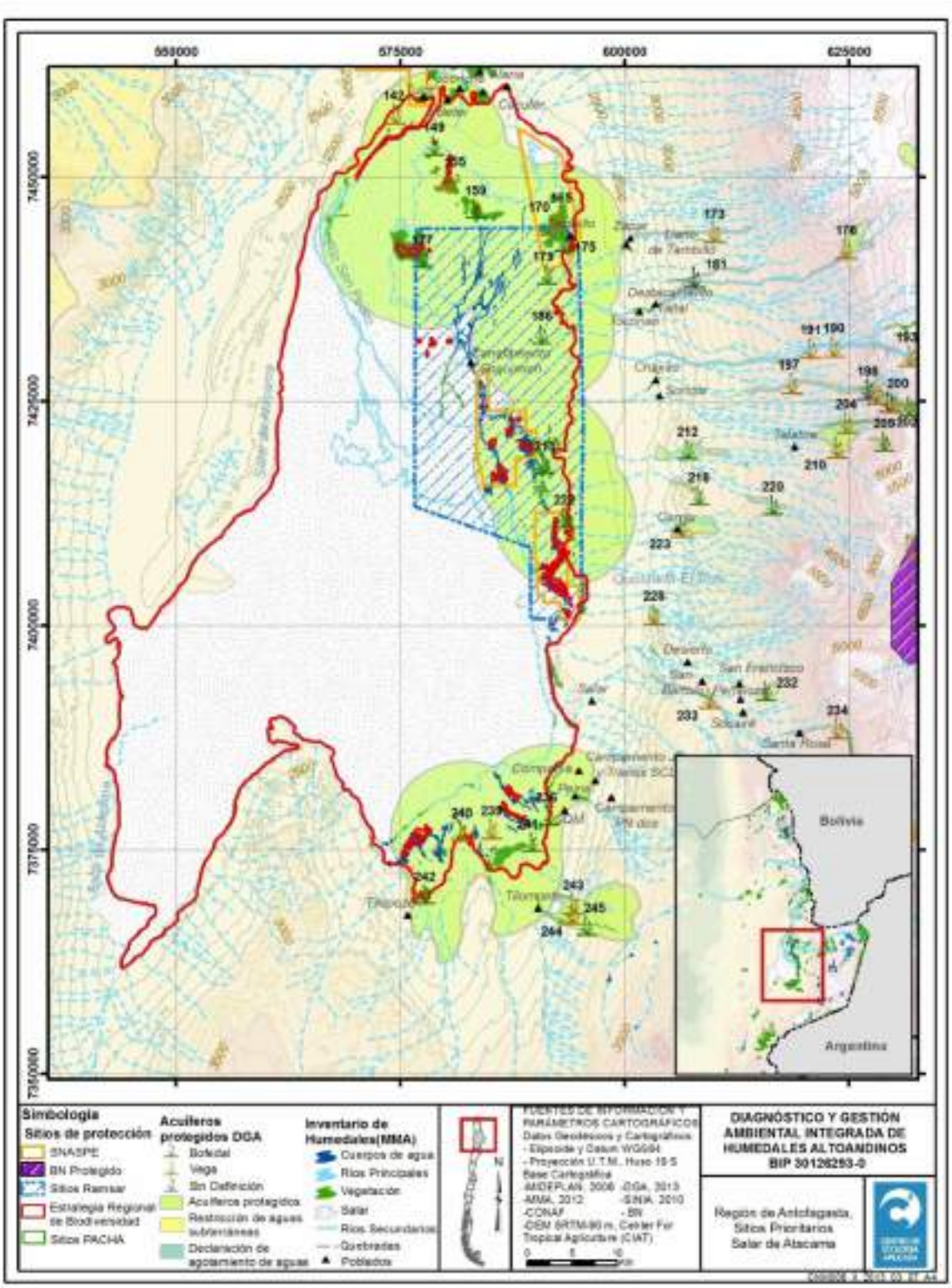


Figura 1.50. Ubicación del sitio prioritario Salar de Atacama. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006859

Tabla 1.49. Ficha sitio prioritario Salar de Atacama.

SITIO PRIORITARIO	**Cuenca del Salar de Atacama**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
2300 m.s.n.m.	3200 km^2	573248m E	7410698m S
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	BAJO		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (CONAF, 2008[a]; Ramsar, 2013)	Sí (Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama)		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Baltinache (149) - Cejas (155) - Yona Grande (159) - Tebinquinche (177) - Los Pantanos (165) - Tujirea (170) - Tambillo (175) - Olar (179) - Tapar (186) - Carvajal (213) - Quelana (222) - Palao (236) - Silolao (241) - Tilocalar (239) - La Punta (240) - Tilopozo (242)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (585807 m E - 7.435.771 m N) (584723 m E - 7.376.372 m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Mayormente fiscal, con reclamaciones indígenas de tierra ancestrales, gran cantidad de derechos de explotación de diversos recursos.			
Características del sitio			
Ubicación El Salar de Atacama, el mayor depósito salino y el más grande del país, se ubica en la provincia del Loa. Está emplazado en la parte más baja de una cuenca tectónica, disimétrica en la posición de los depósitos salinos y totalmente cerrados.			

En el extremo norte de la cuenca se encuentran los cerros del Tatio, mientras que hacia el Este se dispone el Altiplano o Puna de Atacama. Los límites principales, al Sur y Oeste lo constituyen los cerros de Lila y la cordillera de Domeyko, respectivamente (DGA, 1991; Risacher et al., 1999b).

En la zona de estudio existe un sitio RAMSAR que corresponde al sistema Hidrológico de Soncor, clasificado como lagunas salobres permanentes. Éste se ubica dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos en el sector nororiente del salar (DGA, 2012ª).

Geología y geomorfología

Geológicamente la cuenca del Salar de Atacama es de origen tectónico y en su parte más baja existe un depósito de sedimentos clásticos y evaporíticos que engranan con los materiales dendríticos y salinos de sus bordes. Corresponde a una unidad geomorfológica dinámica y condicionada por variaciones climáticas, evaporación, precipitación, escurrimientos superficiales y subterráneos, variaciones en el nivel freático, deflación y depositación eólica (DGA, 1991).

En su morfología, el Salar consiste en una gran depresión tectónica cerrada, constituye una cuenca intermontana de aproximadamente 110 km de largo por 60 km de ancho (en su parte central) (DGA, 1991). El fondo de la depresión corresponde al Salar propiamente tal, el que corresponde a la cuenca de evaporación, cuya cota promedio es del orden de 2.350 m.s.n.m., alcanzando una superficie de aproximadamente 3000 km^2 (DGA, 1991).

El Salar, está constituido por dos grandes unidades: el núcleo de 1.100 km^2 de superficie y de 900 m de espesor, y la zona marginal de limos salinos de unos 2.000 km^2 de superficie (Risacher et al., 1999b).

Clima

Respecto del clima, por la latitud en que se ubica la cuenca del salar corresponde, en el periodo de abril a noviembre, un clima desértico con precipitaciones nulas debido a la presencia cercana del cinturón de Altas presiones subtropicales que dan gran estabilidad climática. Sin embargo, en el periodo estival este cinturón experimenta un desplazamiento hacia latitudes mayores dando paso al invierno altiplánico, periodo en que ocurren importantes precipitaciones, las que en la alta cordillera se depositan en forma de nieve (DGA, 1991). Con lo anterior, el régimen de precipitaciones corresponde a lluvias estivales con mayor frecuencia en los meses de diciembre a marzo, con precipitaciones de 25 mm/año (salar) y 30 mm/año (cordillera) (Risacher et al., 1999b).

Existe en la zona una gran amplitud térmica diaria que alcanza una media anual de 20,7 °C. Las temperaturas más bajas se registran entre abril y septiembre (DGA, 1991).

La humedad relativa alcanza un promedio anual de 44,9% y la velocidad media del viento alcanza a 10 m/s a 40 centímetros del suelo con una dirección dominante proveniente oeste (DGA, 1991).

Hidrología e hidrogeología

El Salar tiene una recarga continua de agua subterránea y sólo esporádicamente algunos cursos superficiales llegan a sus bordes (DGA, 1991). Por el norte desembocan los ríos San Pedro y Vilama, cuyas aguas infiltran rápidamente. En general, las aguas escurren hacia el centro del Salar, el que propiamente tal puede considerarse como un acuífero libre. La descarga se debe a la evaporación y transpiración, fenómenos principales responsables de la formación de un salar de agradación, con acumulaciones sedimentarias y clásticas. (DGA, 1991). La fuerte evaporación produce un gradiente hidráulico que moviliza las aguas superficiales hacia el centro del Salar. La mayor parte del agua superficial que recarga el acuífero libre es salobre, observándose un gradiente de concentración de importancia en los bordes (DGA, 1991). La evaporación potencial es de 2.000 mm/año (salar) y 1.600 mm/año (cordillera) (Risacher et al., 1999b).

La red de drenaje de la cuenca hidrográfica del Salar de Atacama está dentro de la región endorreica, donde existen numerosas subcuencas o depresiones sin desagüe que actúan como centros de atracción de las aguas de los contornos. Los principales ríos con escurrimiento permanente son el Río Putana, Río San Pedro, Río Salado, Río Puritama, Quebrada Honar – Toconao, Río Tulán, el cual se infiltra antes de alcanzar el Salar (CIREN, 2010ª).

En el sector que ocupa actualmente el Salar de Atacama existe un vasto embalse de agua subterránea que es abastecido desde el norte por un acuífero procedente de un curso paralelo al río San Pedro, por el nororiente, que nace de las estribaciones occidentales del volcán Licancabur y por el sur de las faldas del cerro Pular. En el sector oriente de este embalse existen pozos de la DGA con alta productividad (>10 m^3/h/m) a niveles freáticos que varían desde los 18 a 71 m. Los principales aportes al acuífero del Salar de Atacama provienen del extremo este, específicamente, de la infiltración de la precipitación que se produce en el altiplano (DGA, 2004e)

Entre los principales afluentes del Salar, están los ríos de la parte norte: Río San Pedro, Río Vilama, los cuales desarrollan subcuencas hidrográficas comparativamente más extensa que otros afluentes (DGA, 1991).

El río San Pedro desemboca en el Salar en las inmediaciones del pueblo del mismo nombre y sus principales tributarios son el río Grande, el río Salado y el río Putana. Entre los más destacados tributarios del río Vilama destacan el río Puritama, río Puripica y río frío, entre otros.

Por el borde oriental del Salar confluyen en él las aguas de numerosas quebradas, de las cuales sólo algunas tienen escurrimiento superficial permanente. En general estas quebradas tienen una marcada orientación Este-Oeste y son prácticamente paralelas entre sí (DGA, 1991).

Balance hídrico

Los resultados del balance hídrico en el salar de atacama considerando las subcuencas para el periodo (1970-2008), indican que el aporte de las cuencas del lado oriental es de 2,56 m^3/s, las del sur es de 0,98 m^3/s y las ubicadas al norte es de 2,02 m^3/s.

Esto último es coherente con la ubicación de las zonas marginales del salar y la aparición de lagunas frente a dichas subcuencas. Mientras que en la zona poniente del salar, los aportes a la recarga son mucho menores (0,045 m3/s), ya que gran parte de las precipitaciones se evapora y no alcanzan a llegar al núcleo, por lo que en esa zona del salar no se producen lagunas ni existe una zona marginal húmeda como en el caso de la zona oriente (DGA, 2010b).

Composición química

Como se mencionó anteriormente, el salar está conformado por un núcleo y una zona marginal. El núcleo está constituido por un 90% de halita porosa impregnada con una salmuera de cloruro de sodio muy rica en litio (Li), potasio (K), magnesio (Mg) y boro (B) que ocupa los intersticios de la halita. El balance salino en el núcleo revela un gran exceso de Na y Cl con respecto a Mg, K, Li, B, lo que se atribuye a un alto contenido de NaCl en las antiguas soluciones de aporte producido por lixiviación de la Cordillera de la Sal. Alrededor del núcleo, se extiende la zona marginal del salar constituida de sedimentos salinos finos, ricos en sulfatos, especialmente yeso (Risacher et al., 1999b)

Existen, dos tipos de salmueras en el Salar de Atacama: unas del tipo Na-Ca-(Mg)-Cl (salmueras “cálcicas”) y otras del tipo Na-(Mg)-SO_4-Cl (salmueras “sulfatadas”). Las salmueras cálcicas se encuentran al oeste del salar cerca de la Cordillera de Domeyko, donde predominan las rocas sedimentarias, mientras que las salmueras sulfatadas ocupan la parte oriental bordeada por terrenos volcánicos (Risacher et al., 1999b).

Calidad del agua

Respecto a la Calidad de las aguas superficiales en el salar, hay aguas de muy buena calidad en el norte de la cuenca y en el sector oriental alto. Globalmente, todas las aguas cuya salinidad es inferior a 1 g/l son aprovechables para cualquier uso. Los principales contaminantes son el arsénico y el boro. Las aguas del río Vilama al norte y de las quebradas al sur del salar, tienden a ser más salinas, lo que plantea problemas para su uso, particularmente potable, siendo la situación de San Pedro de Atacama muy delicada por el alto contenido en arsénico (Risacher et al., 1999b).

Tapete microbiano

Laguna Brava ubicada al Sudeste del Salar de Atacama presenta una gran variedad de ecosistemas microbianos que incluyen una gran diversidad de tapetes microbianos y microbialitos de calcio en formas variadas que van desde domos sumergidos hasta estructuras con formas de “hongos”. Los estudios de diversidad llevados a cabo con modernas tecnologías de pirosecuenciación indican la enorme diversidad microbiológica que albergan estas “rocas vivas” y que serían la base de la cadena alimenticia de esta laguna (Farías et al., 2013ª).

Estos ecosistemas son sometidos a variaciones debido al cambio estacional del régimen hídrico. Su composición es principalmente de yeso y presenta una sucesión que comienza con los tapetes microbianos que se “inflan como globos” debido a la acumulación de gases, producto de la actividad orgánica que se da en la región inferior. A medida que aumenta la salinidad, se precipitan yeso y halita en estas estructuras, formando domos que presentan una clara estratificación de comunidades microbianas. En una etapa

Folio006863

posterior, cuando la acumulación de yeso o halita supera la cobertura de agua, ésta empieza a acumular yeso y halita lateralmente tomando forma de "hongos" que pueden asemejarse a los estromatolitos. Estos ecosistemas microbianos de bioevaporitas (evaporitas y endoevaporitas) se pueden encontrar en las lagunas de salar de Atacama: Laguna Tebenquiche y Cejar (Farías et al., 2013ª).

Las lagunas Tebenquiche y la brava muestran un gradiente de salinidad característico que resulta de la entrada de agua subterránea y/o superficial y de la evaporación (Risacher et al. 2003). A lo largo de los gradientes de salinidad, diferentes ecosistemas microbianos se han desarrollados, ricos en materia orgánica, tapetes microbianos no litificadores se encontraron a lo largo de la orilla a salinidades bajas (62 gr/lt) en Tebenquiche y, con el aumento de la salinidad (116 gr/lt), la cantidad de precipitación mineral y por lo tanto la litificación aumentó también. En La Brava, se observó una situación opuesta, los tapetes estuvieron presentes cerca de la orilla a una salinidad más alta (119 gr/lt) y los microbialitos se encontraron sumergidos en el laguna a una salinidad inferior (72 gr/lt) (Farías et al., 2014).

El aumento de la incorporación de minerales en los tapetes fue confirmado por el incremento en la resistencia mecánica durante el uso de microelectrodos. En la zona de mayor salinidad, extensas área de domos se desarrollan. Los tapetes microbianos tienen una variedad de morfologías macroscópicas incluyendo las cúpulas pequeñas y cerebroides, morfología de serpiente y globular (Farías et al., 2014).

En algunas áreas, tapetes bulbosos acumulan gas bajo la superficie. Los tapetes sumergidos no-litificados tienen una apariencia típica de color rosa, sin embargo, cuando se expone al aire, una corteza evaporítica blanca cubre la superficie (Farías et al., 2014).

En La Brava, los microbiolitos crecen hacia arriba hasta que llegan a la interfaz agua / aire y siguen extendiéndose lateralmente hasta formar plataformas. Estos microbiolitos muestran una secuencia típica de (de arriba a abajo), capas de color verde, púrpura y blanco oscuro (Farías et al., 2014).

Los análisis de XRD revelaron que los tapetes microbianos de Tebenquiche están formados predominantemente por halita (42%) con contribuciones menores de calcita (22%), yeso (22%) y la aragonita (12%), y los sistemas evaporíticos domales de Tebenquiche están conformados enteramente de yeso. En La Brava, los análisis mineralógicos de los tapetes microbianos revelaron halita (82%) como el componente principal y componentes menores de aragonita (13%) y calcita (7%). Los microbiolitos de La Brava están formados exclusivamente de aragonita ($CaCO_3$) (Farías et al., 2014).

Los ecosistemas microbianos que se encontraron en las dos lagunas fueron de tres categorías: tapetes no-litificadores encontrados en La Brava (BM) y Tebenquiche ™, plataformas litificadoras o microbiolitos en La Brava compuestos por aragonita (IMC) y sistemas litificadores endoevaporíticos en Tebenquiche que forman estructuras domales compuestas de yeso (TD). Esta clasificación permite comparaciones con respecto a la diversidad eubacterial en dos niveles: entre lagunas (La Brava vs Tebenquiche) y entre tapetes no-litificadores vs tapetes litificadores (es decir, las cúpulas de yeso y microbiolitos aragoníticos) (Farías et al., 2014).

Folio006864

Hábitats y especies

En lo que se refiere a la fauna presente, en particular a la avifauna, es importante destacar que el salar de Atacama constituye un sitio importante como hábitat, sitio de reproducción e hibernación para los tres flamencos presentes en el altiplano Chileno.

En este sitio el Flamenco Andino (*Phoenicoparrus andinus*) presenta sus mayores agregaciones en los periodos de verano e invierno. En este último periodo el salar se convierte en el principal sitio de hibernación de la zona para dicho flamenco, y de igual forma para las otras dos especies (flamenco de James y flamenco Chileno). Esto ocurre principalmente debido a que la oferta trófica no disminuye durante esta estación, observándose por el contrario mayor abundancia y diversidad de microalgas en los inviernos, caso opuesto al ocurrido en humedales ubicados a mayor altitud. Esto hace del Salar de Atacama un sitio de importancia invernal, en especial para las tres especies de flamenco, pero en particular para el Andino y el Chileno, pues constituye un sitio importante de anidación y reproducción. De hecho, las máximas históricas de reproducción observadas (1986 – 2002) entre los años 1986 y 1990 se relacionan con eventos reproductivos de gran magnitud ocurridos precisamente en el Salar de Atacama (Rodríguez, 2005).

Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza). **xx** Citado en DS 13/2013 MMA; pero no descrito para la región según Listado Oficial (2016).

Flora	**Fauna**
- AIRAMPOA; *Airampoa ayrampo* (Preocupación Menor) - **xx** ALGARROBO DEL CENTRO; *Prosopis chilensis* (Vulnerable) ALGARROBO DEL NORTE; *Prosopis alba* (Preocupación Menor) - CARDÓN; *Trichocereus atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenlopsis atacamensis* (Casi Amenazada) - CULANTRILLO; *Cheilanthes pruinata* (Preocupación Menor) - CUMULOPUNTIA; *Cumulopuntia sphaerica* (Preocupación Menor) - DORADILLA; *Agryrochosma nivea* (Preocupación Menor) - LLARETA; *Azorella compacta* (Vulnerable) - LOBIVIA; *Lobivia Formosa* (Vulnerable) - TAMARUGO; *Prosopis tamarugo* (En Peligro) - TOMATE SILVESTRE; *Solanum sitiens* (Vulnerable – Rara) - TUNA, TUNILLA; *Maihueniopsis boliviana* (Preocupación Menor) - VIEJITO; *Oreocereus leuchotrichus*	Anfibios: - SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa* (Preocupación Menor) - SAPO PERUANO; *Telmatobius peruvianus* (En Peligro – Rara) Reptiles: - CULEBRA PERUANA; *Tachymenis peruviana* (Rara) - DRAGÓN DE OIDO CUBIERTO; *Liolaemus audituvelatus* (Vulnerable) - DRAGÓN DE STOLZMANN; *Liolaemus stolzmanni* (Vulnerable) - DRAGÓN GRANDE; *Liolaemus erroneus* (Datos Insuficientes) - LAGARTIJA DE CABEZA NEGRA; *Liolaemus nigriceps* (Casi Amenazada) - LAGARTIJA DE CONSTANZA; *Liolaemus constanzae* (Preocupación Menor) - LAGARTIJA DE FABIAN; *Liolaemus fabiani* (En Peligro) - LAGARTIJA DE PAULINA; *Liolaemus paulinae* (Vulnerable) - LAGARTIJA DE SCHMIDT; *Liolaemus schmidti* (Datos Insuficientes) - LAGARTIJA DE LA PUNA; *Liolaemus*

Folio006865

(Preocupación Menor)	*puna* (Casi Amenazada) - LAGARTIJA ORNAMENTADA; *Liolaemus ornatus* (Datos Insuficientes) - LAGARTIJA RUBRICADA; *Liolaemus signifier* (Rara) <u>Aves:</u> - AGUILUCHO DE LA PUNA; *Buteo poecilochrous* (Insuficientemente Conocida) - CONDOR; *Vultur gryphus* (Vulnerable) - FLAMENCO CHILENO*; Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA; *Chroicocephalus serranus* (Vulnerable) - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus cassini* (Preocupación Menor) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PATO GARGANTILLO; *Anas bahamensis* (Preocupación Menor) - PERDICITA CORDILLERANA*; Attagis gayi* (Preocupación Menor) - PERDIZ DE LA PUNA; *Tinamotis pentlandii* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Oressochen melanopterus* (Preocupación Menor) - SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) - TAGUA CORNUDA; *Fulica cornuta* (Casi Amenazada) - TAGUA GIGANTE; *Fulica gigantea* (Vulnerable) <u>Mamíferos:</u> - CHINCHILLA CORDILLERANA; *Chinchilla chinchilla* (En Peligro Crítico) - COLOCOLO; *Leopardus colocolo* (Casi Amenazada) - GATO ANDINO; *Leopardus jacobita* (En Peligro-Rara) - GUANACO; *Lama guanicoe* (Vulnerable) - LLACA O MARMOSA; *Thylamys elegans* (Preocupación Menor) - PUMA; *Puma concolor* (Casi amenazada) - QUIQUE; *Galictis cuja* (Preocupación Menor) - QUIRQUINCHO DE LA PUNA; *Chaetophractus nationi* (Vulnerable)

Folio006866

	- RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; *Abrocoma cinerea* (Preocupación Menor) - RATÓN DE LA PUNA; *Auliscomys sublimis* (Preocupación Menor) - RATÓN DE PIE SEDOSO; *Eligmodontia puerulus* (Preocupación Menor) - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En Peligro) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (Preocupación Menor) - ZORRO CHILLA; *Lycalopex griseus* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Lycalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio006867

1.10.8 Salar de Tara

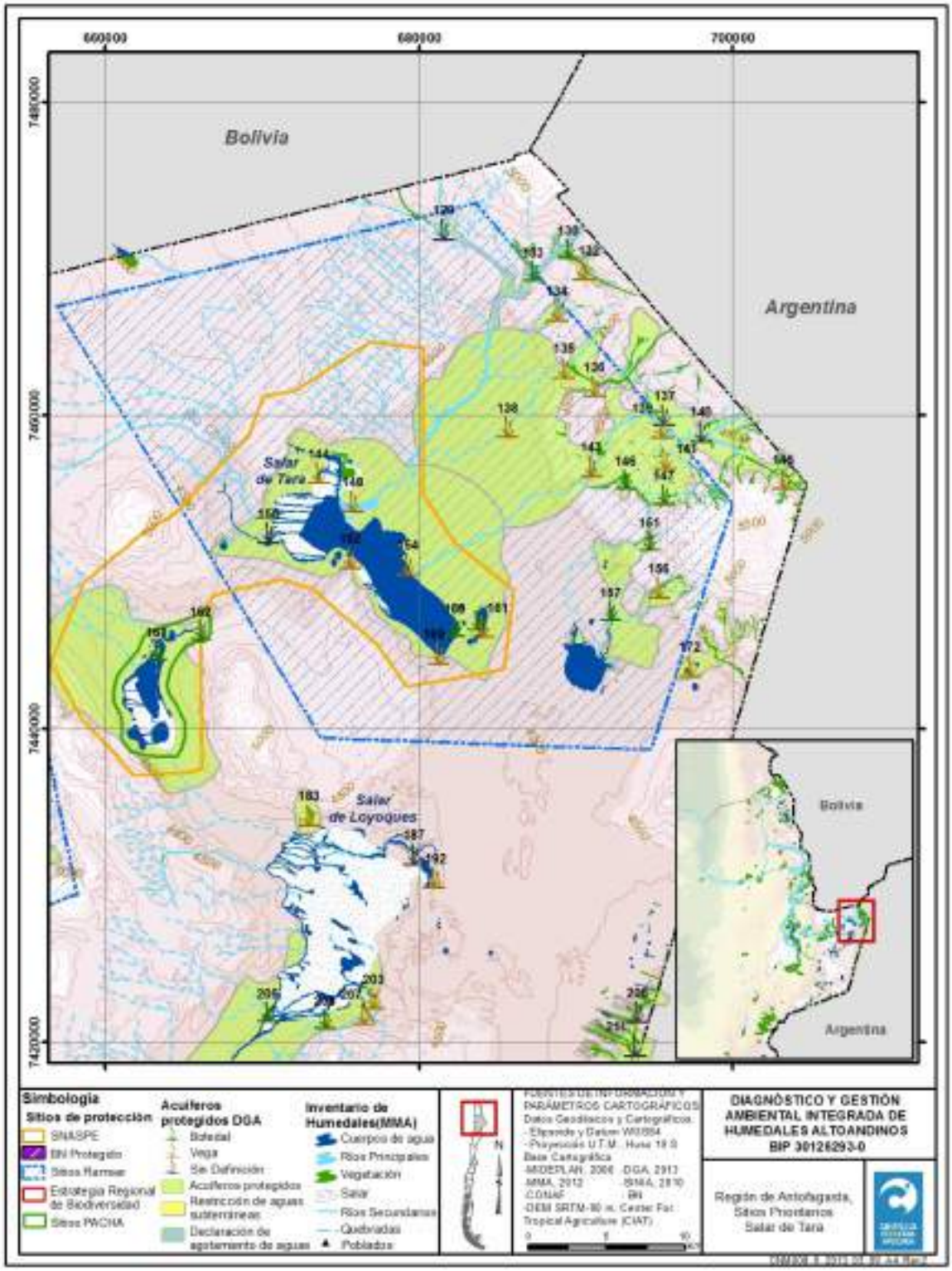


Figura 1.51. Ubicación del sitio prioritario Salar de Tara. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006868

Tabla 1.50. Ficha sitio prioritario Salar de Tara.

SITIO PRIORITARIO	**Salar De Tara**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
4400 m.s.n.m.	964396 Km^2	678079m E	7451986m N
Grado de Endemismo (CONAF, 2008d)	Reducido		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013; CONAF, 2008d)	Salar de Tara		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Tara (144) - Salar de Tara 1 (148) - Huaillitas (150) - Salar de Tara 2 (152) - Cueva Pintada (154) - Salar de Talar 1 (160) - Salar de Talar 2 (161) - Salar de Talar 3 (169)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (678079m E - 7451986m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAF, 2008d)			
Dentro del sitio Ramsar la propiedad es fiscal			
Características del sitio			
El Salar de Tara forma parte de la Reserva Nacional Los Flamencos y fue declarado sitio Ramsar en 1995. Corresponde a un salar tipo playa con un sistema lagunar que tiene extensión variable. <u>Climatología</u> La precipitación anual está datada en 150 mm anuales y la evaporación potencial en 1500 mm anuales. La temperatura media en la región del salar es de 0°C (Richaser et al., 1999). El clima principal se caracteriza por la concentración de escasas lluvias en verano y una estación seca que dura de 7 a 10 meses (CONAF, 2008d).			

Geología y geomorfología

Las series geológicas expuestas en el Salar de Tara corresponden a rocas volcánicas y sedimentarias, desde el Plioceno al Cuaternario Superior (CONAF, 2008d). En cuanto a la geomorfología está constituida principalmente por el plateau volcánico terciario, que se encuentra interrumpido por estructuras volcánicas como el volcán Huailitas (CONAF 2008d).

Hidrología

La red de drenaje en el salar corresponde, por el oriente al río Zapaleri, la quebrada de Angostura y el estero Cueva Pintada, y por el poniente aportan el río Chico y Huailitas (CONAF, 2008d). El río Zapaleri es considerado como el único aporte relevante al Salar de Tara (Richaser et al., 1999) con un caudal aproximado de 400 l/s (CONAF, 2008d) aunque el resto de aportes no deben ser despreciados. En el interior del salar aparecen lagunas someras permanentes de tamaños variables.

Hidroquímica

El agua del río Zapalieri aporta una salinidad de 287 mg/l STD mientras que el agua proveniente del sureste del salar es 3,5 veces más salada que el agua de este río aunque su composición es muy parecida. La laguna norte en cuanto al contenido en sales es considerada salobre (2,5 g/l STD) y la laguna sur es considerada salmuera (176 g/l STD). Ambas son de tipo Na/Cl con concentraciones menores del resto de componentes, siendo en ambas el SO_4 superior al Ca. El agua de mejor calidad es la proveniente del río Zapalieri a pesar de que tiene un leve exceso en arsénico. Por otro lado las aguas provenientes del sector nor-occidental están al límite de la potabilidad para los componentes mayores, el contenido en arsénico es superior al límite admisible y la concentración de boro hace que no sean adecuadas para uso en agricultura (Richaser et al., 1999).

Biodiversidad

El Salar de Tara corresponde a un humedal del tipo laguna salobre permanente y concentra la mayor cantidad de especies observadas en los Humedales de la Región de Antofagasta, registrándose un total de 28 especies predominando la Avifauna (89,5%) por sobre los mamíferos (10,5%) (CONAF, 2008e).

En relación a la presencia de flamencos en el Salar de Tara es importante destacar que este sistema constituye la principal zona de anidación y reproducción del flamenco de James (*Phoenicoparrus jamesi*), el cual presenta núcleos de agregación importantes en los periodos estival e invernal. Esta zona corresponde a una de las cuatro áreas con registro de nidificación en Chile. Durante 1986 se detectó una máxima abundancia de esta ave, la cual estuvo directamente relacionada con la población presente en el salar. El Flamenco Chileno (*Phoenicopterus chilensis*) también está presente en el salar, históricamente ha presentado abundancias comparativamente menores al flamenco de James, pero vale destacar el pick excepcional de 15.464 el año 1986 (presentes en los salares de Surire y Tara). Los eventos reproductivos del flamenco de James fueron 4.100 en el año 1986, 500 en el año 1988 y 100 en el año 1994; mientras que el evento reproductivo del flamenco chileno reportado fue de 1.250 en el año 1986 (Rodríguez,

<table>
<tr><td colspan="2">2005). También se encuentra presente el flamenco andino (Phoenicoparrus andinus). Es común además observar el piuquén (Oressochen melanopterus), asimismo es un sitio de concentración de otras aves acuáticas, tanto residentes como migratorias interhemisféricas (CONAF, 2008d) La comunidad local pastorea camélidos y recolecta plantas para su uso como combustible y medicamento (CONAF, 2008d).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza.</td></tr>
<tr><td></td><td><u>Anfibios</u>
- SAPO ESPINOSO; Rhinella spinulosa (Preocupación Menor)
- SAPO; Termatobius halli (En Peligro Crítico)
<u>Reptiles</u>
- LAGARTIJA DE FABIÁN; Liolaemus fabiani (En Peligro)
<u>Aves:</u>
- FLAMENCO CHILENO; Phoenicopterus chilensis (Vulnerable)
- GAVIOTA ANDINA; Chroicocephalus serranus (Vulnerable)
- HALCÓN PEREGRINO; Falco peregrinus cassini (Preocupación Menor)
- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; Phoenicoparrus jamesi (Vulnerable)
- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; Phoenicoparrus andinus (Vulnerable)
- PERDICITA CORDILLERANA; Attagis gayi (Preocupación Menor)
- PIUQUÉN; Oressochen melanopterus (Preocupación Menor)
- SURI; Rhea pennata tarapacensis (Vulnerable)
- TAGUA CORNUDA; Fulica cornuta (Casi Amenazada)
- TAGUA GIGANTE; Fulica gigantea (Vulnerable)
<u>Mamíferos</u>
- COLOCOLO; Leopardus colocolo (Casi Amenazada)
- GATO ANDINO; Leopardus jacobita (En Peligro-Rara)
- PUMA; Puma concolor (Casi Amenazada)
- QUIRQUINCHO DE LA PUNA; Chaetophractus nationi (Vulnerable)
- RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; Abrocoma cinerea (Preocupación Menor)</td></tr>
</table>

	- TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En Peligro) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Lycalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio006872

1.10.9 Salar de Aguas Calientes (I)

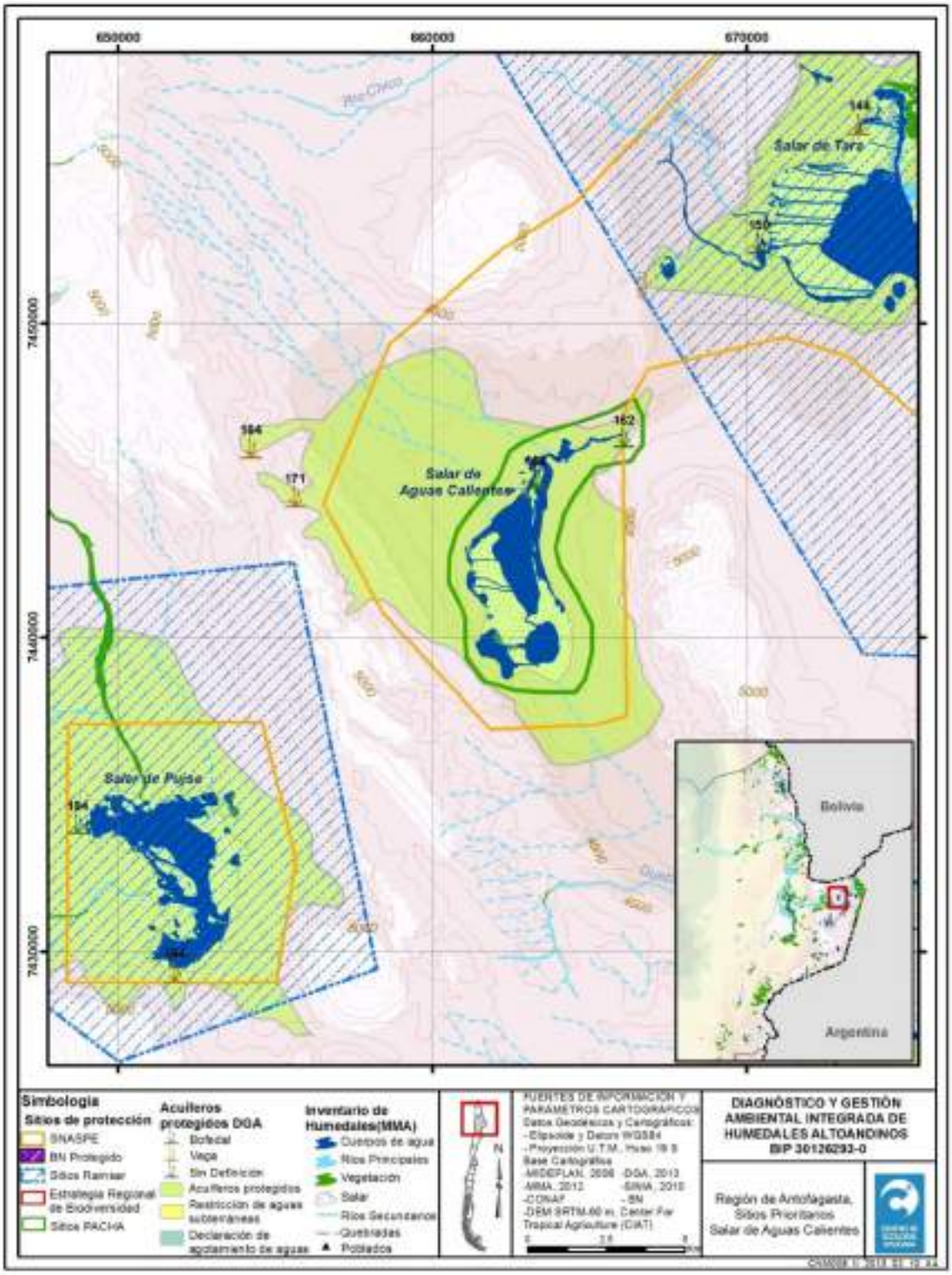


Figura 1.52. Ubicación del sitio prioritario Salar de Aguas Calientes (I). ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006873

Tabla 1.51. Ficha sitio prioritario Salar de Aguas Calientes.

SITIO PRIORITARIO	**SALAR DE AGUAS CALIENTES (I)**		
Altitud	**Superficie**	**Coordenadas WGS84**	
4100 m	Cuenca: 281 km^2 Salar: 15 km^2 Lagunas: 2-3 km^2	663217m E	7442558m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	-		
Sitio SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vega y Bofedales alimentados por acuíferos Protegido por Res. DGA N°87/2006	-Pili (215) -Río Negro (221) -Suculto (224) -Toro Blanco (225) -Chamaca (226) -Aguas Calientes 4 (230) -Sucultur (231)		
Acuíferos protegidos (DGA,2010c)	Sí (661621m E-7443006m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad			
-			
Características del sitio			
El Salar de Aguas Calientes se encuentra en el norte del Altiplano de la II Región en la pampa del mismo nombre entre el cordón Quilapana al este y los cerros de la Pacana al oeste, flanqueado por otros dos salares: el salar de Tara y el salar de Pujsa. (Risacher et al., 1999). <u>Clima</u> Las precipitaciones se presentan como tormentas de corta duración y de poca extensión territorial. El agua precipitada en la montaña sostiene las zonas bajas que son de aridez extrema. Según la clasificación Köeppen, el área obedece a “clima de tundra por efecto de altura con precipitación estival”, con temperatura promedio anual de 1ºC, humedad media anual del 27% (Risacher et al.1999).			

Hidroquímica

Es un depósito evaporítico de unos 15 km^2, el cual drena a una cuenca endorreica de unos 281 Km^2, con una orientación de su eje mayor NS de 6,5 Km y que en su parte más ancha tiene aproximadamente 2,4 Km. (Garcés & López, 2012)

El Salar de Aguas Calientes es un salar de tipo playa con lagunas superficiales de extensión variable que ocupa un área relativamente reducida de la depresión, que está recubierta por una costra de materiales salinos, mayoritariamente halita y yeso. (Risacher et al., 1999).

La presencia de depósitos aluviales se presentan por el sector este del salar, constituidos principalmente por arenas mezcladas con material piroclásticas, de cenizas pómez y gravas de formas angulosas. Mientras que, por el sector poniente del salar se encuentran depósitos sedimentarios de ignimbritas. La actividad evaporítica actual en los salares se asocia a una elevada tasa de evaporación. La presencia de agua superficial está restringida a zonas reducidas y marginales en las que se acumulan las aguas procedentes de quebradas o donde aflora el agua subterránea, que en algunos casos es de carácter termal. (Garcés & López, 2012).

Esta situación obedece al balance hídrico actual, claramente deficitario, ya que las precipitaciones que recibe la cuenca de drenaje se sitúan en torno a 150 mm/año, siendo la evaporación estimada superior a 1.500 mm/año lo que revela un ambiente marcadamente árido. (Garcés & López, 2012)

En el salar de Aguas Calientes existen aguas con características hidrológicas y geoquímicas marcadamente diferentes. La naturaleza química de las aguas evidencian que el salar pertenece al sistema Na-Cl, y guardan relación directa con la composición salina del salar, cuyos sedimentos están principalmente constituidos por halita acompañada de yeso y con presencia de boratos en su zona central. Es de notar la gran concentración de As y B, en las salmueras de la zona centro-occidental del salar, lo cual obedece al origen predominantemente hidrotermal de las soluciones de recarga. (Garcés & López, 2012)

La composición de todas las aguas parece estar ligada a la composición salina de los sedimentos del salar, ya que su contacto tanto con las aguas superficiales que acceden al salar como con las de los aportes subterráneos, provoca el enriquecimiento en cloruro y sodio, generando de esta forma una homogeneidad composicional de las soluciones. La actividad evaporítica actual da lugar a que en los periodos de mayor concentración por evaporación de las soluciones superficiales precipiten sales minerales del mismo tipo que las que constituyen el núcleo salino del salar, habiéndose identificado en este trabajo que se trata mayoritariamente de halita y yeso. (Garcés & López, 2012).

Geología

El sustrato geológico de la zona donde se sitúa el salar está constituido principalmente por rocas ígneas de edad Plioceno. La más importante es la Ignimbrita Atana con un volumen de unos 2500 Km^3 de tobas dacíticas blancas, rosadas y grises que pertenece a la zona geológica conocida como Complejo Volcánico Altiplano Puna (APVC). Esta unidad se sitúa estratigráficamente sobre otras unidades ignimbríticas más antiguas,

asociadas a la actividad ígnea existente en este sector al menos desde el Mioceno Superior, asociada a la caldera de La Pacana, que se ha interpretado como la caldera de colapso más antigua del vulcanismo cenozoico en esta región (Garcés & López, 2012)

Las secuencias geológicas en esta cuenca son las siguientes: (Jiménez, 2012)

MQs: Mioceno-Cuaternario. Secuencias sedimentarias. Correspondientes a depósitos evaporíticos: sulfatos, cloruros, carbonatos y niveles detríticos finos.

Ms3i: Mioceno superior. Centros y secuencias volcánicas: lavas, domos y depósitos piroclásticos, andesíticos a dacíticos, con intercalaciones aluviales, asociados a depósitos epitermales de Au-Ag.

P3i: Plioceno. Centros volcánicos: lavas, domos y depósitos piroclásticos andesíticos a dacíticos, conos de piroclastos y lavas basálticas a andesito-basálticas- P3t: Plioceno. Depósitos piroclásticos dacíticos a riolíticos parcialmente soldados.

Q3i: Cuaternario. Estratovolcanes y complejos volcánicos: lavas basálticas a riolíticas, domos y depósitos piroclásticos andesito-basálticos a dacíticos: principalmente calcoalcalinos.

Qa: Pleistoceno-Holoceno. Secuencias sedimentarias. Depósitos aluviales, coluviales o lacustres: gravas, arenas y limos. Abanicos aluviales.

Qe: Pleistoceno-Holoceno. Secuencias sedimentarias. Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes activos e inactivos.

Desde el punto de vista económico, el salar posee importantes reservas de boratos, sales minerales altamente solubles, que están genéticamente relacionados con la actividad volcánica del Terciario Superior – Cuaternario. El yacimiento de boro en este salar ha sido prospectado pero no explotado, quedando en la superficie de su zona central una serie de calicatas abiertas de hasta 2 m de profundidad, en cuyo fondo aflora el agua freática del salar. (Garcés & López, 2012)

Hidrología

La alimentación superficial principal del salar es a través de las quebradas que descienden de las laderas del cerro Incahuasi (quebrada Peña Negra) por el norte y, por el este, la quebrada que corre entre el cerro Losloyo y la Pampa del Morado. Esta última forma importantes vegas en su desembocadura y alimenta la laguna de este extremo. La otra laguna destacable se encuentra al suroeste del área del salar. (Jiménez, 2012)

Los aportes superficiales más importantes son el Río Pili y la Quebrada de Chamaca. (Rivera & Cruces, 2009).

Producto de la climatología actual es posible diferenciar tres tipos principales de aguas: los aportes de drenaje, las acumulaciones de agua en la aureola pantanosa externa o “bofedales”, y las aguas del interior del cuerpo salino (surgencias termales y salmueras). Los principales aportes de agua al salar ingresan por la zona norte y por el sector sur, siendo este último de carácter termal. Los restantes aportes se limitan a las escasas

precipitaciones que acceden al salar en forma de escorrentía superficial o subsuperficial. Todas estas aguas circulan hacia las zonas más bajas del salar, y se acumulan en distintos puntos a lo largo de su sector occidental como consecuencia de un ligero basculamiento de su superficie. Las condiciones hidrológicas afectan factores abióticos, como anaerobiosis de suelos, disposición de nutrientes y salinidad, factores determinantes del desarrollo de la flora y fauna (Garcés & López, 2012).

Las características hidroquímicas del salar indican que el sector norte es el más interesante desde el punto de vista ambiental, ya que constituye un refugio para comunidades vegetales y para camélidos, pero también que es el más sensible a cualquier cambio que pueda venir provocado por la puesta en explotación de los recursos del salar, principalmente boratos (Garcés & López, 2012).

Existen importantes diferencias entre las aguas acumuladas en distintos sectores. Así, en la zona norte del salar, las aguas de una surgencia no termal discurren hacia la base del salar, alimentando una zona de bofedal en la que se desarrolla una importante vida vegetal y que, además, suministra agua a los rebaños de camélidos del área. Todas estas aguas se mantienen en un rango de dilución elevado (Garcés & López, 2012).

Las principales características morfométricas, climatológicas (Risacher et al., 1999) e hidromorfométrica (Jiménez, 2012), corresponden a :

- Superficie de la cuenca: 281 km^2 y 263 km^2 (en Risacher 1999 y Jiménez 2012, respectivamente)
- Superficie del salar: 15 km2
- Superficie de las lagunas 2-3 km2
- Precipitaciones: 150 mm/año
- Evaporación potencial: 1500 mm/año
- Temperatura media: 1°C
- Perímetro de la cuenca: 99,1 km
- Compacidad: 1,7
- Pendiente del dren principal: 1,2 grados
- Suma de segmentos (n° total de cauces): 56
- Longitud total del drenaje: 194,9 km
- Densidad del drenaje:0,74 km/km2
- Frecuencia del drenaje: 0,21 N°/ km2
- Distancia máx entre divisoria y salar o laguna: 21,3 km
- Nieve estacional: NO

La morfología superficial del salar es prácticamente plana, aunque un ligero basculamiento hacia el oeste condiciona que las aguas que acceden al mismo, discurran y se acumulen en su margen occidental (Garcés & López, 2012).

Calidad del agua

Las aguas de aporte del salar de Aguas Calientes 1 son de mala calidad debido a una salinización por salmueras de tipo Na-(Ca) / Cl, de origen desconocido, probablemente afuera de la cuenca. El agua de la vertiente norte del salar, menos salina, muestra todavía algunos rasgos del agua diluida inicial. Su vía evolutiva es neutra sulfatada, mientras que las vertientes más contaminadas siguen la vía cálcica produciendo efectivamente

Folio006877

salmueras de tipo Na-(Ca) / Cl. Las posibilidades de encontrar aguas diluidas de buena calidad son más elevadas en el norte de la cuenca (Risacher et al.1999).

Vegetación

- *Stipa crysophylla*, comúnmente llamado Coiron Amargo: La comunidad *Stipa crysophylla*, gramínea caespitosa se distribuye extensamente por las laderas pedregosas. La cobertura horizontal sobre el suelo no supera los 5% y el estrato vertical que conforma varía entre 0,1 y 0,2 m de altura. (Garcés & López, 2012).

- *Festuca crysophylla – Mulinum crassifolium*, llamada Paja Iro, Susurco: Vegetación con estrato herbáceo con dominio de *Festuca crysophylla* acompañada de *Stipa crysophylla*. La cobertura horizontal de este estrato llega al 70% y su altura no supera los 0,3 m. En las laderas sur y sureste, las gramíneas se entremezclan con un estrato arbustivo bajo, cuya especie dominante es *Mulinum crassifolium* y acompañada por *Adesmia horrida, Chaetanthera pulvinata y Parastrephia quadrangularis*. El estrato arbustivo presenta una cobertura horizontal que no supera el 15% y una distribución vertical que en los sectores de mejor desarrollo llega hasta los 0,5 m de altura. (Garcés & López, 2012).

Ninguna de las especies se encuentra en categoría de conservación. La vegetación de los "bofedales" está adaptada a las condiciones ambientales extremas de la Puna Altoandina. Las especies dominantes son: *Oxychloe andina, Distichia muscoides, Patosia cfr. Clandestina y Scirpus atacamensis* (Garcés & López, 2012).

Fauna

Tagua gigante (*Fulica gigantea*), que es endémica; el pato jergón chico (*Anas flavirostris*); piuquén (*Oressochen melanopterus*), la gaviota andina (*Larus serranus*) y flamencos (*Phoenicopterus Chilensis, P. Jamesis y P. Andinus*), los cuales emigran a lugares adyacentes en inverno cuando la temperatura baja los 0ºC, puesto que las lagunas se congelan superficialmente dificultándose la obtención de su alimentación. (Garcés & López, 2012). Chorlo de la puna (*Charadrius)* (CONAF, 2003).

Los invertebrados acuáticos están representados principalmente por crustáceos, insectos y gastrópodos (Garcés & López, 2012).

Para vertebrados terrestres, se señala la presencia en el Salar de aves rapaces como el aguilucho (*Buteo polyosoma*), y el carancho cordillerano (*Phalcoboenus megalopterus*); la perdicita cordillerana (*Attagis gayi*), el minero grande (*Geositta isabellina*), el minero de la puna (*Geositta punensis*), la bandurrilla de pico recto (*Upucerthia ruficauda*), el cometocino de dorso castaño (*Phrygilus dorsalis*). Entre los mamíferos, el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), la vicuña (*Vicugna vicugna*), el tucu-tucu de Atacama (*Ctenomys fulvus*) y la vizcacha (*Lagidium viscacia*) y de entre los reptiles, la lagartija de Fabian (*Liolaemus fabiani*). Ocasionalmente dos roedores entran desde el sistema terrestre a los bofedales, la vizcacha y el lauchón orejudo (*Phyllotis boliviensis*). (Garcés & López, 2012).

Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza).

Folio006878

Fauna	Reptiles: - LAGARTIJA DE FABIAN; *Liolaemus fabiani* (En Peligro) Aves: - FLAMENCO CHILENO; *Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA; *Chroicocephalus serranus* (Vulnerable) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi* (Preocupación Menor) - PIUQUÉN; *Oressochen melanopterus* (Preocupación Menor) - TAGUA GIGANTE; *Fulica gigantea* (Vulnerable) Mamíferos: - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En peligro) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Lycalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio006879

1.10.10 Sistema de Lagunas Miscanti y Miñiques

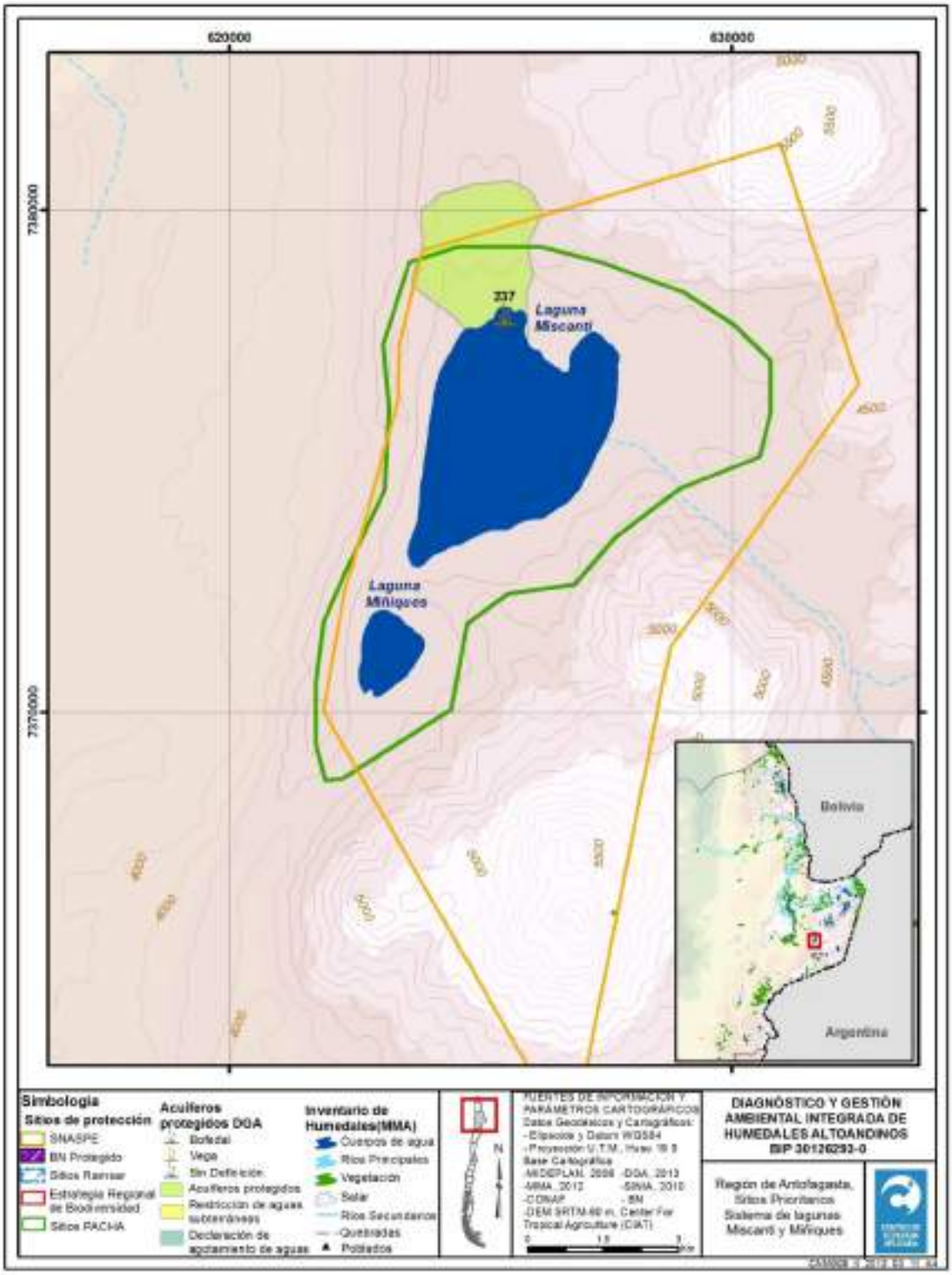


Figura 1.53. Ubicación del sitio prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques. *Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0*

Tabla 1.52. Ficha sitio prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques.

SITIO PRIORITARIO	Sistema de Lagunas Miscanti y Miñiques		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
4120 m.s.n.m.	15 Km^2	625726m E	7374991m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	-		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Miscanti (237)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (624998m E - 7379012m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad			
-			
Características del sitio			
Clima y Geomorfología Este humedal está formado por dos lagunas que en conjunto tienen una superficie de 10.977 hectáreas. Se encuentran a una altitud de Miscanti - 4.110 m.s.n.m. y Miñiques - 4.120 m.s.n.m. La laguna Miscanti se encuentra a menos de un kilómetro del borde oriental de la cuenca del salar de Atacama, a los pies del volcán del mismo nombre. Su cuenca colinda al sur con la cuenca de la pequeña laguna Miñiques. Generalmente los estudios asocian las dos lagunas en un solo sistema. La laguna salobre Miscanti se encuentra a unos 10 metros más arriba que la laguna salada Miñiques, por lo que se supone que las aguas de la laguna Miscanti se infiltran hacia la laguna Miñiques. (Risacher et al., 1999b). La climatología de ambas lagunas está dada por: precipitaciones de 180 mm/año y evaporación potencial de 1.500 mm/año. La morfometría de este sistema se caracteriza por la superficie de la cuenca de 303 Km^2 (Miscanti) y 27,5 Km^2 (Miñiques); y por la superficie de las lagunas, 13,4 Km^2 (Miscanti) y 1,6 Km^2 (Miñiques). (Risacher et al., 1999b).			

La temperatura media superficial del agua es de 2 °C, aproximadamente. La composición de la laguna Miscanti, es salobre y netamente de tipo aniónico sulfatado. Considerando también, la baja salinidad de los aportes, se puede asumir que la composición de los aportes, se debe a la alteración de rocas volcánicas de la cuenca de drenaje. Todas la aguas, vertiente y laguna, de Miñiques, tienen una composición homogénea: Na-(Ca) / SO_4-Cl La composición aniónica de sus aguas es rigurosamente la misma que la laguna Miscanti, no así para los cationes. Las aguas de Miñiques tienen más calcio que las de la laguna Miscanti. La salinidad del aporte difuso es de 3,7 g/l, un valor elevado que no corresponde a un agua de alteración de rocas volcánicas (Risacher et al 1999b)

Biodiversidad

Cabe destacar la importancia que posee este sistema hidrológico por constituir el hábitat más importante de la tagua cornuda *(Fulica cornuta)* en Chile (Contreras, 2002). Personal de CONAF realiza desde 1995 el seguimiento de ciertos aspectos de la dinámica reproductiva de la tagua, los datos censales, permiten, por un lado, determinar sensibles fluctuaciones estacionales intranuales y supranuales, y por otro, establecer un monto histórico de 850 individuos en promedio (MMA, 2013).

Hidrogeología

Los balances hídricos para ambas lagunas están principalmente definidos por el volumen de aportes, para laguna Miscanti es de $19x10^6$ m^3/año y un volumen de infiltración de 1,4 m^3/año, estableciendo el cloruro como elemento conservativo; mientras que en la laguna Miñiques no se puede determinar el volumen de los aportes, puesto que se desconoce la composición de los aportes diluidos iniciales, sólo se puede estimar el volumen mínimo de los aportes que corresponde a $2,1x10^6$ m^3/año y el volumen de infiltración se desprecia debido a que la concentración de la laguna no es muy elevada (~10 g/l STD) (Risacher et al., 1999b)

Se han encontrado dos vertientes difusas a la orilla de la laguna (Miscanti) y una vertiente fluyente, cuenca arriba. La vertiente fluyente ha sido captada para conducirla a través de una tubería hasta el poblado de Peine, en la cuenca del salar de Atacama, por lo tanto este aporte, ya no alimenta más a la laguna Miscanti. Sin embargo, la napa que se descarga en esta vertiente podría seguir alimentando de manera difusa la laguna. No se observa ningún aporte fluyente en la laguna Miñiques, se ha encontrado solamente una vertiente difusa (Risacher et al., 1999b)

Potencial hídrico

La cuenca de laguna Miscanti, presenta interesantes potencialidades hídricas. Las aguas de aporte son diluidas y no muestran contaminación por antiguas evaporitas. El caudal entrante en la laguna es de unos 600 l/s, valor elevado en esta zona árida. La alimentación se hace sobre todo por descarga de napas subterráneas en la laguna. La composición de la laguna es de agua salobre de tipo Na/SO_4-Cl y proviene de la evaporación de una mezcla de aguas de aporte de vía evolutiva carbonatada con aguas de vía evolutiva neutra sulfatada (Risacher et al., 1999b).

Folio006882

<table>
<tr><td colspan="2">Calidad del agua

La vertiente difusa al norte de la laguna Miscanti y la vertiente fluyente cuenca arriba, siguen la vía neutra sulfatada al evaporarse, lo que corresponde a la composición de la laguna y a la litología volcánica de la cuenca, esto indica la presencia de azufre en los sectores aledaños a la cuenca. La vertiente difusa ubicada al suroeste de la laguna sigue la vía evolutiva carbonatada, sin embargo no logra desarrollarse porque las aguas se mezclan con otros aportes de vía neutra. La vertiente difusa de la laguna Miñiques, sigue la vía neutra sulfatada, pero no se sabe que vía sigue el agua de napa antes de mezclarse con el agua de la laguna. La laguna es del tipo sulfatada, coherente con los terrenos volcánicos aledaños (Risacher et al., 1999b).

El agua de la vertiente captada para la alimentación del pueblo de Peine (Miscanti) es de excelente calidad y apta para cualquier uso, doméstico o agrícola. Las aguas de las dos vertientes difusas contienen demasiado arsénico para el consumo humano y valores aceptables para el boro en riego, según la experiencia regional, mientras que el agua de la zona de Miñiques carece de aptitud para uso potable y/o agrícola. Pero no se puede descartar la presencia de napas diluidas en el sector oriental de la cuenca (Risacher et al., 1999b).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza).</td></tr>
<tr><td>Fauna</td><td>Aves
- FLAMENCO CHILENO; Phoenicopterus chilensis (Vulnerable)
- GAVIOTA ANDINA; Chroicocephalus serranus (Vulnerable)
- PERDIZ DE LA PUNA; Tinamotis pentlandii (Vulnerable)
- TAGUA CORNUDA; Fulica cornuta (Casi Amenazada)
Mamíferos
- VICUÑA; Vicugna vicugna (En peligro)
- VIZCACHA; Lagidium viscacia (Preocupación Menor)
- ZORRO CULPEO; Lycalopex culpaeus (Preocupación Menor)</td></tr>
</table>

Folio006883

1.10.11 Salar de Punta Negra

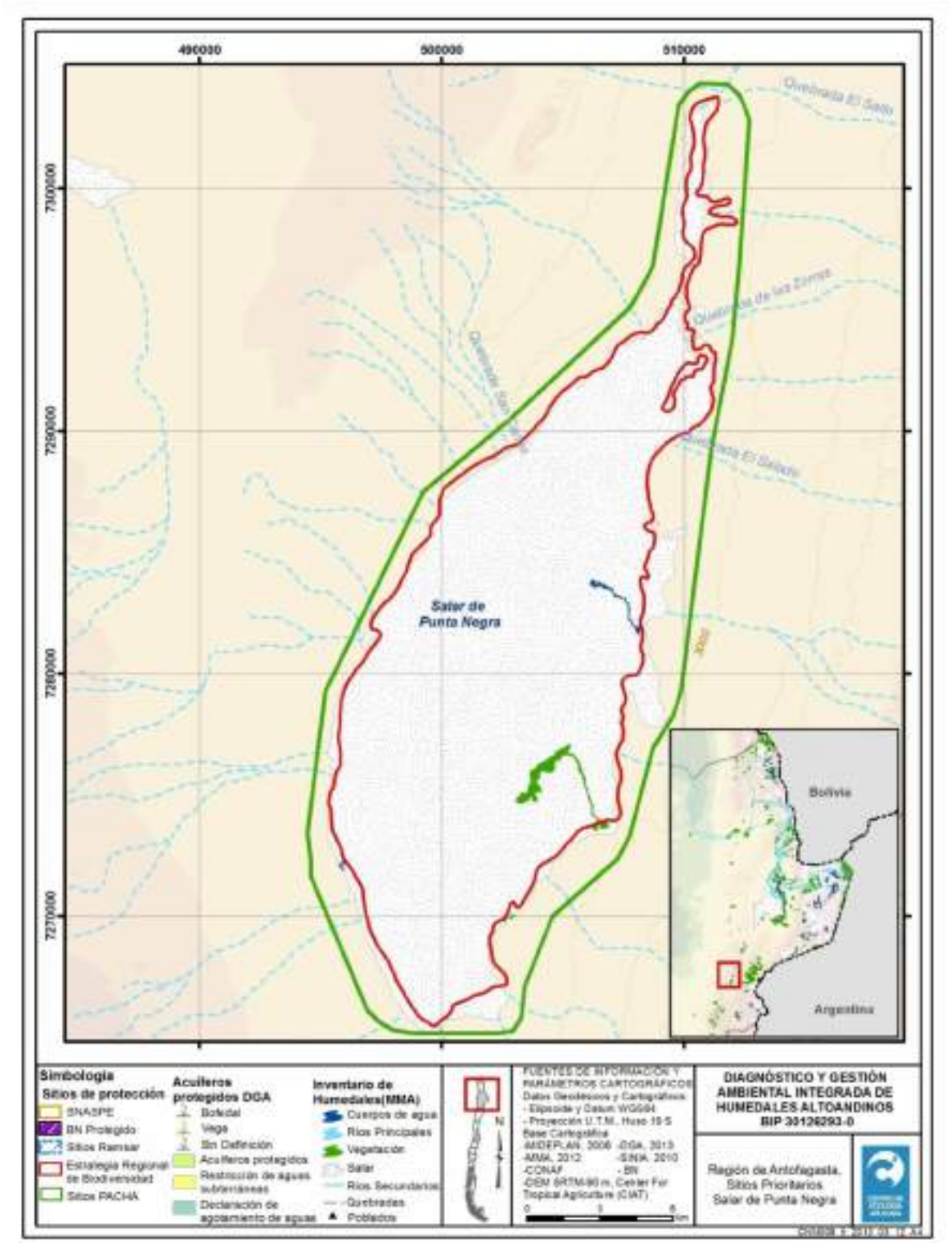


Figura 1.54. Ubicación del sitio prioritario Salar de Punta Negra. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006884

Tabla 1.53. Ficha sitio prioritario Salar de Punta Negra.

SITIO PRIORITARIO	Salar de Punta Negra		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
2945 m.s.n.m.	241 Km^2	502907 m E	7280554 m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Bajo		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	No		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	No		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	No		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (Bienes Nacionales, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Propiedad mayormente fiscal, pero con derechos de explotación de recursos hídricos			
Características del sitio			
El Salar de Punta Negra forma parte del grupo de salares andinos y se ubica en la prolongación sur de la cuenca del Salar de Atacama. Se han hallado evidencias de que el salar fue una laguna de agua dulce que fluía hacia el norte para desembocar en el Salar de Imilac, luego en la Quebrada de Agua Colorada y finalmente en el Salar de Atacama, con desagüe activo hasta hace 10.000 años o menos (Lynch, 1986). Su cuenca ocupa una extensión de 4.882 Km^2 y sus límites este y sur corresponden a la franja volcánica de la Cordillera de Los Andes, por el norte a la Sierra de Almeida, y por el oeste la Cordillera de Domeyko (DGA, 2005b). <u>Hidrología</u> Las precipitaciones anuales promedio registradas en el sector del salar son del orden de 20 mm, variando entre 1 y 89 mm (periodo 1999 – 2007; MEL y MWH Chile, 2008), mientras que la evaporación potencial alcanza valores anuales de 2.000 mm y la temperatura media es 10°C (Risacher et al., 1999b).			

Las precipitaciones que afectan a la cuenca ocurren como lluvia y como nieve en dos periodos del año, entre diciembre y marzo, y entre junio y septiembre (DGA, 2005b). La evaporación desde la superficie del salar está estimada en 750 l/s). Con lo anterior, la recarga total promedio en el área de salar se estima entre 80-600 l/s, con un promedio de 250 l/s (DGA, 2005b).

La escorrentía superficial para un salar de este tamaño, es considerada baja, siendo del orden de 12 l/s, correspondiendo al 1% del agua que cae sobre la cuenca (Risacher et al., 1999b). El agua subterránea es alimentada principalmente por escorrentía superficial esporádica y escorrentía subterránea causadas por el derretimiento nival y por precipitaciones. Por otro lado la descarga natural se produce principalmente por evaporación (Risacher et al., 1999b; MEL y CH2MHILL, 2001).

Cabe señalar que también existen descargas artificiales del acuífero, las que ocurren por extracción de aguas subterráneas que realiza Minera Escondida Limitada, titular de derechos de aprovechamiento de agua por 1.526,34 L/s en la cuenca del salar. La extracción se realiza desde una profundidad que varía entre 120 y 250 m, mediante bombeo en 49 pozos, con una capacidad instalada de 1.000 L/s, estos pozos se ubican en un área cuyo eje se orienta Norte a Sur y está a 5 km al este del salar (MEL y Rescan Consultants Inc., 1996; MEL y CH2MHILL, 2001).

Es importante destacar que tal extracción de agua ha llevado a la reducción considerable de las lagunas que se situaban en la superficie del salar (DGA, 2004ª), lo que puede deberse a que la capacidad de recarga del acuífero es lenta comparada con la tasa de extracción de agua (MEL y CH2MHILL, 2001).

Composición de las aguas

En cuanto a la composición de las aguas en el salar, se pueden diferenciar cuatro grupos de agua según su posición. El anillo exterior es el que tiene mayor salinidad, presentando las orillas una salinidad elevada causada por una cuña salina o a la pre-evaporación de las napas al llegar a las orillas. La elevada salinidad en el anillo exterior parece estar debida a la disolución de antiguas evaporitas o salmueras. La calidad de las aguas en el sector varía entre aguas que cumplen con las normas chilenas de potabilidad y riego con algunos componentes al límite (salinidad y arsénico), aguas que sobrepasan levemente los límites normativos de arsénico y boro, y que podrían ser aprovechadas para uso potable con restricciones o aguas salobres con valores lejanos de cumplir con las normas de potabilidad y riego (Risacher et al., 1999b).

Biodiversidad

Respecto a los hábitats presentes el sector del Salar de Punta Negra, destacan además del salar, bofedales y manantiales. Las lagunas del salar constituyen un importante hábitat y lugar de reproducción para especies flamencos (Contreras, 2002; CONAF, 2003). Además, en los bofedales y manantiales pueden ser observadas algunas vicuñas (*Vicugna vicugna)* (CONAF, 2003).

Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo

Folio006886

tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza).	
Fauna	Reptiles: - DRAGÓN DE OIDO CUBIERTO; *Liolaemus audituvelatus* (Vulnerable) Aves: - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus cassini* (Preocupación Menor) - FLAMENCO CHILENO; *Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi* (Preocupación Menor) Mamíferos: - GUANACO; *Lama guanicoe* (Vulnerable) - PUMA; *Puma concolor* (Casi Amenazada) - TUCO – TUCO DE ATACAMA: *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En peligro) - ZORRO CULPEO; *Lycalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio006887

1.10.12 Salar de Pujsa

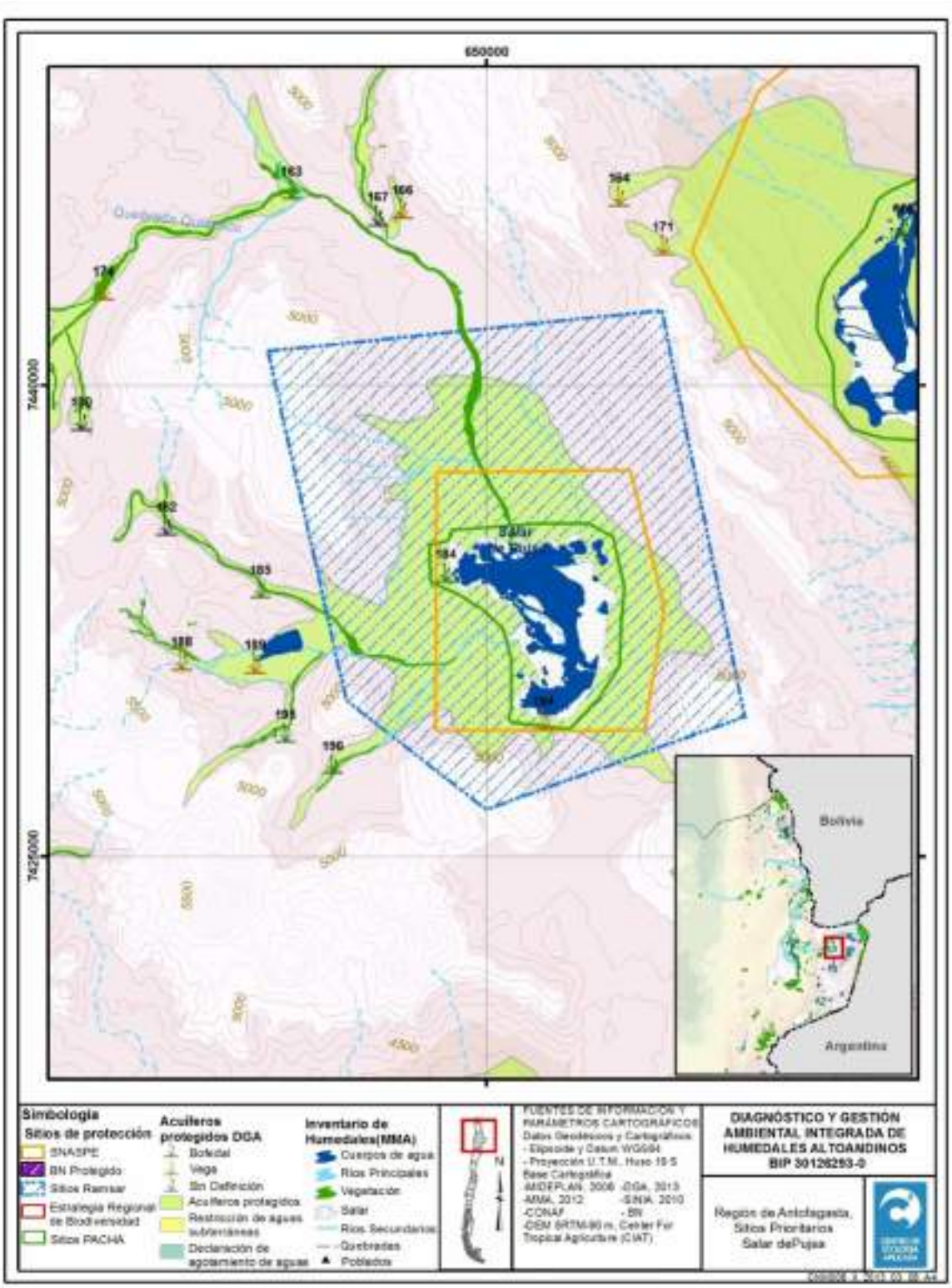


Figura 1.55. Ubicación del sitio prioritario Salar de Pujsa. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Tabla 1.54. Ficha sitio prioritario Salar de Pujsa.

SITIO PRIORITARIO	**Salar de Pujsa**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
4520 m.s.n.m.	57,02 Km^2	649862m E	7433356m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	-		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL DE LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (CONAF, 2008b; Ramsar, 2013)	Sí		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Pujsa norponiente (184) - Pujsa sur (194)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (649862m E - 7433356mm N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAF, 2008b)			
Terrenos fiscales, declarados área protegida con tuición y administración de CONAF.			
Características del sitio			
Geomorfología El salar de Pujsa se encuentra a una altura de 4530 m.s.n.m. y tiene una superficie de 57,02 Km^2. El salar cuenta con 18 km^2 de área, emplazado en una cuenca de 634 Km^2 de superficie, con un espejo de agua de 1 a 10 Km^2 (Risacher et al., 1999b). Se ubica al costado sur de la ruta hacia el Paso Jama, en la parte norte del altiplano de la Región de Antofagasta, al suroeste del Salar de Tara y separado por un cordón montañoso de la cuenca del salar de Atacama al oeste. Tiene un relieve caracterizado por sectores planos y ondulados, con llamativas estructuras de rocas volcánicas que emergen de los terrenos áridos (CONAF, 2008b). Es un salar de tipo playa con lagunas superficiales. Existe muy poca información sobre la extensión y las variaciones de superficie de las lagunas. Existen antiguas islas de hielo en el salar que proveen aguas diluidas a las lagunas al derretirse. No es posible, entonces, estimar el balance hídrico, aún muy aproximado, de las lagunas (Risacher et al., 1999b).			

Folio006889

<table>
<tr><td colspan="2">Climatología

Entre los parámetros climatológicos de la zona, se encuentran: precipitaciones de 150 mm/año; evaporación potencial de 1.500 mm/año; temperatura media de 1 °C. (Risacher et al., 1999b).

Biodiversidad

En este salar se desarrolla una importante concentración estival e invernal del Flamenco Andino (Phoenicoparrus andinus) y del Flamenco de James (Phoenicoparrus jamesi). En el caso del Flamenco Chileno (Phoenicopterus chilensis) este se presenta en el salar solo en el periodo de verano. Además se ha registrado un incremento de la abundancia histórica de este flamenco en la zona, pese a esto los intentos de nidificación han sido aislados y de escasa envergadura. Cabe destacar que el salar de Pujsa constituye uno de los sistemas exclusivos presencia del flamenco Chileno (Rodríguez, 2005).

Hidrología

Según análisis de los aportes hídricos de la zona, se han definido las aguas como sulfatadas, con origen de rocas volcánicas y azufre. El agua más diluida, tiene concentraciones de analitos que se enmarcan dentro de las normas de potabilidad, muy por debajo de las mismas, excepto para el arsénico que sobrepasa 16 veces el límite permisible para agua potable. El contenido de boro la hace no recomendable para riego. El aporte ubicado más hacia el norte, está levemente por encima de la norma de potabilidad en sulfato, arsénico y salinidad total. El aporte ubicado cercano al centro del salar ubicación norte, posee 20 veces más arsénico que esta norma y es muy salada. (Risacher et al., 1999b). La composición química de la laguna, de tipo Na/SO_4-Cl, no proviene de la evaporación de los dos aportes cuenca arriba, sino del agua de una vertiente difusa a la orilla norte del salar. Sin embargo, pueden existir aportes adicionales no detectados. La composición de los aportes y las vías evolutivas que siguen al evaporarse, se encuentra relacionada con la geología de la cuenca. La aptitud de uso de las aguas, aún las muy diluidas, está limitada en potabilidad por el alto contenido en arsénico (Risacher et al., 1999b).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza).</td></tr>
<tr><td>Fauna</td><td>Aves:
- FLAMENCO CHILENO; Phoenicopterus chilensis (Vulnerable)
- GAVIOTA ANDINA; Chroicocephalus serranus (Vulnerable)
- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; Phoenicoparrus jamesi (Vulnerable)
- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; Phoenicoparrus andinus (Vulnerable)
- SURI; Rhea pennata tarapacensis (Vulnerable)
Mamíferos:
- VICUÑA; Vicugna vicugna (En peligro)
- ZORRO CULPEO; Lycalopex culpaeus (Preocupación Menor)</td></tr>
</table>

Folio006890

1.10.13 Laguna Lejía

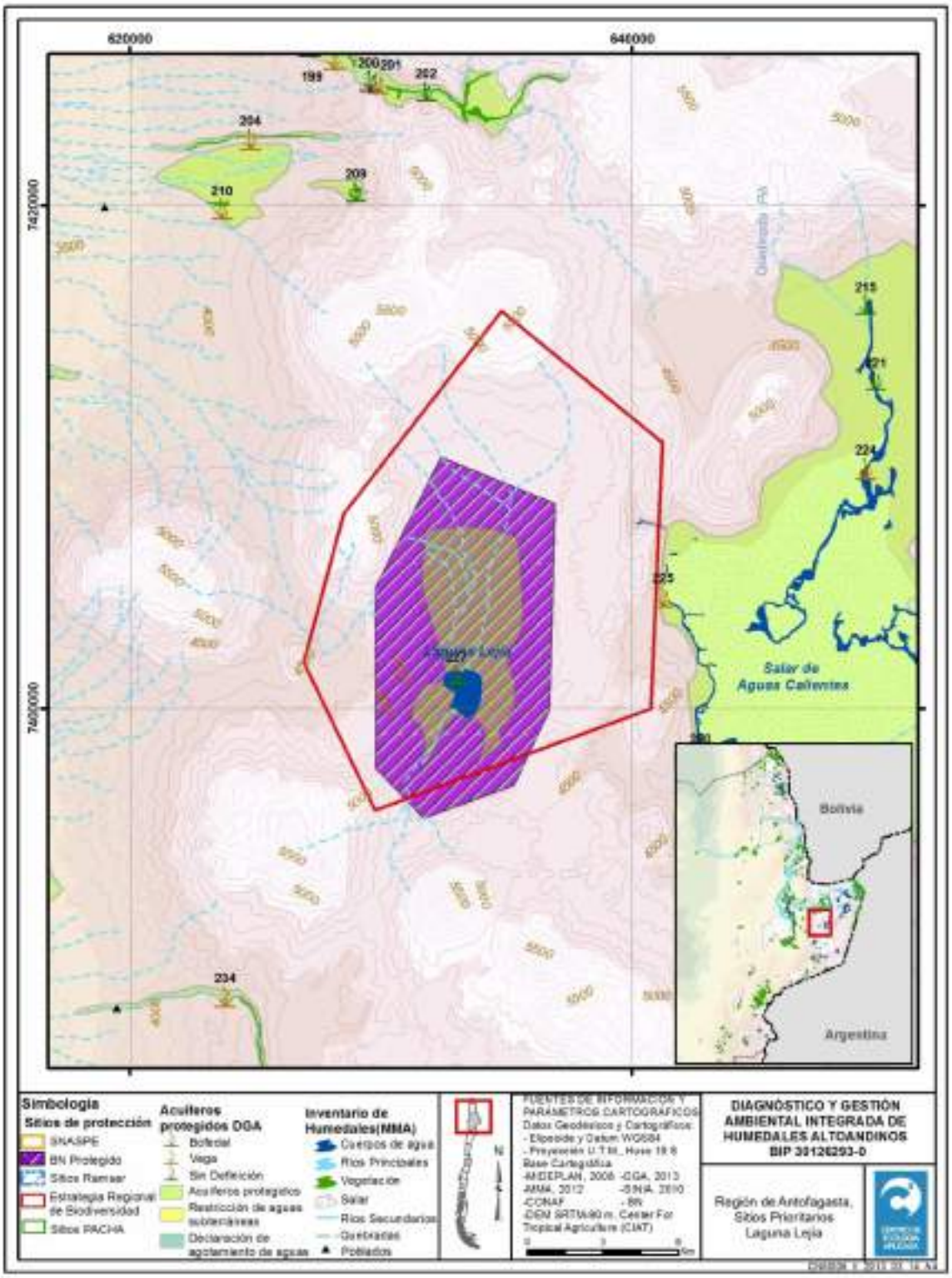


Figura 1.56. Ubicación del sitio prioritario Laguna Lejía. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Tabla 1.55. Ficha sitio prioritario Laguna Lejía.

SITIO PRIORITARIO	**Laguna Lejía**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
4325 m.s.n.m.	1,9 km^2	634430m E	7405267m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	-		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	No		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	No		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	No		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	Sí		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Algunas reclamaciones indígenas, exploraciones concedidas.			
Características del sitio			
Ubicación El sistema laguna Lejía se encuentra en el Altiplano de la II Región de Antofagasta. Es colindante con el Salar de Atacama al oeste y el Salar de Aguas Caliente 2 al este. Al norte, el activo volcán Lascar domina su cuenca de drenaje. (DGA, 2012b). Geomorfología La geomorfología de la mayoría de estos sistemas salinos andinos, ubicados en la región de Antofagasta, son producto de dos tipos de procesos, lo de tipo tectónicos y los volcánicos. Respecto al proceso volcánico, el ultimo evento registrado en los sedimentos de la Laguna, ha sido fechado por termoluminiscencia a los 16.700 ± 1.200 años AP. Complementado a esta información, el conjunto de diatomeas en los sedimentos de la Laguna Lejía sugiere un incremento de las aguas salinas asociadas a alta evaporación y largo tiempo de procesos de enriquecimiento en las aún grandes extensiones de cuerpos de agua (Nuñez & Grosjean, 1994).			

El volcán Láscar, ubicado al oeste de la laguna, es una de las principales unidades morfológicas del área de laguna Lejía, es el volcán más activo de la zona volcánica central de los Andes, y su evolución puede relacionarse con los cambios climáticos regionales del Cuaternario, registrados en los sedimentos de lagos aledaños. Destacan también las unidades geomorfológicas, que conforman el límite de la cuenca de la laguna Lejía, una de ellas es el volcán Aguas Calientes, situado al norte de la laguna, el que junto al volcán Chiliques y los cerros Lena y Lejía completan la formación de un "anfiteatro" alrededor de la laguna (CEAA, 2008d).

Clima y Meteorología

La ubicación en altura, por sobre los 3000 m.s.n.m., le da por característica un clima de tipo frío (CONAF, 2010). El promedio anual de las precipitaciones es de 150 mm, que principalmente se dan durante la estación de verano. La temperatura media anual de la Laguna es de 1°C. Se caracteriza por presentar altas concentraciones de sales, con un contenido de sólidos disueltos en el orden de los 70 g/l. (Risacher et al., 1999b).

Hidrología

La laguna es pequeña y poco profunda (1 m), de tipo endorreica, con probable intercomunicación subterránea con el salar de Aguas Calientes y la laguna Miscanti, como parte de un acuífero en común. Sus parámetros hidrológicos son controlados por afloramientos subterráneos, con una escasa precipitación, excesiva evaporación y un limitado drenaje interno (estimado en 40 l/min) a través de la quebrada Nacimiento (CEAA, 2008d).

Respecto a las características hidrológicas, la laguna aporta con un volumen superficial de 2.600.000 m^3/año (82 l/s) y con un volumen de infiltraciones de 29.600 m^3/año (1 l/s). Respecto a las precipitaciones, se descuenta la pérdida de humedad de superficie por medio de la evaporación potencial que es aproximadamente de 1.500 mm/año. Se ha detectado solo como fuente de alimentación a una vertiente difusa al oeste de la laguna. (Risacher, et al., 1999b).

Calidad química de las aguas

En este tipo de sector, existe una estrecha dependencia ente los depósitos salinos y el clima, por lo que le da un carácter variable a la calidad de sus aguas (Nuñez & Grosjean, 1994). La composición iónica de la laguna es de carácter sódica-bicarbonatada con aportes secundarios del ion magnesio y el anión sulfato (Na-Mg- / HCO_3-SO_4). Dicha composición es considerada poco común dentro del grupo de lagunas en el norte del país, debido a que es la salmuera de más alto porcentaje en magnesio. La vertiente difusa presenta un contenido de sólidos disueltos totales en el orden de los 1,3 g/l. Su composición iónica es el producto de la alteración de las rocas volcánicas con azufre. Presenta un contenido de arsénico 4 veces superior a la norma de agua potable (NCh 409/1, <0,01 mg/L). (Risacher, et al., 1999b).

<table>
<tr><td colspan="2">Biodiversidad

Este sitio corresponde a una extensión del salar de Atacama y es vital en los periodos de alimentación, especialmente para los flamencos, ya que sirve como alternativa respecto a las otras lagunas intervenidas de dicho salar. Existen pretensiones de actividades extractivas en el sector (CONAMA, 2002).

Respecto de la flora del sector, se han descrito un total de 29 especies, de herbáceas y arbustos nativos, que se dividen en 13 familias y 23 géneros donde destacan predominantemente las Poáceas y Asteráceas. Estas especies, se agrupan en dos formaciones vegetacionales: Puccinellia – Calandrinia y Stipa – Deyeuxia, en las cuales no se presentan especies con categoría de conservación (CEAA, 2008d).

En lo que se refiere a la fauna presente han sido descritos 39 especies de vertebrados, 38 nativos y 1 introducido (Burro) y distribuidos en 14 órdenes, 21 familias y 28 géneros, cuya proporción de mamíferos es de 18,4%, 78,9% de aves y 2,6% de reptiles (CEAA, 2008d).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza).</td></tr>
<tr><td>Fauna</td><td>Aves
- FLAMENCO CHILENO; Phoenicopterus chilensis (vulnerable)
- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; Phoenicoparrus jamesi (vulnerable)
- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; Phoenicoparrus andinus (Vulnerable)
- SURI; Rhea pennata tarapacensis (Vulnerable)
- TAGUA CORNUDA; Fulica cornuta (Casi Amenazada)</td></tr>
</table>

Folio006894

1.10.14 Sistema Hidrológico de Soncor

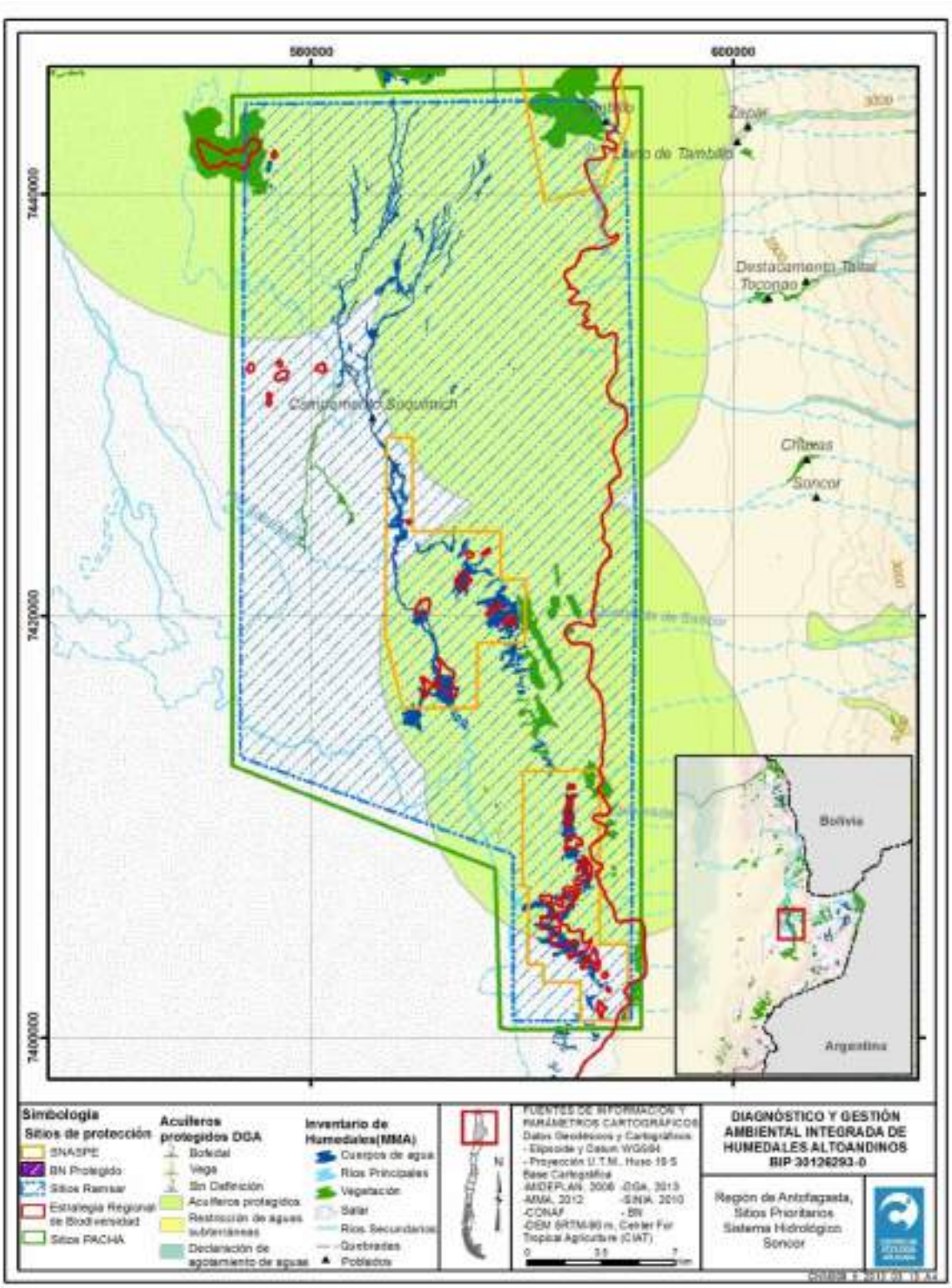


Figura 1.57. Ubicación del sitio prioritario Sistema Hidrológico Soncor. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006895

Tabla 1.56. Ficha sitio prioritario Sistema Hidrológico Soncor.

SITIO PRIORITARIO	Sistema Hidrológico de Soncor		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
2300 m.s.n.m.	50,16 Km^2	586603m E	7425694m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	-		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	Sí (Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama)		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	No		
Acuíferos Protegidos (DGA, 2010c)	Sí (585807m E - 7435771m N)		
Zona de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAF, 2008ª)			
Fiscal dentro del sitio Ramsar			
Características del sitio			
Este sitio se inserta en la cuenca endorreica del Salar de Atacama, declarado sitio Ramsar en 1995, además forma parte de la Reserva Nacional Los Flamencos (CONAF, 2003). Se caracteriza por presentar una costra conformada por distintos tipos de sales, principalmente de cloruros y de sulfatos. Existe además un sistema hidrológico conformado por una serie de canales superficiales y cuerpos lagunares que en conjunto constituyen un hábitat preferente de aves acuáticas, varias de las cuales se encuentran con problemas de conservación, como son las tres especies de flamenco altoandinos *Phoenicopterus chilensis, Phoenicoparrus jamesi* y *Phoenicoparrus andinus*, siendo esta última especie la que encuentra en las lagunas Barros Negros, Chaxas y Puilar de este sitio, su centro reproductivo más importante a nivel mundial. Además, dichos cuerpos lacustres representan puntos de alimentación y descanso para algunas especies de aves acuáticas migratorias interhemisféricas, como son el playero de Baird (*Calidris bairdii*) y el pollito de mar tricolor o pollito de Wilson (*Steganopus tricolor*), entre otros (CONAF, 2003 y 2008ª). <u>Clima</u> El clima de esta zona se ha definido como “Desértico-Normal” y “Desértico-Marginal de Altura”. El factor climático regional se debe a la presencia del Anticiclón de América del Sur sobre la cuenca del salar de Atacama, la cual se extiende hasta la Cordillera Andina.			

Las escasas precipitaciones que afectan la cuenca del Salar, y que ocurren entre Diciembre y Marzo, se originan a partir de la humedad transportada desde la cuenca amazónica generándose un período de lluvias estivales (Invierno Altiplánico).
También ocurren precipitaciones de menor importancia entre Abril y Agosto por el desplazamiento de frentes fríos desde la Antártica, reflejando un debilitamiento estacional del anticiclón.

Este sistema hidrológico constituye un sitio de desarrollo turístico controlado bajo responsabilidad de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao. Forma parte de la Reserva Nacional Los Flamencos (CONAF, 2003)

Hidrología

El Sistema Hidrológico de Soncor se caracteriza por sus diversos tipos de costras salinas que, dependiendo de sus componentes químicos, ofrecen superficies de formas variables: estructuras de polígonos, lisas y pulvurulentas. Se presentan lagunas someras, comúnmente de una profundidad inferior a un metro (CONAF, 2008ª).

La red hídrica del Sistema Hidrológico de Soncor se conforma por un conjunto de lagunas someras, generalmente unidas entre sí por canales superficiales. Ejemplo de esto es el Río Burro Muerto que escurre de Norte a Sur, uniendo las lagunas Burro Muerto (1 ha), Chaxas (37 ha) y Barros Negros (103 ha). Conectada sub-superficialmente con este sistema se encuentra Laguna Puilar conformada por espejos lacustres someros, sinuosos y desmembrados (CONAF, 2008ª).

Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza).

Fauna	Aves: - FLAMENCO CHILENO*; Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA; *Chroicocephalus serranus* (Vulnerable) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES*; Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO*; Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Oressochen melanopterus* (Preocupación Menor) - SURI*; Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) Mamíferos: - ZORRO CULPEO; *Lycalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio006897

1.10.15 Salar de Aguas Calientes IV

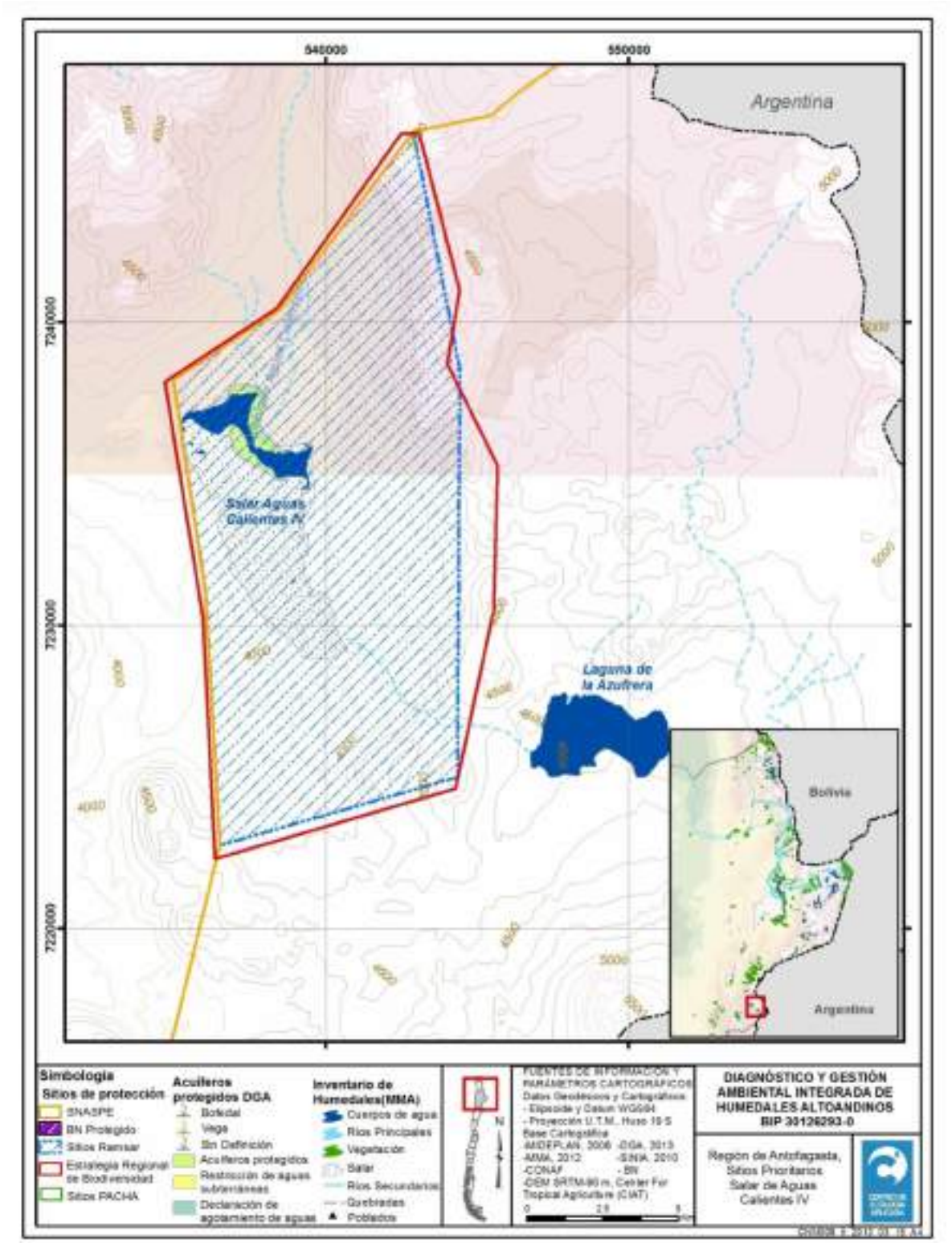


Figura 1.58. Ubicación del sitio prioritario Salar de Aguas Calientes IV. ***Fuente: CEA, 2013. Estudio MMA - BIP 30126293-0***

Folio006898

Tabla 1.57. Ficha sitio prioritario Salar de Aguas Calientes IV.

SITIO PRIORITARIO	Aguas Calientes IV		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
3665 m.s.n.m.	19,5 km^2	540483m E	7233192m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Bajo		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	No		
Sitio Ramsar (CONAF, 2008c; Ramsar, 2013)	Si, (Salar de Aguas Calientes IV)		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	No		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Si (537657m E - 7236359m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
La mayor parte es fiscal con una pequeña destinación (casi 10 ha) para el Ministerio de Defensa.			
Características del sitio			
Ubicación El sistema Salar de Aguas Calientes IV está situado en el Altiplano al sur de la II región de Antofagasta, en el norte de Chile. Es colindante con el Salar de Punta Negra y Pajonales. Al norte el volcán Llullaillaco cierra su cuenca. Geomorfología La geomorfología del Salar se asocia puntualmente a dos tipos de procesos, tectónicos y volcánicos. Su origen es el resultado de la desecación del lago formado por consecuencia del derretimiento de glaciares. El Salar está formado por una fracción líquida salmuera y otra sólida o costra salina (CONAF, 2010). La ubicación en altura (por sobre los 3000 metros) de este de Salar, le da por característica un clima de tipo frío. Con relación a las precipitaciones, estas son más frecuentes durante los meses de verano, con montos anuales que fluctúan entre los 25 a los 150 mm, que unido a las bajas temperaturas causadas por la altitud del lugar, le otorgan al paisaje una fisonomía esteparia. La temperatura media anual registrada está en el orden de los 8°C, con un valor máximo de 32°C y mínimo de -20°C (CONAF, 2010). Respecto a las características hidrológicas, la laguna aporta con un volumen superficial			

de 2.960.000 m^3/año (94 l/s) y con un volumen de infiltraciones de 56.000 m^3/año (21 l/s). Respecto a las precipitaciones, se descuenta la pérdida de humedad de superficie por medio de la evaporación potencial que es aproximadamente de 1.630 mm/año. La salinidad varía desde concentraciones muy bajas en los sitios de surgencia, hasta valores máximos al interior de la laguna o riberas alejadas de dichas surgencia (CONAF, 2010). Respecto a otras fuentes de aporte al salar, se han encontrado 3 vertientes difusas y 2 fluyentes de tipo termal (Risacher et al., 1999b).

Calidad química de las aguas

En este tipo de sector, existe una estrecha dependencia ente los depósitos salinos y el clima, por lo que le da un carácter variable a la calidad de sus aguas. Por ejemplo, al este del Salar se ha encontrado que las aguas tienen una composición iónica de carácter sódico-sulfatado con aportes secundarios de calcio y cloruro (Na-Ca / SO_4-Cl). El posible origen de estas aguas se ha atribuido a la lixiviación de rocas volcánicas por aguas ácidas neutralizadas por la alteración de silicatos. En el sector norte, por otra parte, se presenta una composición iónica sódico-clorurado con aportes secundarios de calcio y sulfato (Na-Ca / Cl-SO_4). Estas vertientes podrían ser originadas por la redisolución de las evaporitas o salmueras de tipo Na-Mg/Cl. En general, el salar presenta un mayor contenido de aniones sulfato respecto al calcio (Risacher, et al., 1999b).

Biodiversidad

Las aguas del Salar aportan nutrientes y sedimentos al humedal, lo que se traduce en su alto valor ecológico, presentando entonces una alta concentración de especies de animales y vegetales que dependen del ecosistema acuático. Por lo que dicho Salar es de gran importancia para la conservación de las aves migratorias interhemisféricas que usan el lugar como sitio de paso (descanso y alimentación), tales como playeros, pitotoyes, falaropos además de especies locales como flamencos altoandinos, suri, piuquén, perdiz de la puna y pato juarjual, entre otros. La flora de su periferia permite la alimentación de algunos mamíferos como chinchilla andina y vicuña (CONAF, 2010).

Especies en Estado de Conservación (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE) del MMA actualizado hasta el décimo tercer proceso de clasificación; Reglamento Ley de Caza).

Fauna	Peces: - KARACHI; *Orestias agassi* (En Peligro) Anfibios: - SAPO; *Telmatobius halli* (En Peligro Crítico) Reptiles: - DRAGÓN DE STOLZMANN; *Liolaemus stolzmanni* (Vulenerable) - LAGARTIJA DE SCHMIDT; *Liolaemus schmidti* (Datos Insuficientes) - LAGARTIJA DE LA PUNA; *Liolaemus puna* (Casi Amenazada) - LAGARTIJA PANTERA; *Liolaemus pantherinus* (Rara) Aves: - CONDOR; *Vultur gryphus* (Vulnerable)

	- HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus cassini* (Preocupación Menor) - FLAMENCO CHILENO; *Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA; *Chroicocephalus serranus* (Vulnerable) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi* (Preocupación Menor) - PERDIZ DE LA PUNA; *Tinamotis pentlandii* (Preocupación Menor) - PIUQUÉN; *Oressochen melanopterus* (Preocupación Menor) - SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) - TAGUA CORNUDA; *Fulica cornuta* (Casi Amenazada) - TAGUA GIGANTE; *Fulica gigantea* (Vulnerable) <u>Mamíferos:</u> - CHINCHILLA CORDILLERANA; *Chinchilla chinchilla* (En Peligro Crítico) - COLOCOLO; *Leopardus colocolo* (Casi Amenazada) - RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA: *Abrocoma cinerea* (Preocupación Menor) - RATÓN DE PIE SEDOSO; *Eligmodontia puerulus* (Preocupación Menor) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En Peligro) - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (Preocupación Menor) - ZORRO CHILLA; *Lycalopex griseus* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Lycalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio006901

1.11 Priorización definitiva de humedales para su caracterización

La priorización y selección definitiva de los humedales para su caracterización se basó en los siguientes criterios:

a) Basarse en el análisis y clasificación realizada a los cuerpos de agua y vegetación en el proyecto "Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos", código BIP 30126293-0, recientemente finalizado.
b) Considerar un grupo de humedales sin intervención (condición natural), para poder comparar. El propósito es evaluar a partir de esta caracterización, los efectos sólo del cambio climático.
c) Tomar en cuenta un grupo de humedales que estén sometidos a amenazas o presiones, ya sea por extracción de agua, pastoreo u otras (vulnerabilidad y estado).
d) Considerar que los humedales están asociados a grupos humanos o comunidades.
e) Incluir una adecuada representación de cada una de las ADI de la Región.

Dado los criterios anteriormente descritos, los humedales se dividieron en dos grandes grupos, a saber, aquellos sin intervención o en condición lo más natural posible y, aquellos sometidos a presiones.

1.11.1 Humedales sin intervención o en condición natural

La selección se realizó mediante la búsqueda de sistemas en el inicio de los afloramientos que les dan origen, o que su historia indicó que se encuentran en un estado natural, tomando especial consideración del análisis de la condición de estado resultado del proyecto BIP 30126293.

El monitoreo propuesto es de tipo intensivo (para caracterización) lo que incluyó Imágenes Hiperespectrales, Flora, Fauna, Vegetación, Calidad de Agua, Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Tapetes Microbianos, donde corresponda. Dada la importancia ambiental de estos sistemas, se reemplazaron las evaluaciones ecofisiológicas por mediciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de estos sistemas; información única en su tipo que pone a la Región de Antofagasta a la vanguardia con este tipo de información, la que podría alimentar los catastros nacionales de emisiones.

Así, los seleccionados fueron:

Tabla 1.58 Humedales seleccionados para muestreo intensivo

Humedal	Tipo	Clasificación IGV	Condición	Tipo de muestreo
Salar de Aguas Calientes I	Cuerpo de agua y Vega	0.1876 Estable	Sin intervención o Natural	Intensivo
Salar de Carcote	Cuerpo de agua y vega	0,3578 Estable	Sin intervención o Natural	Intensivo
Vega Tocorpuri	Vega	0.2167 Inestable	Sin intervención o Natural	Intensivo

Los resultados de la caracterización de cada uno de los humedales indicados en la tabla anterior, se muestran en el Capítulo 4 de este informe.

Folio006902

1.11.2 Humedales con intervención o amenazados

Para la caracterización de los humedales altoandinos emplazados en el área de estudio en un comienzo se realizó una descripción de aquellos humedales considerados como prioritarios de acuerdo los criterios establecidos por organismos relacionados a la conservación y estudio de estos sistemas. Luego con los resultados del análisis de imágenes satelitales del estudio recientemente finalizado, código BIP 30126293-0: "Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos", y la utilización de información secundaria de las presiones a las cuales estaban sometidos, se realizó una propuesta de evaluación del probable estado ecológico y la vulnerabilidad de cada sistema. No obstante la clasificación anterior, fue necesario considerar que estos humedales están asociados a grupos humanos o comunidades quienes obtienen servicios ecosistémicos a partir de ellos. Para incorporar este aspecto al análisis, se seleccionó un número de comunidades por ADI que no presentasen mayores conflictos en otras aristas (p.ej. política, demandas sociales, reivindicaciones, etc.) a modo de facilitar la comunicación y aumentar las posibilidades de éxito del estudio. Luego se realizó un catastro en terreno en donde se diagnosticó en forma personalizada y a través de un acercamiento directo, las actividades principales de las comunidades asociadas a los humedales (vegas y bofedales) y el estado y uso del recurso hídrico. Posteriormente se realizó un cruce entre estas comunidades y los sistemas de humedales definidos en el estudio finalizado, usando un radio de influencia de 10 km alrededor de cada una, de forma tal de generar un listado de comunidades; humedales y su probable estado ecológico e índice de vulnerabilidad. En acuerdo con la contraparte técnica del proyecto, se decidió realizar un monitoreo extensivo de los humedales priorizados por las comunidades asociadas a éstos, considerando la evaluación de parámetros tales como flora, vegetación y parámetros in situ de calidad de agua que den cuenta del estado ecológico del sistema.

Se seleccionaron 10 localidades/comunidades ubicadas en ADI Alto El Loa y 5 localidades/comunidades ubicadas en ADI Atacama la Grande, sumando un total de 15 localidades. La priorización de los humedales relevantes para ellas se desarrolló en forma directa en cada una de las localidades hasta finales de noviembre o principios de diciembre de 2015. En marzo de 2016 se realizó el monitoreo extensivo de esas áreas, y los resultados de esta caracterización se presentan en el capítulo 2 y Anexo F, Medida. N°1 Monitoreo_extensivo_humedales. Debe indicarse que en la selección final se privilegió aquellos sectores que eran de mayor importancia para la comunidad, a pesar de su clasificación IGV (obtenida del estudio FNDR C.BIP 30126293-0), para mayor detalle, se incluye en el Anexo digital B, sección 9, la tabla representativa de los humedales por localidad según Indice General de Vulnerabilidad (IGV), en donde se detalla cada IGV. Las localidades/comunidades seleccionadas se presentan en la Tabla 1.59. y su representación geográfica en la Figura 1.59. En el informe de avance N°3 se identificó además la estructura social de cada comunidad, la percepción en torno al recurso hídrico y los bienes y servicios que brinda el ecosistema asociado a la localidad visitada.

Tabla 1.59 Comunidades seleccionadas por ADI

ADI	Localidad
Alto El Loa	Lasana
	Chiu Chiu
	Ascotán
	Vega Chela
	Ollague
	Cupo
	Turi
	Ayquina
	Toconce
	Caspana
Atacama La Grande	Machuca
	Peine
	Camar
	Talabre
	Rio Grande

Folio006904

Región de Tarapacá
Oficina Salitrera Humberstone
Oficina Salitrera Santa Laura
Pica
Matilla
Huara
Pozo Almonte
Colchane
Huaviña
Cariquima
Pisiga Choquemarca
Pisiga Bellavista
Colchane
Huara
Camiña
Quebrada Blanca
Chiapa
Chiapa
Mamiña
Pozo Almonte
Pica
Matilla
Oficina Salitrera Humberstone
Oficina Salitrera Santa Laura
Huara
Camiña
Quebrada Blanca
Chiapa
Mamiña

Folio006905

1.11.3 Priorización con las comunidades previa al terreno.

La ley 19.253 establece la constitución de comunidades indígenas para el fomento de la protección del patrimonio histórico de las culturas indígenas. Las Directivas de estas comunidades representan a la Asamblea en general, por lo tanto son considerados actores estratégicos dentro de cada una de ellas.

Para realizar un trabajo exitoso y representativo de cada comunidad se realizó una consulta telefónica o vía oficio emitido por la Seremi del Medio Ambiente a la Directiva de cada localidad/comunidad, de forma tal de concordar la estrategia que cada comunidad adopte como válida y que permita identificar cuál humedal es el más importante para ellos y cuál es el servicio principal que cumple el humedal y que componentes ambientales les interesa que se caracterice. Además, se les indicó que se haría una visita a terreno cuyo objetivo era caracterizar el estado actual del humedal y que se les invita a acompañar la visita a terreno. Estas visitas o reuniones preliminares serían acompañadas con profesionales del Ministerio de Medio Ambiente local en caso de ser necesario.

La Corporación Nacional de Desarrollo Indígena mantiene una nómina de comunidades indígenas completa por Área de Desarrollo Indígena (ADI), insumo que se utilizó para generar el contacto telefónico con cada Directiva con el fin de coordinar la visita a cada localidad.

1.11.4 Trabajo de caracterización en terreno

A partir de la priorización previa de un humedal por localidad, se procedió a realizar una campaña en terreno, para la caracterización extensiva de cada humedal seleccionado. Esta campaña se realizó durante marzo y abril de 2016. Los componentes ecosistémicos que fueron caracterizados se establecieron a partir del interés de cada comunidad (ej. vegetación, calidad de agua, fauna). En esta etapa se les invitó a acompañar al equipo de trabajo al terreno a hacer las mediciones/evaluaciones y se aprovechó de consultar, que describan e identifiquen cuales humedales adicionales eran importantes para ellos, ya sea desde el punto de vista económico, cultural u otros servicios. Esta información permitió recoger la percepción de las personas que viven en el territorio sobre los humedales y facilitó la selección de aquellos que para ellos representan una mayor relevancia, información de alto valor para futuras toma de decisiones. Se levantó información sobre lo siguiente (cuando aplicara):

- Identificación territorial de los humedales asociados a la comunidad
- Importancia de los humedales para realizar su actividad económica principal.
- Importancia de los humedales para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
- Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.
- Importancia del humedal para pastoreo, u otros usos

Como producto del trabajo realizado, se le entregará a cada comunidad un apartado de información de parámetros relevantes del humedal caracterizado, mediante un documento formal emitido por la Seremi de Medio Ambiente y el equipo de trabajo, que contendrá información actualizada del estado actual del humedal.

Folio006906

1.11.5 Cronograma de levantamiento de información en terreno

Se contempló realizar las visitas a terreno en bloques de 3 o 4 comunidades, como se indica en la Tabla 1.60.

Tabla 1.60: División de comunidades para trabajo en bloques

ADI	Localidad	Bloque
Alto El Loa	Lasana	I
	Chiuchiu	
	Ascotán	
	Vega Chela	II
	Ollague	
	Cupo	
	Turi	III
	Ayquina	
	Toconce	
	Caspana	IV
Atacama La Grande	Machuca	V
	Peine	
	Camar	VI
	Talabre	
	Rio Grande	

Finalmente la campaña de monitoreo se realizó en dos etapas, la primera de fauna y vegetación, y la segunda, de limnología y calidad de agua.

1.11.6 Priorización de humedales en comunidades seleccionadas por ADI

El levantamiento de la información propuesta se realizó adecuando los requerimientos del proyecto y la disponibilidad de las comunidades. Se debe indicar que la disponibilidad de las comunidades se vio afectada por sus actividades ancestrales, como son; la Tirana, fiesta de Ayquina, y la limpieza de canales, donde toda la comunidad está concentrada en sus actividades. Estas actividades, de gran importancia para las comunidades, fueron respetadas al momento de planificar, a pesar de que el grado de avance se vio algo comprometido.

A continuación, en la

Folio006907

Tabla 1.61 se muestra el canal de contacto que fue utilizado para la priorización de los humedales en aquellas comunidades seleccionadas por ADI.

Folio006908

Tabla 1.61 Canal de contacto actualizado usado para la priorización y monitoreo de los humedales, por ADI

ADI	Localidad	Nombre del presidente(a) de la comunidad	Contacto	Grado de Avance de Priorización
ALTO EL LOA	Lasana	Hernaldo Ferrer	956726059	No aplica la priorización ya que solo hay un humedal identificado
	Chiuchiu	Heriberto Galleguillos	68407431	No aplica la priorización ya que solo hay un humedal identificado
	Ollagüe	Elvira Urrelo	56133223	Realizada
	Cupo	Sara Berna	78695387 - 95025804	Realizada
	Ayquina-Turi	Ricardo Cruz	84116055.	Realizada
	Toconce	Floridor Yufla Ayavire	74400749	Realizada
	Caspana	Hernesto Colamar Panire	96105075	Se fijó reunión en varias ocasiones y el presidente no asistió .
ATACAMA LA GRANDE	Machuca	Marcelo Colque	56406333	Realizada
	Peine	Teresa Chaile	99156884	Realizada
	Camar	Jorge Cruz	88249020	Se fijo reunión en varias ocasiones y el presidente no asistió.
	Talabre	Antonia Mondaca	95188823	Realizada
	Rio grande	Roman Condori	57002534	Realizada

1.11.7 Resultados

El estudio consideró el monitoreo y seguimiento de humedales prioritarios, cuya selección se realizó en conjunto con las comunidades asociadas a dichos humedales. Es por ello que el equipo ejecutor se reunió con la comunidad a modo de que los habitantes del lugar identificaran el humedal que los represente según los siguientes criterios en la consulta:

1. Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2. Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3. Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.

El criterio de Identificación de la comunidad con el humedal fue condición inherente para la consulta, por lo cual no se incorporó en la tabla, y a su vez el de uso de pastoreo fue incorporado como observación, al estar este contenido en la actividad económica principal.

Folio006909

De acuerdo a lo planificado se realizó un acercamiento a las comunidades via telefónica y por correo electrónico contándoles la actividad a realizar.

De acuerdo a las tres alternativas entregadas anteriormente de uso de los humedales, cada comunidad, representada por su directiva o su representante nos indicó sus usos en tabla indicado como: Definir Uso ** además nos señaló el más importante para su comunidad indicado en tabla como; Más importante con una X, el que correspondía al humedal de mayor interés de la comunidad para realizar el monitoreo.

1.11.7.1 ADI Alto El Loa. Resultados por comunidad

1.11.7.1.1 Comunidad de Ollagüe

La entrevista fue realizada con la Sra. Mabel Anza, presidenta de la Comunidad atacameña de Ollagüe, en agosto de 2015 y los resultados se muestran en la Tabla 1.62.

Esta comunidad , cambio de presidente con fecha posterior a la priorización realizada y el actual contacto es Evira Urrelo con quien se realizó el contacto para el monitoreo .

En la Figura 1.60 se muestra el Acta de entrevista, respectiva.

Tabla 1.62 Priorización de humedales comunidad de Ollagüe

Localidad	Humedal	Definir Uso **	Humedal más importante	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad .
Ollagüe	Quebrada del Inca	3;2;1	**X**	Ella aclara que es de vital importancia para la comunidad.
Ollagüe	Chaco	2;3		Indica que ambos humedales se utilizan para bebedero de animales y se realiza la actividad cultural de floriamiento del ganado.
Ollagüe	Cuchicha	2;3		
Vega Chela	Vega Chaihuiri	3;2;1		Comenta que a pesar de que tiene los tres usos es más lejos de Ollagüe pero sin embargo en este habitan aprox. unas 6 familias
Vega Chela	Chela	3;2;1		
Ascotán	Borde Sureste Ascotán	3;2;1	**X**	Comenta que el turismo es una actividad muy importante y que la principal actividad económica para la comunidad es la extracción de Borax.

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.

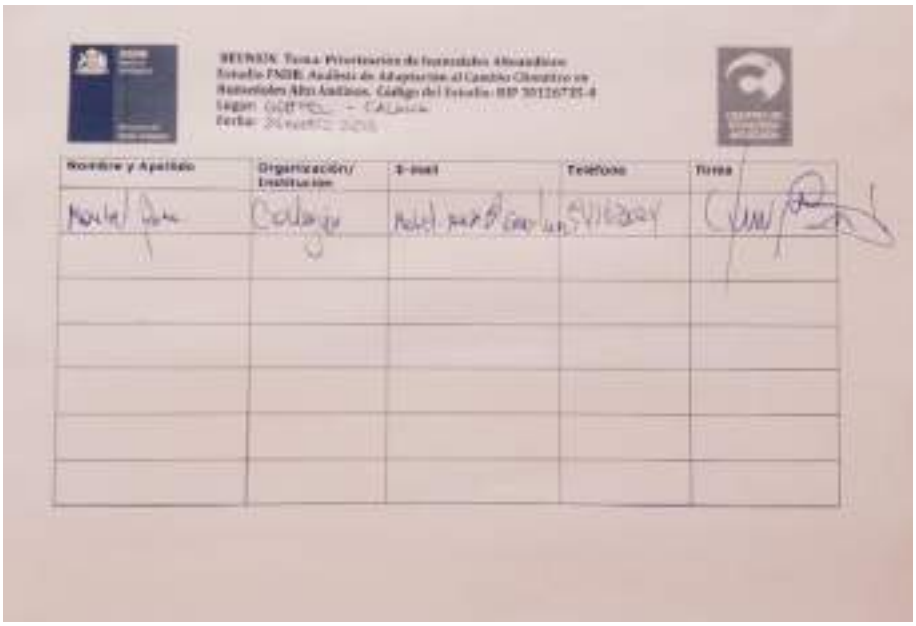


Figura 1.60 Acta de asistencia comunidad de Ollagüe

1.11.7.1.2 Comunidad de Ayquina – Turi

La entrevista fue realizada con Sr. Mario Berna, presidente de la Comunidad Atacameña de Ayquina-Turi y los resultados se muestran en la Tabla 1.63 y en la Figura 1.61 se muestra el Acta de entrevista, respectiva.

Esta comunidad cambió de Presidente con fecha posterior a la priorización realizada y el actual contacto es Ricardo Cruz con quien se realizó finalmente el contacto para el monitoreo .

Tabla 1.63 Priorización de humedales comunidad de Ayquina - Turi

Localidad	Humedal	Definir Uso **	Humedal más importante	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad .
Ayquina	Turi	3;2;1	**X**	Principal uso de la comunidad es el turismo ya que allí se encuentran ruinas ancestrales .
Ayquina	Río salado			Solo eventualmente la gente visita este lugar ya que éste tiene agua salada.
Ayquina	Ayquina	2,1		Aclara que se concentran las terrazas de cultivo del pueblo
Ayquina	Huiculunche	1		Este lugar es utilizado en la alimentación de animales siendo la vega principal de Ayquina
Ayquina	Escalera			Comenta que no lo conoce (dice que cree que está del lado de Caspana)
Ayquina	Chilcar			Este lugar es utilizado para alimentación de animales
Ayquina	Sailao			No lo conoce

Folio006911

Localidad	Humedal	Definir Uso **	Humedal más importante	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad .
Ayquina	Quival			No lo conoce

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.

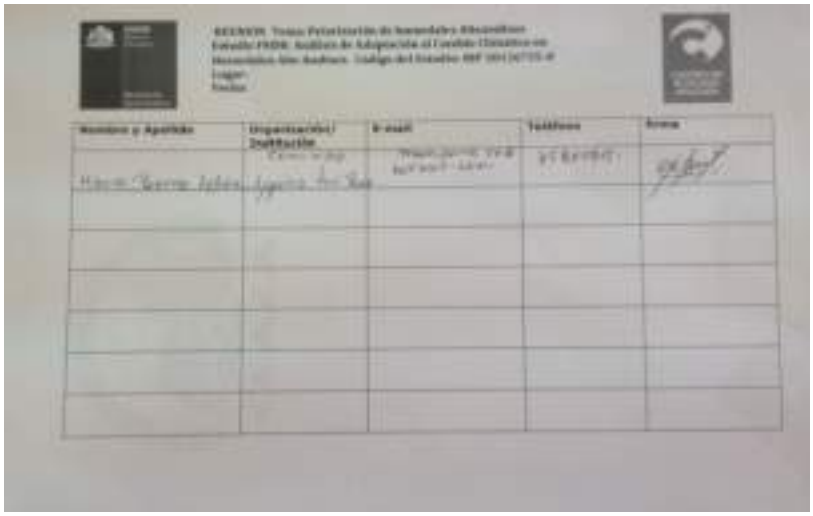


Figura 1.61 Acta de asistencia comunidad de Ayquina – Turi

1.11.7.1.3 Comunidad de Cupo

La entrevista fue realizada con Sra. Sara Berna, presidenta de la Comunidad Atacameña de Cupo y los resultados se muestran en la Tabla 1.64 y en la Figura 1.62 se muestra el Acta de entrevista, respectiva.

Tabla 1.64 Priorización de humedales comunidad de Cupo

Localidad	Humedal	Definir Uso **	Humedal más importante	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad .
Cupo	Caucochar	*3;2;1*		
Cupo	Torre Bajo	2;3		
Cupo	Paniri	2;1	X	Su actividad principalmente es la agricultura
Cupo	Paicato	3;2;1		
Cupo	Topain	3;2;1		
Cupo	Ojos de San Pedro*	3;2;1	X	Principal humedal ceremonial
Cupo	Ojos de Cupo *	3;2;1	X	Este le da el título a la comunidad y es importante como actividad económica por la extracción de agua. El agua que de aquí se extrae riega toda la agricultura

Folio006912

Localidad	Humedal	Definir Uso **	Humedal más importante	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad .
				de la comunidad
Cupo	Carcanal *	1		Flora, Fauna, Riego de hierbas medicinales .
Cupo	Sacan*	1		Flora, Fauna, Riego de hierbas medicinales .
Cupo	Aysina*	2;3		Flora, Fauna, Riego de yerbas medicinales. Este humedal está cerca de Carcanal.
Cupo	Canchas*	3		Flora, Fauna, Riego de hierbas medicinales
Cupo	Larcato*	3;2;1		Flora, Fauna, Riego de hierbas medicinales

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.

- Nombres agregados por la Sra. Sara Berna, indicando que faltaban de la lista entregada.

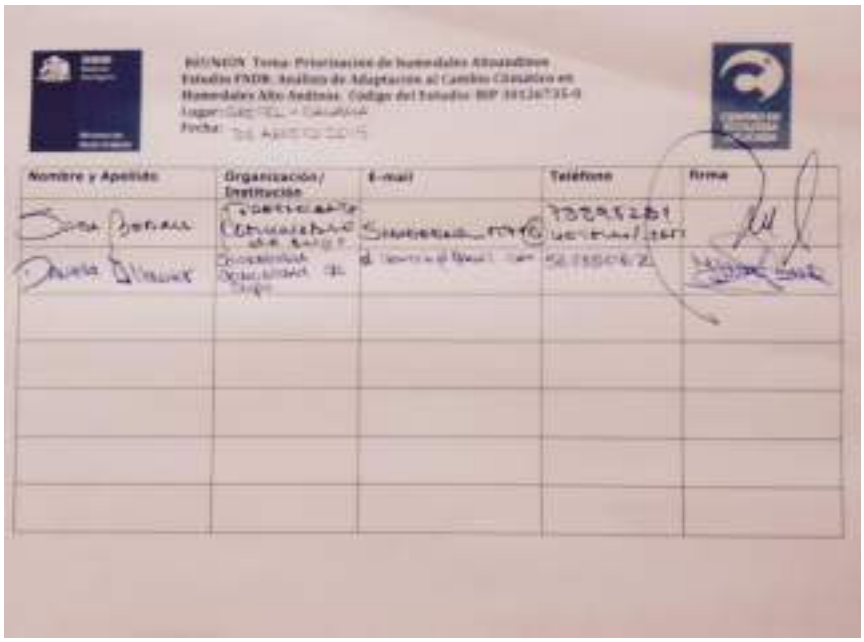


Figura 1.62 Acta de asistencia comunidad de Cupo

Folio006913

1.11.7.1.4 Comunidad de Toconce

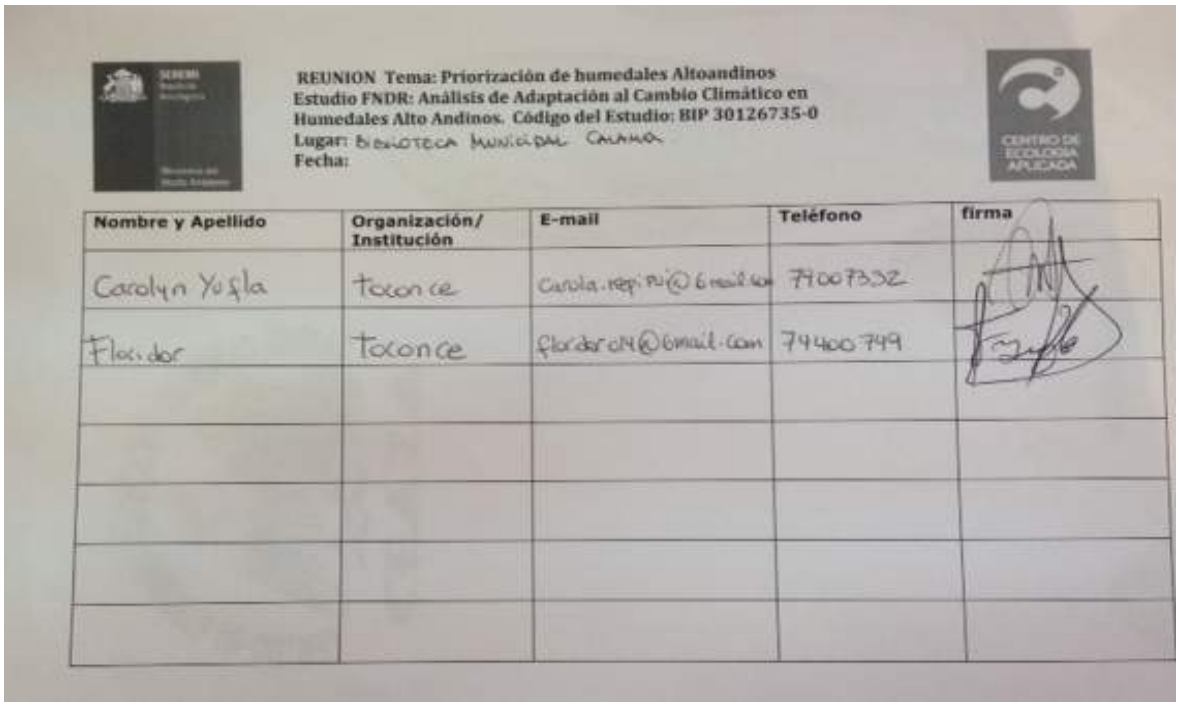
La entrevista fue realizada con Sr. Floridor Yufla, presidente de la Comunidad Atacameña de Toconce y los resultados se muestran en la Tabla 1.65 y, en la Figura 1.63 se muestra el Acta de entrevista, respectiva .

Tabla 1.65 Priorización de humedales comunidad de Toconce

Localidad	Humedal	Más importante	Definir uso**	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad .
Toconce	Media Quebrada	**X**	2,1,3	El más importante hoy en dia. En él se centra toda la actividad económica.
Toconce	Rio Salado			Un buen destino turístico ya que tiene valor paisajístico.
Toconce	Escalera		2	Indica que más arriba de éste están las estancias ancestrales donde se alimentaban animales
Toconce	Curte			No lo conoce
Toconce	Agua Dulce 1		2,3	Uso principalmente para pastoreo
Toconce	Chica			
Toconce	Caspana			Otra comunidad

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.

Folio006914



REUNION Tema: Priorización de humedales Altoandinos
Estudio FNDR: Análisis de Adaptación al Cambio Climático en Humedales Alto Andinos. Código del Estudio: BIP 30126735-0
Lugar: BIBLIOTECA MUNICIPAL CALAMA
Fecha:

Nombre y Apellido	Organización/ Institución	E-mail	Teléfono	firma
Carolyn Yusla	Toconce	carola.repi.ru@6mail.co	71007332	
Florador	Toconce	florador14@6mail.com	74400749	

Figura 1.63 Acta de asistencia comunidad de Toconce

1.11.7.1.5 Comunidad de Caspana

La entrevista fue realizada con Sr. Ernesto Colamar, presidente de la Comunidad Atacameña de Toconce y los resultados se muestran en la Tabla 1.65 y, en la Figura 1.64 se muestra el Acta de entrevista, respectiva .

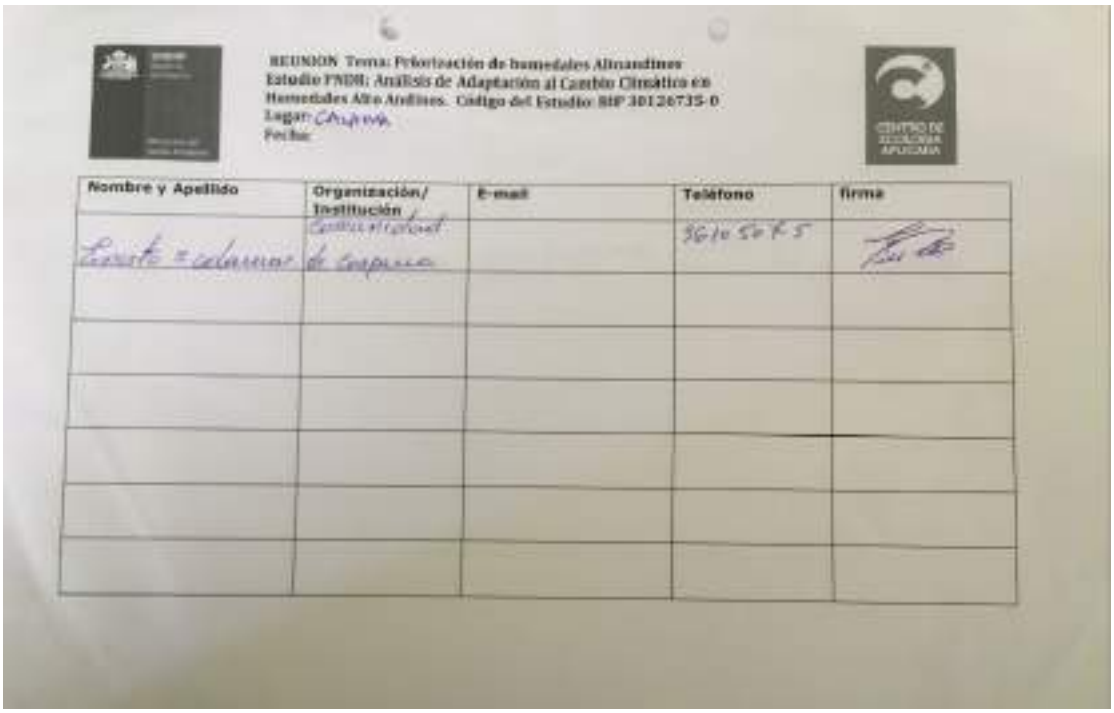
Tabla 1.24 Priorización de humedales comunidad de Caspana

Localidad	Humedal	Más importante	Definir Uso**	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad .
Caspana	Rio Salado		1	Limite entre Toconce y Caspana
Caspana	Escalera		1	Ganado
Caspana	Curte		1	Antes siembra – animales
Caspana	Agua Dulce 1		1,3	Animales y agua para la comunidad.
Caspana	Chilcar		1	
Caspana	Chica		1,2,3	Terreno agricola
Caspana	Caspana	x	1,2,3	Toma de agua principal, para la bebida de la comunidad
Caspana	Sailao			Pastoreo animales
Caspana	Quival		1,2	Vega, pastoreo de animales .

Folio006915

Localidad	Humedal	Más importante	Definir Uso**	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad .
Caspana	Incahuasi 1			Anteriormente cultivo.
Caspana	Chita 1		1,2	

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.


REUNION Tema: Priorización de humedales Altoandinos
Estudio FNDR: Análisis de Adaptación al Cambio Climático en Humedales Alto Andinos. Código del Estudio: BIP 30126735-0
Lugar: Caspana
Fecha:

Nombre y Apellido	Organización/ Institución	E-mail	Teléfono	firma
Laura Calaman	Comunidad de Caspana		96105675	

Figura 1.64 Acta de asistencia comunidad de Caspana

Folio006916

1.11.7.1.6 Resumen selección de humedales ADI Alto El Loa.

En la Tabla 1.66 se muestran resumidos, los resultados de las entrevistas de priorización de humedales realizadas en las comunidades pertenecientes al ADI de Alto El Loa.

Tabla 1.66 Resumen de priorización de humedales, comunidades ADI Alto El Loa.

Localidad	Humedal más importante	Prioridad de uso	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad.
Ollagüe	Quebrada del Inca	3;2;1	Vital importancia para la comunidad debido a su uso ancestral
Vega Chela	Vega Chaihuiri	3;2;1	A pesar de la lejanía de Ollagüe sustenta los tres usos. En este lugar habitan aproximadamente unas 6 familias
Vega Chela	Chela	3;2;1	
Ascotán	Borde Sureste Ascotán	3;2;1	Agrega que el turismo es muy importante, pero que la principal actividad económica para la comunidad es la extracción de Bórax..
Cupo	Ojos de cupo	3;2;1	Este sector le da el título a la comunidad. Es importante como actividad económica ya que la extracción de agua de este humedal sustenta toda la agricultura de la comunidad.
Ayquina	Turi	3;2;1	El turismo es el uso principal para la comunidad, hay ruinas y el más visitado por turistas en las festividades .
Ayquina	Huiculunche	3;2;1	Este provee de alimentación a los animales de la comunidad. Vega principal de Ayquina.
Turi	Turi	3;2;1	
Toconce	Media Quebrada	3;2;1	Más importante ya que hoy en dia en ella se centra toda la actividad.
Caspana	Caspana	3,1	Toma de agua principal de la comunidad

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.

Folio006917

1.11.7.2 ADI Atacama La Grande. Resultados por comunidad

1.11.7.2.1 Comunidad de Rio Grande

La entrevista fue realizada con la Sra.Juana Anza, presidenta de la Comunidad atacameña de Rio Grande, en noviembre de 2015 y los resultados se muestran en la Tabla 1.67. En la Figura 1.65 se muestra el Acta de entrevista, respectiva.

Esta comunidad, cambió de presidente con fecha posterior a la priorización realizada y el actual contacto es Roman Condori con quien se realizó el contacto para el monitoreo .

Tabla 1.67 Priorización de humedales comunidad de Río Grande

Localidad	Humedal	Humedal más importante	Definir Uso**	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad .
Rio Grande	Guaillar			Indica que pertenece a la comunidad de Machuca
Rio Grande	Jones		1,2	Los usos principales son agricultura, pastoreo, y ceremonia de limpia de canal.
Rio Grande	Envidias		1	Uso para pastoreo. Vega.
Rio Grande	Penaliri			Indica que pertenece a la comunidad de Machuca
Rio Grande	Matancilla		1,3	Agricultura- misma quebrada
Rio Grande	Paila		1	Vega ,principalmente pastoreo, aunque no para riego
Rio Grande	Lican			Vega, agricultura, ceremonia de limpieza de canal.
Rio Grande	Rio Grande	x		Da nombre a la comunidad, casi toda la comunidad se dedica a la agricultura.
Rio Grande	Yerba Buena			Principal lugar donde la gente trae agua para beber .
Rio Grande	Cocha			Principalmente pastoreo.
Rio Grande	San Bartolo			Perteneciente a la comunidad de San Pedro
Rio Grande	Guatiquina*			Su principal uso es de agua potable para la comunidad. Hay un proyecto en ejecución de la Municipalidad para tener agua potable para todo Río Grande.
Rio Grande	Quebrada de San Juan*			El uso principal uso es para ganadería y en agricultura una familia. Se desarrollan actividades culturales. Se desarrollan ceremonias de limpia canales y floramiento .
Rio Grande	Jauna y Tocorpuri*			Alimenta de agua a casi toda la comunidad. Su principal uso es para ganadería y para agricultura de una familia. Se desarrollan actividades culturales .

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.

* Nombres agregados por la Sra.Juana Anza, indicando que faltaban de la lista entregada.

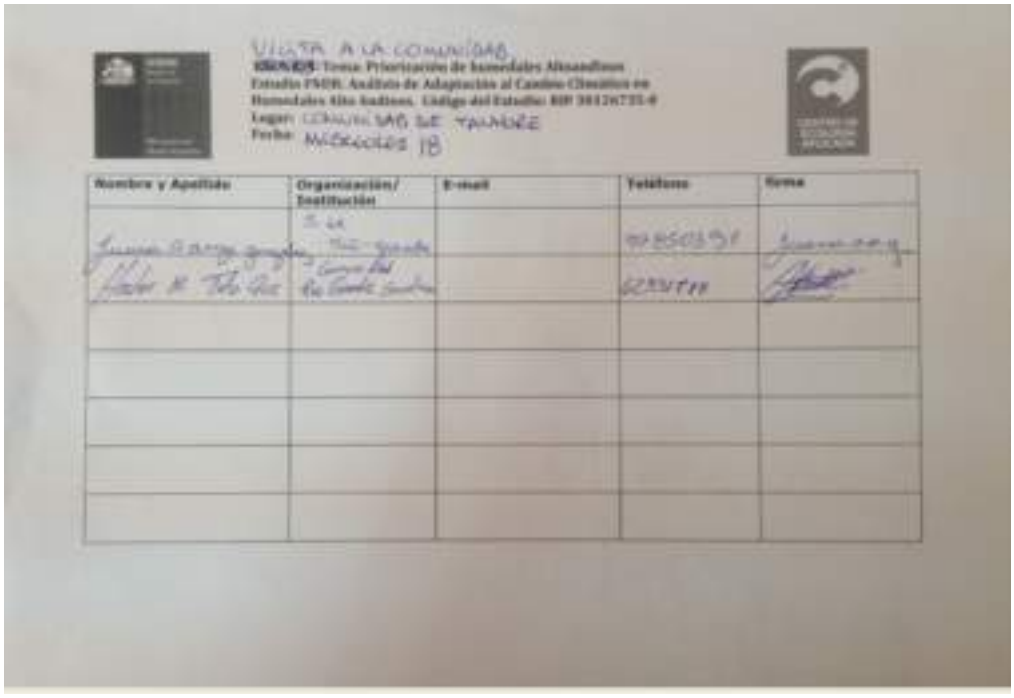


Figura 1.65 Acta de asistencia comunidad de Río Grande

Folio006919

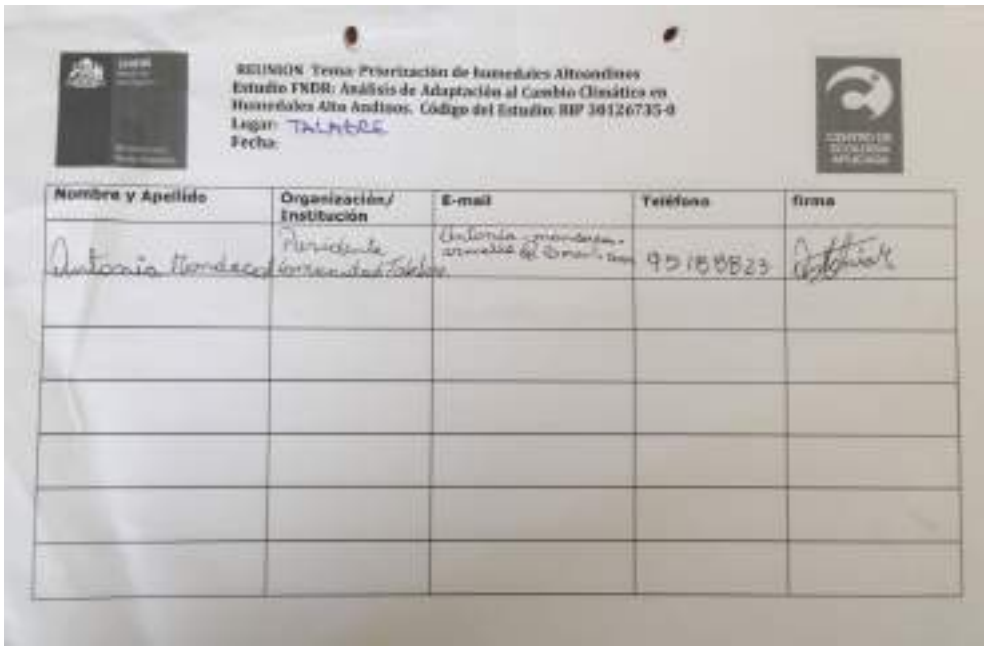
1.11.7.2.2 Comunidad de Talabre

La entrevista fue realizada con la Sra.Antonia Mondaca, presidenta de la Comunidad atacameña de Talabre, en noviembre de 2015 y los resultados se muestran en la Tabla 1.68. En la Figura 1.66 se muestra el Acta de entrevista, respectiva.

Tabla 1.68 Priorización de humedales, comunidad de Talabre

Localidad	Humedal	Humedal más importante	Definir Uso**	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad .
Talabre	Tumbre	1	3	Agua para beber electricidad y riego
Talabre	Saltar	1	3,2	Agua para beber electricidad y riego , ceremonia de pago ala tierra
Talabre	Catarape	1	3	Su principal uso es para extraer agua potable para la comunidad. Hay un proyecto en ejecución de la Municipalidad para tener agua potable para todo Talabre.
Talabre	Quemala		1	Uso para pastoreo
Talabre	Soncor		1	Uso para pastoreo compartido con la comunidad de Camar. No lo reconoce dentro de su Comunidad
Talabre	Allana		1	Uso para pastoreo compartido con la comunidad de Camar. No lo reconoce dentro de su Comunidad
Talabre	Querico		1	Pastoreo
Talabre	Vegas de Ecar *			
Talabre	Ojos de Ecar*		1	Pastoreo
Talabre	Patos*		1	Pastoreo

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.
* Nombres agregados por la Sra.Antonia Mondaca , indicando que faltaban de la lista entregada.



REUNION Tema: Priorización de humedales Altoandinos
Estudio FNDR: Análisis de Adaptación al Cambio Climático en Humedales Alto Andinos. Código del Estudio BIP 30126735-0
Lugar: TALABRE
Fecha:

Nombre y Apellido	Organización/ Institución	E-mail	Teléfono	firma
Antonia Mendez	Presidenta Comunidad Talabre	[illegible]	95188823	[illegible]

Figura 1.66 Acta de asistencia comunidad de Talabre

Folio006921

1.11.7.2.3 Comunidad de Peine

La entrevista fue realizada con la Sra. Teresa Chaile, presidenta de la Comunidad atacameña de Peine, en noviembre de 2015 y los resultados se muestran en la Tabla 1.69. En la Figura 1.67 se muestra el Acta de entrevista, respectiva.

Tabla 1.69 Priorización de humedales localidad de Peine

Localidad	Humedal		Humedal más importante	Definir Uso**	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad .
Peine	Palao	SP Salar de Atacama, Sector Sur-Oriental A	**x**	1;2	
Peine	Silolao	SP Salar de Atacama, Sector Sur-Oriental B	**x**	1;2	
Peine	Tilopozo				Uso de agua ancestralmente

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.

Figura 1.67 Acta de asistencia comunidad de Peine

Folio006922

1.11.7.2.4 Comunidad de Machuca

La entrevista fue realizada con el Sr, Marcelo Colque presidente de la Comunidad atacameña de Machuca, en noviembre de 2015 y los resultados se muestran en la Tabla 1.70. En la Figura 1.68 se muestra el Acta de entrevista, respectiva.

Tabla 1.70 Priorización de humedales localidad de Machuca

Localidad	Humedal	Humedal más importante	Definir Uso**	Comentarios con respecto al uso de tierras en cada caso e importancia para la comunidad .
Machuca	Putana		1;2	Crianza de ganado, llamo, oveja, cabra.
Machuca	Incahuasi 2		1	Crianza de ganado, llamo, oveja, cabra.
Machuca	Lagunita		1;2	Crianza de ganado, llamo, oveja, cabra. Floriamiento de ganado.
Machuca	Chita 2		1	Crianza de ganado
Machuca	Chucurate		1	Crianza de ganado, llamo, oveja, cabra. Floriamiento de ganado.
Machuca	Guaytiquina		1;2	Estancia vivienda-floriamiento
Machuca	Yuto		1;2	Antiguamente crianza ganado y floriamiento,
Machuca	Chita 3		1	Ganado
Machuca	Chita 4		1	Ganado
Machuca	Rio Quebrada		1	Bofedal grande para pastoreo de animales
Machuca	Chita 5		1	Crianza de ganado
Machuca	T Chita		1	Crianza de ganado
Machuca	Machuca	x	1,2,3	Existe la vertiente de Machuca que provee de agua potable a toda la comunidad , pequeños cultivos
Machuca	Guaillar		1,2	crianza ganado y floriamiento,
Machuca	Vega Grande		1,2	crianza ganado y floriamiento,
Machuca	Envidias		1,2	crianza ganado y floriamiento,
Machuca	Conapujyo		1	crianza ganado
Machuca	Penaliri		1	crianza ganado
Machuca	Paila		1	crianza ganado

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.

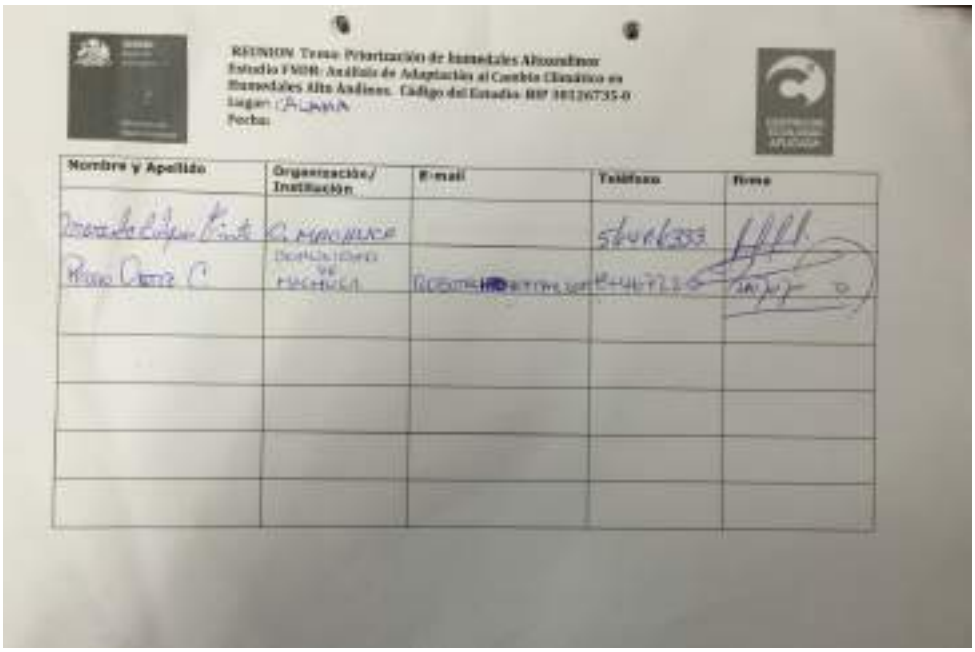


Figura 1.68 Acta de asistencia comunidad de Machuca

A continuación se muestra en la Tabla 1.71 un resumen de la priorización de humedales, para las comunidades ADI, Atacama La Grande

Folio006924

Tabla 1.71: Resumen de priorización de humedales, comunidades ADI Atacama la Grande.

Localidad	Humedal más importante	Definir uso**	Observaciones
Camar	Camar *		*No fue concertada la visita sin embargo en entrevista al teléfono aclaró que Soncor pertenece a Toconao y Camar sería el más importante para la comunidad
Machuca	Machuca	3;2;1	Vertiente mas importante para la comunidad, es donde se obtiene agua para beber . Hay pequeñas áreas de cultivo.
Peine	Palao	2;1	Actividad económica principal, actividades culturales, tradicionales o ancestrales. El agua es extraída de Tilopozo
Peine	Silolao	2;1	
Rio grande	Rio Grande	3;2;1	Actividad ganadería y agricultura y se realizan ceremonias ancestrales pero el agua es extraída de Guaitiquina la que pronto será agua potable .
***Talabre	Tumbre		Agua para beber, y electricidad , riego de cultivos
Talabre	Saltar		Agua para beber, y electricidad , riego de cultivos
Talabre	Catarape	3,2,1	Agua para beber, y electricidad , riego. En esta localidad hay un proyecto de agua potable en conjunto con la comunidad
Turipite	Turipite	3;2;1	Mismo dirigente que Machuca: Marcelo Coque.

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.

(***) en Talabre estos tres humedales fueron indicados como prioritarios para la comunidad sin embargo es importante considerar que es el de Catarape que en un futuro alimentará el agua de la comunidad.

Celda en azul: Indica que la localidad/humedal no fue considerada en el monitoreo extensivo debido a condiciones particulares del terreno definidas in situ.

En las Tabla 1.72 y Tabla 1.73 se muestra un resumen de la priorización, donde se indica el tipo de sistema, para cada ADI.

Folio006925

Tabla 1.72 Resumen de la priorización donde se indica tipo de sistema ADI: Alto el Loa.

Comunidad	Humedal más importante	Tipo de sistema	Prioridad de uso	Observaciones
Lasana	Lasana	Vega		Presenta sólo un humedal .
Chiuchiu	Chiuchiu	Cuerpo de Agua		
Ollagüe	Quebrada del Inca	Vega	3;2;1	La Sra. Mabel Anza aclara que es de vital importancia para la comunidad
Vega Chela	Vega Chaihuiri	Vega	3;2;1	A pesar de que tiene los tres usos, es más lejos de Ollagüe. En estas localidades habitan aproximadamente unas 6 familias, se reconoce como la misma localidad por la presidenta.
Vega Chela	Chela	Vega	3;2;1	
Ascotán	Borde Sureste Ascotán	Cuerpo de Agua Vega	3;2;1	Agrega que el turismo es muy importante y su principal actividad económica para la comunidad es la extracción de Bórax
Cupo	Ojos de Cupo		3;2;1	Este da el titulo de la comunidad. Es importante para la actividad económica ya que de este lugar se extrae el agua que riega toda la agricultura de la comunidad
Ayquina	Huiculunche	Vega	3;2;1	Alimentación de animales. Vega principal de Ayquina
Turi	Turi	Vega	3;2;1	Principal uso de la comunidad, ruinas - turismo
Toconce	Media Quebrada	Vega	3;2;1	Más importante. En ella se centran todas las actividades y las familias
Caspana	Caspana		3,1	Toma de agua principal de la comunidad.

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.

Folio006926

Tabla 1.73 Resumen de la priorización donde se indica tipo de sistema ADI: Atacama La Grande

ADI	Comunidad	Humedal más importante	Tipo de sistema	Prioridad de uso	Observaciones
Atacama la Grande	Camar	Camar *	Vega		*No fue concertada la visita sin embargo en entrevista al teléfono aclaró que Soncor pertenece a Toconao. Camar sería el más importante para la comunidad
	Machuca	Machuca	Vega	3;2;1	Vertiente mas importante para la comunidad, es donde se obtiene agua para beber. Hay cultivos a pequeña escala.
	Peine	Palao	Vega	2;1	Actividad económica principal. Actividades culturales, tradicionales o ancestrales. El agua es extraída de Tilopozo
	Peine	Silolao	Vega	2;1	
	Rio grande	Rio Grande	Vega	3;2;1	Actividad ganadería y agricultura. Se realizan ceremonias ancestrales pero el agua es extraída de Guaitiquina. Pronto será agua potable .
	**Talabre	Tumbre			Agua para beber, y electricidad, riego de cultivos
	Talabre	Saltar			Agua para beber, y electricidad, riego de cultivos
	Talabre	Catarape		3,2,1	Agua para beber, y electricidad, riego de cultivos. En esta localidad hay un proyecto de agua potable en conjunto con la comunidad
	Turipite	Turipite	Vega	3;2;1	

(**) 1: Importancia del humedal para realizar su actividad económica principal.
2:Importancia del humedal para la realización de actividades culturales, tradicionales o ancestrales.
3: Importancia del humedal para la extracción de agua para uso interno en la comunidad.

Folio006927

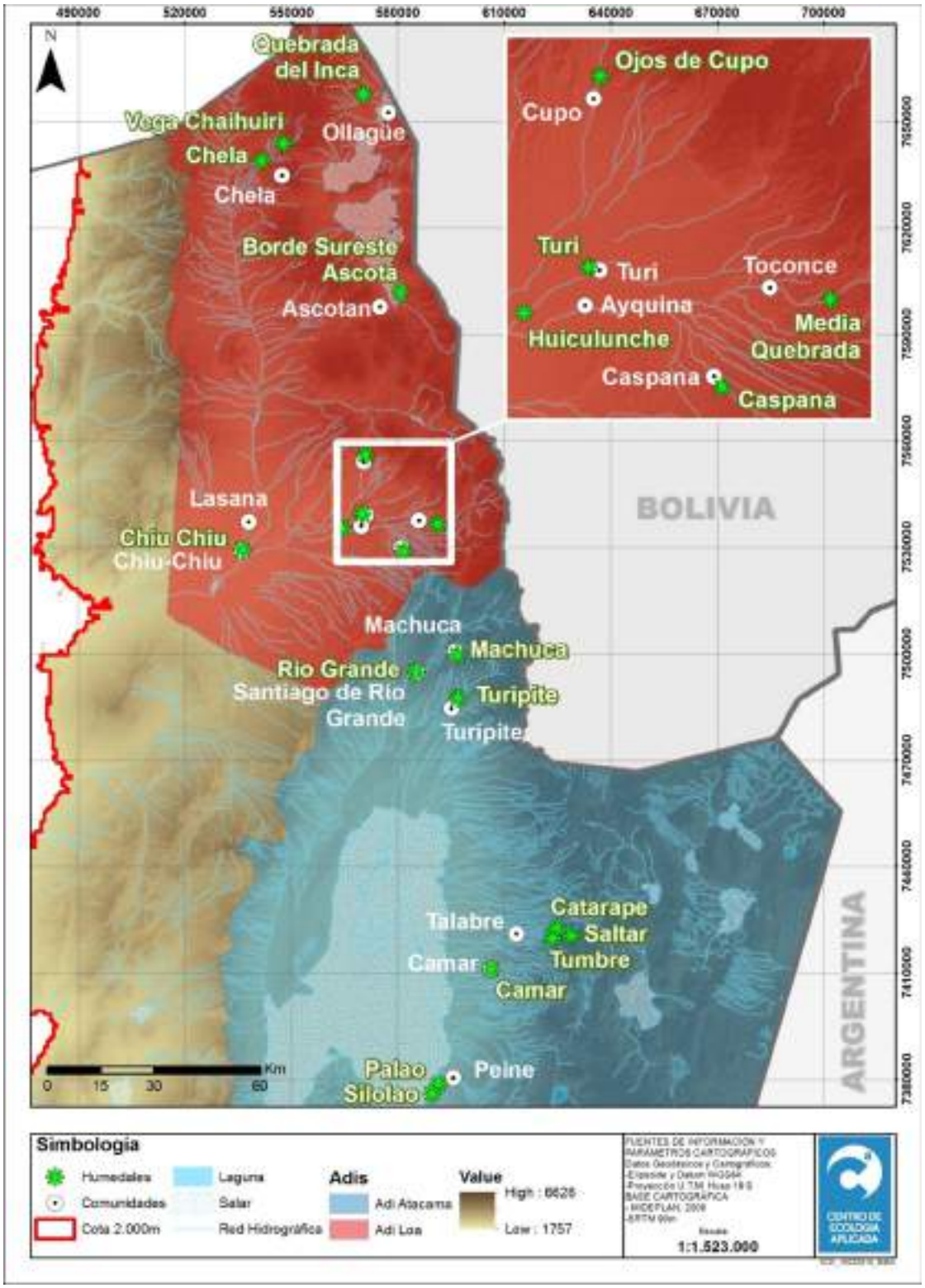


Figura 1.69. Mapa : Humedales priorizados por las comunidades

Folio006928

1.11.7.3 Visión compartida de las ADIs entrevistadas que obedece a conclusiones previas del trabajo en terreno

A partir de la información recopilada por medio de entrevistas con representantes de las comunidades pertenecientes a la ADI Alto el Loa y Atacama La Grande, se puede concluir que las comunidades atacameñas han empezado a concebir el desarrollo, como una oportunidad y no necesariamente como amenaza. Han aprendido que existen factores que los han afectado negativamente, como es el crecimiento turístico no regulado y la migración de los jóvenes a centros urbanos, sin embargo se evidencia una comprensión respecto al poder de las comunidades como motor de cambio a través del trabajo coordinado con los distintos actores y en armonía con el medio ambiente circundante, lo que a su vez permitirá motivar a las nuevas generaciones para la valorización de su patrimonio cultural.

Otro de los problemas que fue mencionado por las comunidades, y que según su visión afecta de manera significativa al Pueblo Atacameño, tiene relación con el agua y la tenencia jurídica de ésta. Insertos en medio de una de las zonas con mayores riquezas mineras del mundo, los atacameños pasivamente han contemplado el deterioro progresivo y gradual de los ecosistemas que antes constituían la razón de ser de sus actividades productivas domesticas. Este deterioro es atribuido por las comunidades al desarrollo minero, más que a factores ambientales, como es el cambio climático y sus efectos sobre los ecosistemas. Es por ello que resulta relevante que el trabajo con las comunidades indígenas considere como un factor relevante la educación.

1.12 Descripción del calentamiento global o cambio climático

El calentamiento global, o cambio climático, es causado por el masivo incremento atmosférico de gases efecto invernadero (CO_2, NO_2, CH_4, SO_2, entre otros), los cuales se asocian a combustión de combustible fósil y deforestación. El reporte más reciente del Panel Intergubernamental del Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC-ONU), declaró que no existe incertidumbre científica de estos cambios, y además estableció en 0,75 ºC el aumento en la temperatura global y de 22 cm del aumento en el nivel del mar durante el siglo XX (IPCC, 2007).

Pero el cambio climático puede manifestarse en diferentes formas, no solo en cambios de temperaturas regionales y globales, también en cambios en patrones de precipitación, expansión y contracción de casquetes en los polos, con variaciones en los niveles del mar. Estos cambios climáticos regionales y globales podrían ser respuestas a diversos mecanismos internos (ej. variación en la concentración de gases como el CO2 que modulan el efecto invernadero) y externos (variaciones en la órbita alrededor del sol, que alteran la radiación solar en la tierra). En síntesis, el incremento de estos gases y los escenarios del IPCC predicen que para el año 2100 el rango en que la temperatura global podría aumentar desde 1,1 ºC hasta 6,4 ºC.

Existe consenso científico que la concentración de gases invernadero en la atmósfera explica los cambios de temperatura (Oreskes, 2004); sin embargo, un problema mayor con esta hipótesis es comprender cuán sensible es el clima global al mayor incremento atmosférico del nivel de CO_2 (como a otros gases). Otro problema crítico en tratar de pronosticar el clima, es predecir la cantidad de emisiones de CO_2 que puede producirse en el futuro (determinadas por crecimiento poblacional y económico, uso de combustibles fósiles, energías alternativas, deforestación, etc.). El IPCC propuso 6 escenarios futuros

Folio006929

dependientes de estos factores en el Special Report on Emisión Scenarios en términos de equivalente del CO2 en ppm para el año 2100: B1 (600), A1T (700), B2 (800), A1B (850), A2 (1.250) y A1FL (1.500 ppm). En los 90's la emisión de CO_2 se incrementó en 1,1 %/año, y entre los años 2000 a 2005, se incrementó sobre el 3,0%. En la actualidad, el CO_2 ya superó las 400 ppm, y a pesar del protocolo de Kyoto, sus emisiones siguen en aumento.

Estimar o predecir los escenarios climáticos y efectos del cambio climático es complejo, porque cada parte del sistema del clima tiene diferente tiempo de respuesta, en que por ejemplo, frente a factores "forzantes" del clima (externos o internos) la atmósfera terrestre podría responder en un día, pero la respuesta para el océano profundo podría tomarle décadas. Sin embargo, los escenarios globales IPCC en precipitaciones (A2) y temperaturas (B2) sugieren descenso en cerca del 30% de lluvia estacional para la zona centro-sur de Chile. Los efectos del cambio sobre las temperaturas estacionales podrían reflejarse en periodos invernales menos fríos, estaciones de otoño cortas y primaveras más rápidas, hacia veranos más largos y más cálidos. La estación seca, por lo tanto, debiera ser más larga y las lluvias invernales asociadas a sistemas frontales más escasas.

A pesar que el cambio en las precipitaciones podría ser lo más notorio, inviernos con temperaturas más altas haría que las cotas de nieve (es decir, altitud en que la precipitación pasa de ser líquida a nieve) se encuentren en altitudes mayores. Esto tendría consecuencias directas en los reservorios de agua en primavera-verano, y en la acumulación de nieve en ecosistemas de humedales andinos. Los efectos y las consecuencias de esos cambios están por evaluarse, no solo en las respuestas de los organismos sino también en aspectos que tienen que ver con productividad y respuestas de los ecosistemas de humedales. Actualmente sabemos que el año 2005 fue el más cálido de la última década, y los 12 años con registros históricos más calurosos, estarían dentro de los últimos 15 años. La polémica en torno al cambio climático ha logrado una difusión de sus efectos al medio ambiente, cultivos, ecosistemas y humanidad, un consenso en la credibilidad de los expertos (Anderegg et al., 2010), y en consolidar una conciencia a nivel global frente al cambio climático (Gleick et al., 2010). Enfrentar estos efectos como país y sociedad es uno de los múltiples aspectos en mitigación-adaptación frente a los futuros cambios climáticos (Vicuña, 2009).

1.13 Descripción de la adaptación ambiental de los humedales altoandinos

La adaptación ambiental de los ecosistemas asociados a los humedales altoandinos, se relaciona principalmente a las respuestas de los sistemas Vega-Bofedal-Salar (VBS) ante los cambios en las condiciones ambientales. Para esto, se requiere comprender los patrones generales, y algunos mecanismos de aspectos básicos de la biología (crecimiento, fenología y sobrevivencia), ecología (abundancia y/o distribución geográfica) y de cómo estos procesos son afectados por las interacciones entre los factores bióticos y el ambiente físico-químico (factores abióticos). Lo anterior podría ayudar a entender el significado funcional de los caracteres específicos de los sistemas (ej. profundidad de raíces, distribución de las especies, abundancia de la vegetación, etc.), en las respuestas a la adaptación al cambio climático.

Por ejemplo, los estudios de fisiología ambiental y/o eco-fisiología persiguen explicar la distribución global de plantas respondiendo a preguntas y situaciones del tipo: ¿por qué una especie es capaz de vivir permanecer en determinado ambiente?, o explicar el

Folio006930

hallazgo de patrones de morfologías asociados con diferentes ambientes. En este sentido, el ambiente para un sistema de humedal altoandino estaría determinado por todos aquellos factores físicos y químicos (abióticos) que caracterizarían un determinado hábitat, así como por la influencia de los otros organismos co-existentes (bióticos), los que favorecen o limitan los procesos de la fisiología, el crecimiento y la sobrevivencia. El ambiente sería la combinación de condiciones externas (abióticas y bióticas) que actuarían sobre un organismo o comunidad de organismos en sus habitats, y el estrés medioambiental implicaría la presencia de un factor externo al sistema, provocado por el ambiente y que ejerce una influencia negativa sobre su óptimo desarrollo. En muchos casos, el estrés está medido en relación a la sobrevivencia, al crecimiento y/o productividad.

La adaptación usualmente se refiere a un nivel de resistencia al estrés determinado genéticamente y adquirido por un proceso de selección de varias generaciones (Taiz & Zeiger, 2010). Otros procesos como el endurecimiento, se refiere a tratamientos suaves de estrés, que permite que un sistema progresivamente y a continuación, resista condiciones severas de estrés; mientras que los conceptos de resistencia o tolerancia al estrés están refiriéndose a la forma, estrategia o mecanismo en la capacidad de los sistemas para poder sobreponerse a condiciones ambientales adversas.

En conclusión, para responder la pregunta de adaptación al cambio climático de los sistemas de humedales altoandinos, se requiere conocer a través de experimentos en terreno, la respuesta particular de estos sistemas a los cambios relacionados con la temperatura y la precipitación, experimentos que buscan describir los diferentes mecanismos de aclimatación y condiciones de habitabilidad de los sistemas de vegas, bofedales y salares. No obstante esto, finalmente la adaptación al cambio climático la realizan las comunidades y los habitantes de un territorio quienes ven quer sus servicios ecosistémicos se reducen o no son practicables en forma continua. Esto induce a pensar que desarrollar la conciencia en los mismos de que la naturaleza en dinámica y cambiante es una mejor estrategia, ya que permite que enforma activa las comunidades busquen y desarrollen nuevos servicios, asociados a su estructura actual.

Folio006931

INFORME DE CARACTERIZACIÓN DE LOS HUMEDALES ALTOANDINOS

Folio006932

2 CARACTERIZACIÓN DE LOS HUMEDALES ALTOANDINOS

2.1 Resumen ejecutivo

En el siguiente documento se presenta la caracterización de los Sistemas Naturales seleccionados en la sección anterior; Salar de Aguas Caliente I, Salar de Carcote y vega de Tocorpuri en función de las variables teledección, calidad de agua, biota acuática, tapetes microbianos, flora y vegetación, fauna y flujo de gases de efecto invernadero, cuya información fue levantada en octubre de 2015, agosto de 2016 y marzo de 2017.

Por otra parte, se presenta la caracterización de 11 localidades asociadas a las comunidades de las ADI Alto El Loa y Atacama La Grande, con información de terreno levantada en abril de 2016 para calidad de agua, biota acuática, fauna, flora y vegetación.

Los principales resultados de la caracterización de los sistemas naturales muestra que para **Aguas Calientes I** la superficie del espejo de agua y la cobertura vegetacional fue mayor en verano de 2017, dedido principalmente a las precipitaciones. La diferencia estacional de estas variables también coincide con el aumento en las concentraciones de metales, solidos totales disueltos y conductividad en este sistema, principalmente en la laguna de evaporación. Desde el punto de vista espacial, las características de las aguas del Salar fueron diferentes en cada uno de los sectores evaluados, observándose menores valores de conductividad eléctrica en el sector de la vega-vertiente (punto de surgencia), las que aumentaron con dirección a la laguna de evaporación, lo cual refleja un mayor contenido de iones disueltos en éste último sector, atribuidos a las mayores concentraciones de cloruro, potasio, magnesio, nutrientes en general y metales como arsénico, bario, cobalto, cobre, boro, litio, estroncio, entre otros.

Para las microalgas bentónicas las especies dominantes en el Salar Aguas Caliente I fueron *Cocconeis euglypta*, *Navicula cryptotenella*, *Cocconeis placentula*, y se observó en forma recurrente a la diatomea *Pseudostaurosira brevistriata,* mientras que para el zooplancton dominaron los Copepodos y Amphipodos. Los ensambles de macroinvertebrados bentónicos de el Salar de Aguas Calientes I estuvieron compuestos principalmente por insectos de la familia Chironomidae, Limoniidae y los Amphipodos de la familia Hylalellidae, dentro de esta familia destaca el género *Hyalella* que es característico de aguas continentales subsalina de poca profundidad en el norte de Chile y Sudamérica.

Dentro de la composición florística registrada al interior del humedal de Aguas Calientes I no se encontraron especies con origen fitogeográfico endémico, considerando las 3 camapañas se registró un total de 15 especies de flora terrestre, de las cuales ninguna de estas se encontró bajo alguna categoría de conservación y la cobertura de la vegetación terrestre se mantuvo en torno al 60 %. También se registró un total de 4 macrófitas, las cuales no presentaron algún grado de amenaza para su conservación y cuya cobertura. entre 1,64% y 4,92%.

Respecto a la fauna, en verano se observa la mayor riqueza de fauna. Durante todo el muestreo se registraron 42 especies de fauna vertebrada, correspondientes a un anfibio, 33 especies de aves, siete mamíferos, y un reptil. Siendo la avifauna el grupo más diverso y abundante. De las especies detectadas, el 14,3% se encuentra amenazada, es decir, categorizada en Peligro o Vulnerable por la legislación vigente. Estas especies

Folio006933

corresponden al flamenco chileno, gaviota andina, parina chica, parina grande y tuco-tuco de Atacama catalogadas como Vulnerable, y la vicuña categorizada En Peligro.

Respecto a los flujos de gases invernaderos, asumiendo que tanto la matriz terrestre como acuática se comportan de forma espacialmente homogénea en cuanto a su dinámica de GEI, puede inferirse que desde la superficie de la zona delimitada como el salar fluyen hacia el suelo entre 6050 toneladas de dióxido de carbono por día en primavera; y 887 toneladas por día en verano. En el caso del metano, el flujo espacial estimado es 54.85 toneladas de metano emitidas por día en primavera y 33.21 toneladas por día en verano (considerando que no fue medida la matriz acuática).

Para el **Salar de Carcote** la superficie del espejo de agua y la cobertura vegetacional fue mayor en verano de 2017, dedido principalmente a las precipitaciones. La diferencia estacional de estas variables también coincide con el aumento en las concentraciones de metales, solidos totales disueltos y conductividad en este sistema, principalmente en la laguna de evaporación. Desde el punto de vista espacial, las características de las aguas del Salar fueron diferentes en cada uno de los sectores enfocadas principalmente en menores valores de sólidos disueltos en el sector vega-vertiente, a diferencia del sector de la laguna de evaporación, indicador de un mayor contenido de sales como bicarbonato, calcio, cloruro, sodio, lo que clasificaron las aguas desde hiposalinas a hipersalinas (Davis, 2003). Al igual que en el salar Aguas Calientes, la mayor concentración de iones disueltos en el sistema está directamente influenciada por la pérdida de agua, a causa de la evaporación, y la posterior acumulación de sales disueltas.

Para las microalgas bentónicas las especies dominantes en el Salar de Carcote fueron *Denticula spp*., *Halamphora sp*. y *Nitzschia spp*. Especies que presentarían una resistencia biótica que les permite persistir en ambientes con niveles más altos de estrés ambiental.

Los ensambles fitoplanctónicos estuvieron compuestos principalmente por *Halamphora carvajaliana*, *Pseudostaurosira brevistriata* y *Denticula valida.* Estas especies han sido consideradas como especies tolerantes a la salinidad permitiendo su permanencia en el tiempo en este sistema. Por su parte, en los ensambles de macroinvertebrados bentónicos destacan principalmente los Insectos de la familia Chironomidae, Canthocamptidae y los Amphipodos de la familia Hylalellidae.

Dentro de la composición florística registrada en el salar de Carcote se encontraron especies con origen fitogeográfico nativo, considerando las 3 campañas se registró un total de 6 especies de flora terrestre y la cobertura de la vegetación terrestre fue mayor en verano. No se registraron especies acuáticas al interior del salar de Carcote.

Respecto a la fauna, en verano se observa la mayor riqueza. Durante todo el muestreo se registraron 27 especies, correspondientes a 19 especies de aves, siete mamíferos, y un reptil. Siendo la avifauna el grupo más diverso y abundante. Las aves de hábitos acuáticos son las que dominan en este sistema, las que se asocian directamente con el curso de agua.

De las especies detectadas, el 22,2% se encuentra amenazada, es decir, categorizada en Peligro o Vulnerable por la legislación vigente. Estas especies corresponden al flamenco

Folio006934

chileno, gaviota andina, parina chica, parina grande y tuco-tuco de Atacama catalogadas como Vulnerable, y la vicuña categorizada En Peligro.

Respecto a los flujos de gases invernaderos, asumiendo que tanto la matriz terrestre como acuática se comportan de forma espacialmente homogénea en cuanto a su dinámica de GEI, puede inferirse que desde la superficie de la zona delimitada como el salar de Carcote fluyen hacia el suelo entre 22651 toneladas de dióxido de carbono por día en primavera; y 11696 toneladas por día en verano. En el caso del metano, el flujo espacial estimado es 38.75 toneladas de metano absorbidas por día en primavera y 65.74 toneladas por día en verano.

En las **Vegas de Tocorpuri** la superficie del espejo de agua fue mayor en primavera, mientras que la cobertura vegetacional fue mayor en verano, dedido principalmente a las precipitaciones.

Las aguas de la vega Tocorpuri fueron clasificadas como neutras, según Hounslow (1995), con bajos valores de conductividad eléctrica, y sólidos disueltos, clasificando las aguas como dulces en base a este parámetro (Davis, 2003). Además, al igual que la conductividad y sólidos disueltos, los metales evaluados presentaron bajas concentraciones, en relación a los salares, alcanzando en gran cantidad de ellos, valores inferiores a los límites de detección o al menos un 60% de valores bajo este límite. Las mayores concentraciones las registró el boro, hierro, estroncio y aluminio. Espacialmente, los diferentes sectores de la vega Tocorpuri presentaron características físico-químicas similares, al registrar valores homogéneos de pH, conductividad, fósforo, ortofosfato, sílice disuelta, carbonato, potasio, estroncio, arsénico y vanadio, entre otros, las cuales se mantuvieron constantes desde el punto de vista temporal. Por otro lado, se observaron valores levemente inferiores en el sector del río orientado al sur (TOC-2), en parámetros como calcio, sólidos suspendidos, aluminio, bario, manganeso y hierro, condiciones que se mantuvieron desde el punto de vista temporal, en las tres campañas realizadas. La composición iónica de las aguas varió levemente entre sectores, siendo bicarbonatada sódica con aportes secundarios de sulfato y calcio en el sector río sur (TOC-2), y sulfatada cálcica con portes secundarios de magnesio y bicarbonato en la confluencia del río norte y sur (TOC-1) y sector río norte (TOC-3).

Para los ensambles fitobentónicos las especies dominantes fueron los taxa *Ulnaria ulna*, *Planothidium lanceolatum* y *Nitzschia spp.* , característicos de sistemas salinos y tolerantes a condiciones de estrés ambiental.

Los ensambles fitoplanctónicos estuvieron compuestos principalmente *Ulnaria ulna*, *Pseudostaurosira sp*. y *Achnanthidium sp*. Por su parte, la comunidad de zooplancton se caracterizó por estar compuesta por un bajo número taxonómico, sin embargo, dicha variabilidad taxonómica y densidad de individuos es característica para salares alto andinos.

Dentro de la composición florística las especies registradas en el salar de Tocorpuri también se encuentran presentes en otros humedales y salares del norte de Chile, se registraron 17 especies con un origen fitogeográfico nativo y un hábito de crecimiento herbáceo. La formación vegetal que se encuentra presente en el Humedal de Tocorpuri corresponde a la de Bofedal dominado principalmente por la especie de hábito herbáceo *Oxychloë andina*.

Folio006935

Respecto a la fauna, en primavera se observa la mayor riqueza. Durante todo el muestreo se 33 especies de fauna vertebrada, correspondientes a un anfibio, 26 especies de aves y seis mamíferos. Siendo la avifauna el grupo más diverso y abundante. Las aves de hábitos acuáticos son las que dominan en este sistema, las que se asocian directamente con el curso de agua.

De las especies detectadas, el 12,1% se encuentra amenazada, es decir, categorizada en Peligro o Vulnerable por la legislación vigente. Estas especies corresponden a la gaviota andina, cóndor y suri catalogados como Vulnerables, y a la vicuña categorizada En Peligro.

Respecto a los flujos de gases invernaderos, asumiendo que tanto la matriz terrestre como acuática se comportan de forma espacialmente homogénea en cuanto a su dinámica de GEI, puede inferirse que desde la superficie de la zona delimitada como la vega de Tocorpuri fluyen hacia la atmósfera entre 8661 toneladas de dióxido de carbono por día en primavera; y 14025 toneladas por día en verano. En el caso del metano, el flujo espacial estimado es 0.07 toneladas de metano absorbidas por día en primavera y 0.38 toneladas emitidas por día en verano.

Respecto a los sistemas Intervenidos , los cuales estan asociados a las comunidades la adaptación ambiental de los ecosistemas asociados a los humedales altoandinos, se relaciona principalmente a las respuestas de los sistemas Vega-Bofedal-Salar (VBS) ante los cambios en las condiciones ambientales.

Para esto se requiere comprender algunos aspectos básicos de la biología (crecimiento, fenología y sobrevivencia); y ecología (abundancia y/o distribución geográfica) de estos sistemas junto con entender cómo estos factores son moldeados el ambiente fisicoquímico, es decir: clima, calidad de agua, temperatura, etc.

Lo anterior es básico para entender el significado funcional de características específicas de los sistemas, por ejemplo: profundidad de raíces, distribución de las especies, abundancia de la vegetación, entre otras respuestas de la vegetación para adaptarse al cambio climático.

Por otra parte, considerando que corresponde a cada comunidad comprender e interpretar las razones de los cambios que se observan en los ecosistemas existentes en el territorio donde viven y desarrollan sus actividades y también, implementar las medidas de adaptación más apropiadas, es imprescindible contar con la participación de cada comunidad en la identificación, selección y puesta en marcha de las actividades que, de común acuerdo, se desarrollen.

Folio006936

2.2 Caracterización de Sistemas Naturales

2.2.1 Área de estudio y puntos de muestreo

El salar de **Aguas Calientes I** se encuentra ubicado junto a la ruta 27 que lleva desde San Pedro al Paso de Jama. Se encuentra alimentado por una vertiente de agua dulce en la zona Norte que alimenta una vega que mantiene un extenso bofedal. Hacia el sur da lugar a tres humedales someros conectados entre sí. (Figura 2-1). En este Salar se muestrearon 3 puntos de calidad de agua y biota acuática y 4 puntos para flujo de gases de invernadero. La ubicación de los puntos se presentan en la Tabla 2-1.

Folio006937

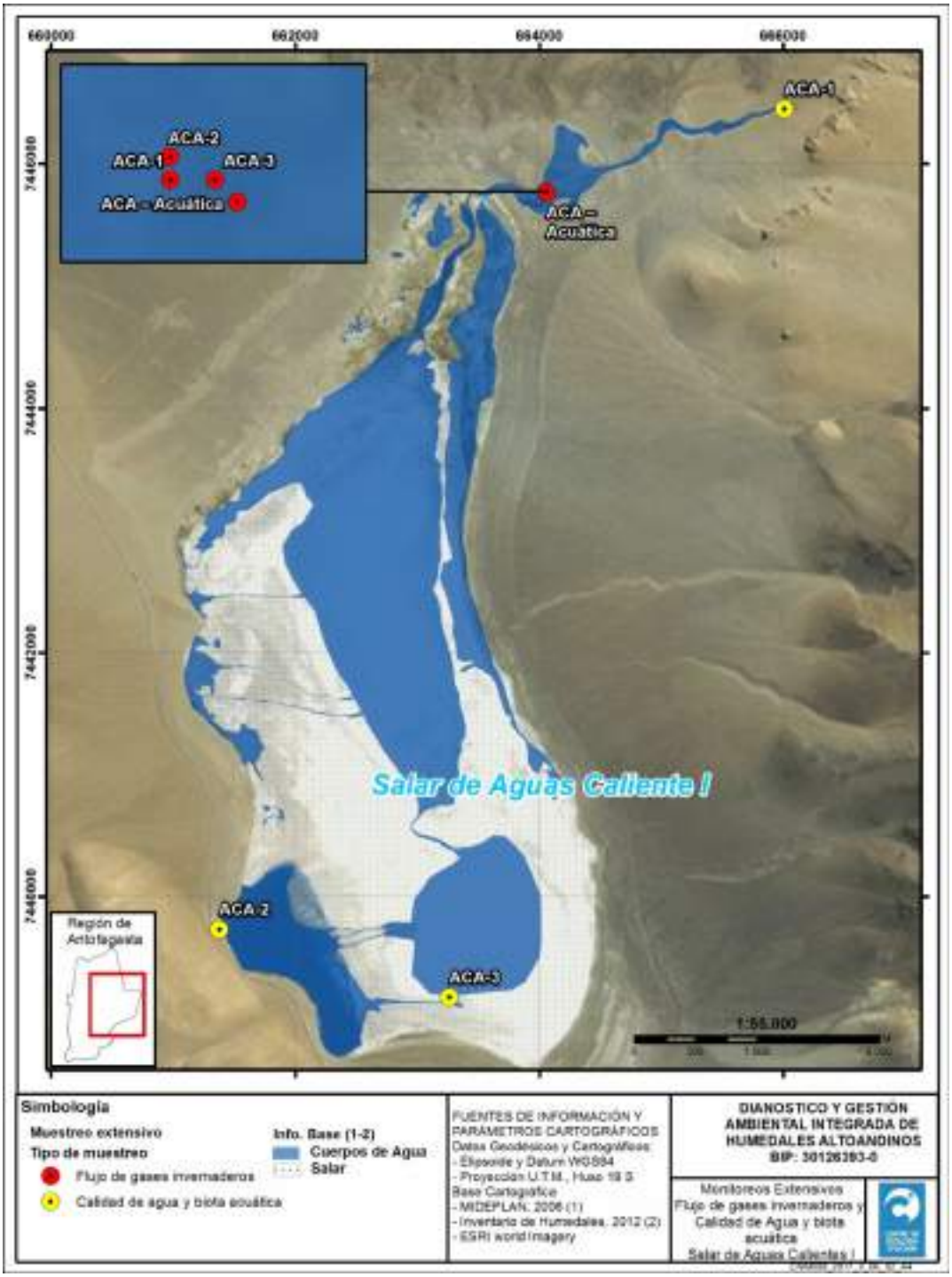


Figura 2-1. Ubicación puntos de muestreo en Salar de Aguas Calientes I.

Folio006938

El **Salar de Carcote** se encuentra al norte de la II región. Colinda al sur con la cuenca del salar de Ascotán y al oeste con la cuenca del río Loa. Es un salar de tipo playa constituido de limos salinos y costras de sales. Existen varias lagunas superficiales generalmente unicadas cerca de las orillas y alimentadas por vertientes al borde del salar (Figura 2-2). En este Salar se muestrearon 3 puntos de calidad de agua y biota acuática y 4 puntos para flujo de gases de invernadero. La ubicación de los puntos se presentan en la Tabla 2-1.

Folio006939

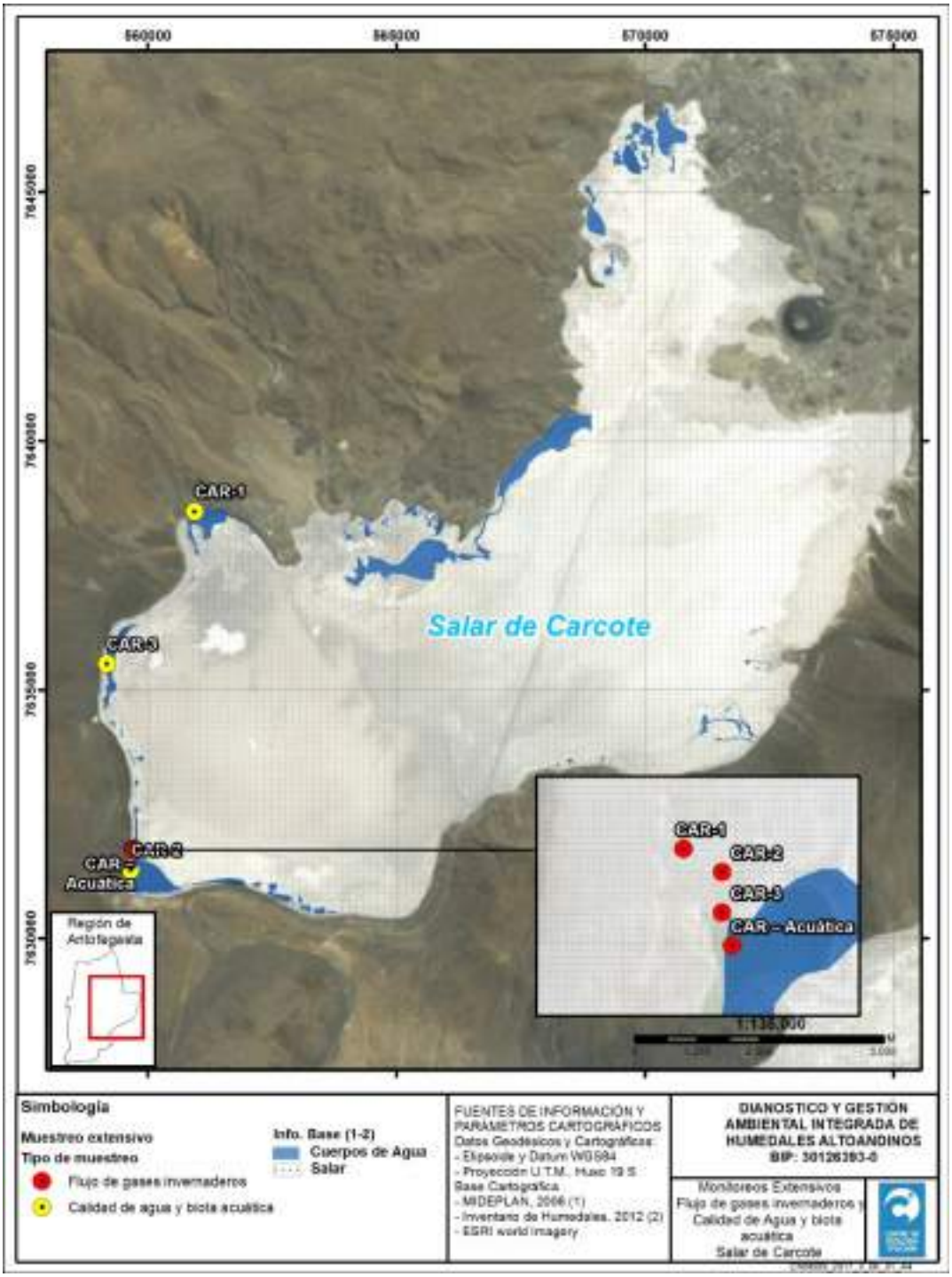


Figura 2-2. Ubicación puntos de muestreo en Salar de Carcote.

En las vegas de Tocorpuri (Figura 2-3). se muestrearon 3 puntos de calidad de agua y biota acuática y 4 puntos para flujo de gases de invernadero. La ubicación de los puntos se presentan en la Tabla 2-1.

Folio006940

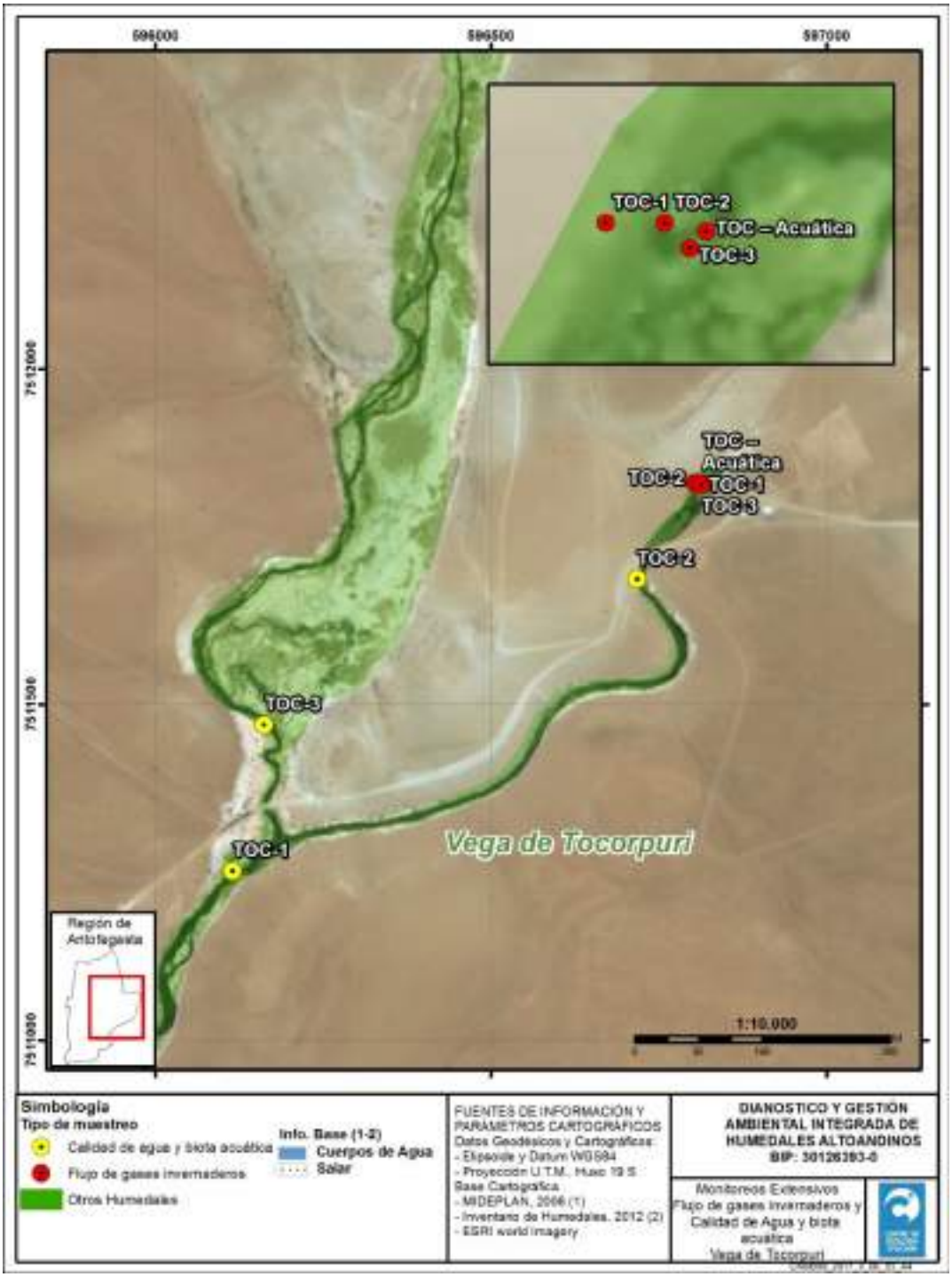


Figura 2-3: Ubicación puntos de muestreo en vega Tocorpuri.

Folio006941

Tabla 2-1. Puntos de muestreo Sistemas Naturales calidad de agua, biota acuática y flujo de gases de invernadero.

Sector de estudio	Componente	Puntos de muestreo	Detalle	Coordenadas (WGS84, U.T.M., Huso 19)	
				E	N
Salar de Aguas Calientes 1	Calidad de agua y biota acuática	ACA-1	Vega-Vertiente	666.009	7.446.451
		ACA-2	Laguna Permanente	661.378	7.439.734
		ACA-3	Laguna Evaporación	663.264	7.439.176
	Flujo de gases de invernadero	ACA-1	-	664.057	7.445.772
		ACA-2	-	664.057	7.445.773
		ACA-3	-	664.059	7.445.772
		ACA – Acuática	-	664.060	7.445.771
Salar de Carcote	Calidad de agua y biota acuática	CAR-1	Laguna Evaporación	560.943	7.638.580
		CAR-2	Laguna Permanente	559.656	7.631.379
		CAR-3	Vega-Vertiente	559.170	7.635.522
	Flujo de gases de invernadero	CAR-1	-	559.708	7.631.801
		CAR-2	-	559.723	7.631.792
		CAR-3	-	559.723	7.631.776
		CAR-Acuática	-	559.727	7.631.763
Vega Tocorpuri	Calidad de agua y biota acuática	TOC-1	Confluencia río norte y río sur	596.115	7.511.252
		TOC-2	Río sur	596.718	7.511.687
		TOC-3	Río norte	596.162	7.511.470
	Flujo de gases de invernadero	TOC-1	-	596.803	7.511.830
		TOC-2	-	596.810	7.511.830
		TOC-3	-	596.813	7.511.827
		TOC – Acuática	-	596.815	7.511.829

.

2.2.2 Levantamiento de información en Sistemas Naturales

En el Salar de Aguas Calientes I, Salar de Carcote y Tocorpuri se realizaron 3 muestreos intensivos, durante octubre de 2015, agosto de 2016 y marzo de 2017, en los cuales se consideraron las componentes: Teledección, calidad de agua, biota acuática, tapetes microbianos, Fauna, Flora y vegetación. El detalle de lo realizado en cada campaña se presente en la **Tabla 2-2**. Mientras que el detalle de las metodologías de muestreo se presentan en el Anexo II.

Tabla 2-2 Resumen componentes muestreadas en cada campaña de terreno (2015-2017).

Folio006942

Componentes		Salar de Aguas Calientes I			Salar de carcote			Tocorpuri		
		Octubre 2015	Agosto 2016	Marzo 2017	Octubre 2015	Agosto 2016	Marzo 2017	Octubre 2015	Agosto 2016	Marzo 2017
Teledetección	Superficie espejo de agua	x		x	x		x	x		x
	Cobertura vegetacional total	x		x	x		x	x		x
Calidad de agua		x	x	x	x	x	X	x	x	X
Biota acuática	Fitobentos	x	x	x	x	x	X	x	x	X
	Fitoplancton	x	x	x	x	x	X	x	x	X
	Zoobentos	x	x	x	x	x	X	x	x	X
	Zooplancton	x	x	x	x	x	X	x	x	X
Tapetes microbianos		x			x			x		
Flora y vegetación	Vegetación terrestre	x	x	x	x	x	X	x	x	X
	Flora terrestre	x	x	x	x	x	X	x	x	X
	Plantas acuáticas	x	x	x	x	x	X	x	x	X
Fauna		x	x	x	x	x	X	x	x	X
Intercambio gases de efecto invernadero		x	x	x	x	x	x	x	x	x

Folio006943

2.2.3 Caracterización Sistema Natural: Aguas Calientes I

2.2.3.1 Antecedentes

El sistema Aguas Calientes I, es un sistema legalmente protegido ambientalmente (SNASPE), situado a 4.100 m.s.n.m., compuesto por el sistema cuerpo de agua Aguas Calientes I y las vegas Aguas Calientes 2 y 3. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con poblados, a zonas de bebederos (salvo la vega Aguas Calientes 2) y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica en el cuerpo de agua de carácter normal, con una variabilidad negativa en hectáreas por año de 0,04% (rango de normalidad, superior a -0,05 y menor que 0,05), mientras que para los sistemas vegetacionales la tasa de variabilidad tiene un carácter al alza, con una tasa positiva en hectáreas por año de 0,59%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema con una intervención global (agrupa vegas como el cuerpo de agua) de extracción de agua promedio de 1.135,98 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota. En resumen, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de estabilidad en cuerpos de agua y al alza en sistemas vegetacionales.

El Salar de Aguas Calientes se encuentra en el norte del Altiplano de la II Región en la pampa del mismo nombre entre el cordón Quilapana al este y los cerros de la Pacana al oeste, flanqueado por otros dos salares: el salar de Tara y el salar de Pujsa. (Risacher et al., 1999).

Clima

Las precipitaciones se presentan como tormentas de corta duración y de poca extensión territorial. El agua precipitada en la montaña sostiene las zonas bajas que son de aridez extrema. Según la clasificación Köeppen, el área obedece a “clima de tundra por efecto de altura con precipitación estival”, con temperatura promedio anual de 1ºC, humedad media anual del 27% (Risacher et al.1999).

Hidroquímica

Es un depósito evaporítico de unos 15 km^2, el cual drena a una cuenca endorreica de unos 281 Km^2, con una orientación de su eje mayor NS de 6,5 Km y que en su parte más ancha tiene aproximadamente 2,4 Km. (Garcés & López, 2012)

El Salar de Aguas Calientes es un salar de tipo playa con lagunas superficiales de extensión variable que ocupa un área relativamente reducida de la depresión, que está recubierta por una costra de materiales salinos, mayoritariamente halita y yeso. (Risacher et al., 1999).

La presencia de depósitos aluviales se presentan por el sector este del salar, constituidos principalmente por arenas mezcladas con material piroclásticas, de cenizas pómez y gravas de formas angulosas. Mientras que, por el sector poniente del salar se encuentran depósitos sedimentarios de ignimbritas. La actividad evaporítica actual en los salares se asocia a una elevada tasa de evaporación. La presencia de agua superficial está

Folio006944

restringida a zonas reducidas y marginales en las que se acumulan las aguas procedentes de quebradas o donde aflora el agua subterránea, que en algunos casos es de carácter termal. (Garcés & López, 2012).

Esta situación obedece al balance hídrico actual, claramente deficitario, ya que las precipitaciones que recibe la cuenca de drenaje se sitúan en torno a 150 mm/año, siendo la evaporación estimada superior a 1.500 mm/año lo que revela un ambiente marcadamente árido. (Garcés & López, 2012)

En el salar de Aguas Calientes existen aguas con características hidrológicas y geoquímicas marcadamente diferentes. La naturaleza química de las aguas evidencian que el salar pertenece al sistema Na-Cl, y guardan relación directa con la composición salina del salar, cuyos sedimentos están principalmente constituidos por halita acompañada de yeso y con presencia de boratos en su zona central. Es de notar la gran concentración de As y B, en las salmueras de la zona centro-occidental del salar, lo cual obedece al origen predominantemente hidrotermal de las soluciones de recarga. (Garcés & López, 2012)

La composición de todas las aguas parece estar ligada a la composición salina de los sedimentos del salar, ya que su contacto tanto con las aguas superficiales que acceden al salar como con las de los aportes subterráneos, provoca el enriquecimiento en cloruro y sodio, generando de esta forma una homogeneidad composicional de las soluciones. La actividad evaporítica actual da lugar a que en los periodos de mayor concentración por evaporación de las soluciones superficiales precipiten sales minerales del mismo tipo que las que constituyen el núcleo salino del salar, habiéndose identificado en este trabajo que se trata mayoritariamente de halita y yeso. (Garcés & López, 2012).

Geología

El sustrato geológico de la zona donde se sitúa el salar está constituido principalmente por rocas ígneas de edad Plioceno. La más importante es la Ignimbrita Atana con un volumen de unos 2500 Km^3 de tobas dacíticas blancas, rosadas y grises que pertenece a la zona geológica conocida como Complejo Volcánico Altiplano Puna (APVC). Esta unidad se sitúa estratigráficamente sobre otras unidades ignimbríticas más antiguas, asociadas a la actividad ígnea existente en este sector al menos desde el Mioceno Superior, asociada a la caldera de La Pacana, que se ha interpretado como la caldera de colapso más antigua del vulcanismo cenozoico en esta región (Garcés & López, 2012)

Las secuencias geológicas en esta cuenca son las siguientes: (Jiménez, 2012)

MQs: Mioceno-Cuaternario. Secuencias sedimentarias. Correspondientes a depósitos evaporíticos: sulfatos, cloruros, carbonatos y niveles detríticos finos.

Ms3i: Mioceno superior. Centros y secuencias volcánicas: lavas, domos y depósitos piroclásticos, andesíticos a dacíticos, con intercalaciones aluviales, asociados a depósitos epitermales de Au-Ag.

P3i: Plioceno. Centros volcánicos: lavas, domos y depósitos piroclásticos andesíticos a dacíticos, conos de piroclastos y lavas basálticas a andesito-basálticas- P3t: Plioceno. Depósitos piroclásticos dacíticos a riolíticos parcialmente soldados.

Folio006945

Q3i: Cuaternario. Estratovolcanes y complejos volcánicos: lavas basálticas a riolíticas, domos y depósitos piroclásticos andesito-basálticos a dacíticos: principalmente calcoalcalinos.

Qa: Pleistoceno-Holoceno. Secuencias sedimentarias. Depósitos aluviales, coluviales o lacustres: gravas, arenas y limos. Abanicos aluviales.

Qe: Pleistoceno-Holoceno. Secuencias sedimentarias. Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes activos e inactivos.

Desde el punto de vista económico, el salar posee importantes reservas de boratos, sales minerales altamente solubles, que están genéticamente relacionados con la actividad volcánica del Terciario Superior – Cuaternario. El yacimiento de boro en este salar ha sido prospectado pero no explotado, quedando en la superficie de su zona central una serie de calicatas abiertas de hasta 2 m de profundidad, en cuyo fondo aflora el agua freática del salar. (Garcés & López, 2012)

Hidrología

La alimentación superficial principal del salar es a través de las quebradas que descienden de las laderas del cerro Incahuasi (quebrada Peña Negra) por el norte y, por el este, la quebrada que corre entre el cerro Losloyo y la Pampa del Morado. Esta última forma importantes vegas en su desembocadura y alimenta la laguna de este extremo. La otra laguna destacable se encuentra al suroeste del área del salar. (Jiménez, 2012)

Los aportes superficiales más importantes son el Río Pili y la Quebrada de Chamaca. (Rivera & Cruces, 2009).

Producto de la climatología actual es posible diferenciar tres tipos principales de aguas: los aportes de drenaje, las acumulaciones de agua en la aureola pantanosa externa o “bofedales”, y las aguas del interior del cuerpo salino (surgencias termales y salmueras). Los principales aportes de agua al salar ingresan por la zona norte y por el sector sur, siendo este último de carácter termal. Los restantes aportes se limitan a las escasas precipitaciones que acceden al salar en forma de escorrentía superficial o subsuperficial. Todas estas aguas circulan hacia las zonas más bajas del salar, y se acumulan en distintos puntos a lo largo de su sector occidental como consecuencia de un ligero basculamiento de su superficie. Las condiciones hidrológicas afectan factores abióticos, como anaerobiosis de suelos, disposición de nutrientes y salinidad, factores determinantes del desarrollo de la flora y fauna (Garcés & López, 2012).

Las características hidroquímicas del salar indican que el sector norte es el más interesante desde el punto de vista ambiental, ya que constituye un refugio para comunidades vegetales y para camélidos, pero también que es el más sensible a cualquier cambio que pueda venir provocado por la puesta en explotación de los recursos del salar, principalmente boratos (Garcés & López, 2012).

Existen importantes diferencias entre las aguas acumuladas en distintos sectores. Así, en la zona norte del salar, las aguas de una surgencia no termal discurren hacia la base del salar, alimentando una zona de bofedal en la que se desarrolla una importante vida

Folio006946

vegetal y que, además, suministra agua a los rebaños de camélidos del área. Todas estas aguas se mantienen en un rango de dilución elevado (Garcés & López, 2012).

Las principales características morfométricas, climatológicas (Risacher et al., 1999) e hidromorfométrica (Jiménez, 2012), corresponden a :

- Superficie de la cuenca: 281 km^2 y 263 km^2 (en Risacher 1999 y Jiménez 2012, respectivamente)
- Superficie del salar: 15 km2
- Superficie de las lagunas 2-3 km2
- Precipitaciones: 150 mm/año
- Evaporación potencial: 1500 mm/año
- Temperatura media: 1°C
- Perímetro de la cuenca: 99,1 km
- Compacidad: 1,7
- Pendiente del dren principal: 1,2 grados
- Suma de segmentos (n° total de cauces): 56
- Longitud total del drenaje: 194,9 km
- Densidad del drenaje:0,74 km/km2
- Frecuencia del drenaje: 0,21 N°/ km2
- Distancia máx entre divisoria y salar o laguna: 21,3 km
- Nieve estacional: NO

La morfología superficial del salar es prácticamente plana, aunque un ligero basculamiento hacia el oeste condiciona que las aguas que acceden al mismo, discurran y se acumulen en su margen occidental (Garcés & López, 2012).

Calidad del agua

Las aguas de aporte del salar de Aguas Calientes 1 son de mala calidad debido a una salinización por salmueras de tipo Na-(Ca) / Cl, de origen desconocido, probablemente afuera de la cuenca. El agua de la vertiente norte del salar, menos salina, muestra todavía algunos rasgos del agua diluida inicial. Su vía evolutiva es neutra sulfatada, mientras que las vertientes más contaminadas siguen la vía cálcica produciendo efectivamente salmueras de tipo Na-(Ca) / Cl. Las posibilidades de encontrar aguas diluidas de buena calidad son más elevadas en el norte de la cuenca (Risacher et al.1999).

Vegetación

- *Stipa crysophylla*, comúnmente llamado Coiron Amargo: La comunidad *Stipa crysophylla*, gramínea caespitosa se distribuye extensamente por las laderas pedregosas. La cobertura horizontal sobre el suelo no supera los 5% y el estrato vertical que conforma varía entre 0,1 y 0,2 m de altura. (Garcés & López, 2012).

- *Festuca crysophylla – Mulinum crassifolium*, llamada Paja Iro, Susurco: Vegetación con estrato herbáceo con dominio de *Festuca crysophylla* acompañada de *Stipa crysophylla*. La cobertura horizontal de este estrato llega al 70% y su altura no supera los 0,3 m. En las laderas sur y sureste, las gramíneas se entremezclan con un estrato arbustivo bajo, cuya especie dominante es *Mulinum crassifolium* y acompañada por *Adesmia horrida, Chaetanthera pulvinata y Parastrephia*

Folio006947

quadrangularis. El estrato arbustivo presenta una cobertura horizontal que no supera el 15% y una distribución vertical que en los sectores de mejor desarrollo llega hasta los 0,5 m de altura. (Garcés & López, 2012).

Ninguna de las especies se encuentra en categoría de conservación. La vegetación de los "bofedales" está adaptada a las condiciones ambientales extremas de la Puna Altoandina. Las especies dominantes son: *Oxychloe andina, Distichia muscoides, Patosia cfr. Clandestina y Scirpus atacamensis* (Garcés & López, 2012).

Fauna

Tagua gigante (*Fulica gigantea*), que es endémica; el pato jergón chico (*Anas flavirostris*); *Chloephaga melanoptera*, la gaviota andina (*Larus serranus*) y flamencos (*Phoenicopterus Chilensis, P. Jamesis y P. Andinus*), los cuales emigran a lugares adyacentes en inverno cuando la temperatura baja los 0ºC, puesto que las lagunas se congelan superficialmente dificultándose la obtención de su alimentación. (Garcés & López, 2012). Chorlo de la puna (*Charadrius)* (CONAF, 2003).

Los invertebrados acuáticos están representados principalmente por crustáceos, insectos y gastrópodos (Garcés & López, 2012).

Para vertebrados terrestres, se señala la presencia en el Salar de aves rapaces como el aguilucho (*Buteo polyosoma*), y el carancho cordillerano (*Phalcoboenus megalopterus*); la perdicita cordillerana (*Attagis gayi*), el minero grande (*Geositta isabellina*), el minero de la puna (*Geositta punensis*), la bandurrilla de pico recto (Upucerthia ruficauda), el cometocino de dorso castaño (*Phrygilus dorsalis*). Entre los mamíferos, el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), la vicuña (*Vicugna vicugna*), el tucu-tucu de Atacama (*Ctenomys fulvus*) y la vizcacha (*Lagidium viscacia*) y de entre los reptiles, la lagartija de Fabian (*Liolaemus fabiani*). Ocasionalmente dos roedores entran desde el sistema terrestre a los bofedales, la vizcacha y el lauchón orejudo (*Phyllotis boliviensis*). (Garcés & López, 2012).

Reptiles:
- LAGARTIGA DE FABIAN; *Liolaemus fabiani* (Rara)

Aves:
- FLAMENCO CHILENO; *Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable)
- GAVIOTA ANDINA; *Larus serranus* (Vulnerable)
- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable)
- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable)
- PERDICITA CORDILLERANA; *Attais gayi* (Rara)
- PIUQUÉN; *Chloephaga melanoptera* (Vulnerable)
- TAGUA GIGANTE; *Fulica gigantea* (Vulnerable)

Mamíferos:
- TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable)
- VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En peligro)
- VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (En peligro)

ZORRO CULPEO; *Lycalopex culpaeus* (Preocupación menor)

Folio006948

2.2.3.2 Superficie espejo de agua y cobertura vegetacional

La superficie del espejo de agua en marzo de 2017 fue de 468,81 ha, lo que refleja un incremento de 184.51 ha (11%) respecto a noviembre 2015, cuando se registró una superficie de 302.30 ha. Asimismo, se observó que respecto a la superficie total del salar, la superficie con presencia de macrófitas fue de 12,27 ha, representando un incremento respecto a la campaña de noviembre de 2015 (Tabla 2-3,
Figura **2-4**).

Tabla 2-3 Superficie espejo de agua y macrófitas en el Salar de Aguas Calientes I (2015-2017).

Fecha	Superficie Total (ha)	Agua (ha)	Agua con vegetación sumergida o flotante(Ha)
nov-15	302,30	301,91	0,39
mar-17	468,81	456,54	12,27

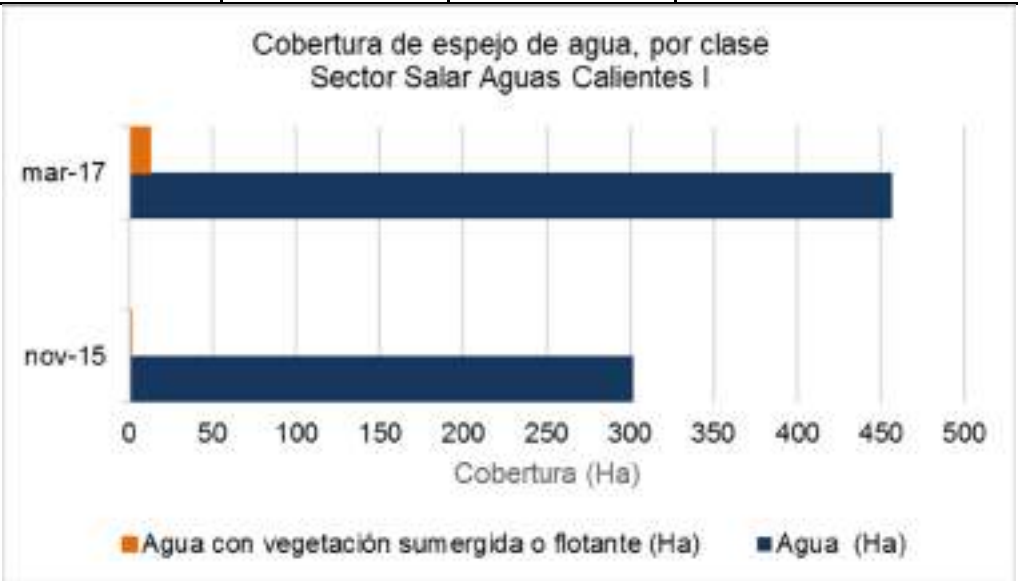


Figura 2-4 Comparación de las coberturas en el espejo de agua por clases para el Sector Aguas Calientes I, noviembre 2015 – marzo 2017.

El mayor incremento de la superficie del agua se encontró en el noroeste de la zona principal de inundación, presentando además un incremento de la zona secundaria de inundación que localiza al suroeste y presencia de zonas menores de inundación en la zona centro-oeste del salar. En adición, la misma figura muestra que la superficie de agua con vegetación sumergida o flotante se restringió en las zonas superficiales de la periferia del salar, fundamentalmente hacia el sector norte (Figura 2-5).

Folio006949

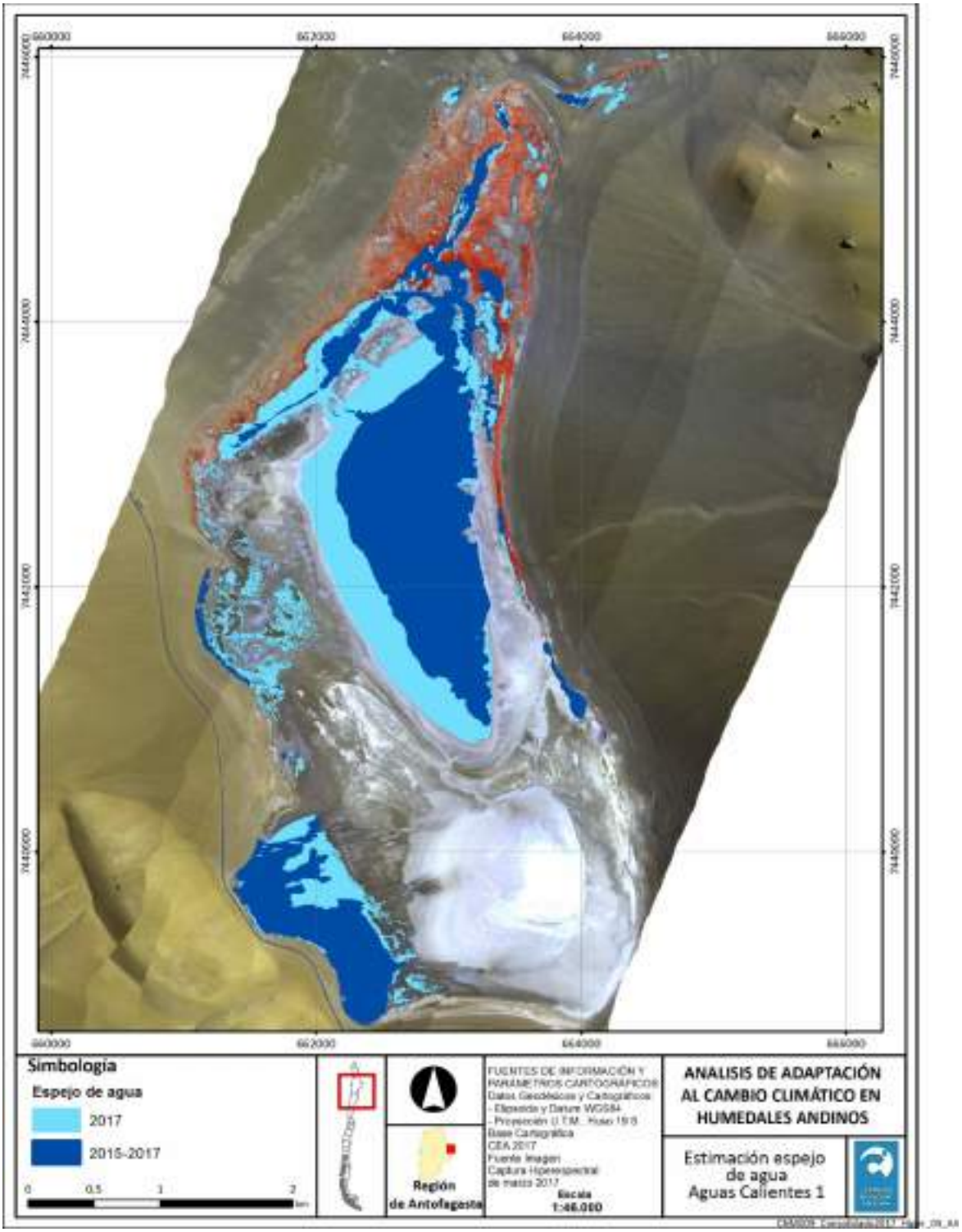


Figura 2-5 Distribución del espejo de agua en Aguas Calientes I, noviembre 2015-marzo 2017.

Folio006950

Respecto a los resultados de la cobertura vegetacional, se registró en marzo 2017 una superficie de 176 ha, representando un incremente aproximado del 12% respecto a h primavera de 2015, en la cual la cobertura vegetal fue de 176 ha (Figura 2-6). De igual forma se determinaron los valores en términos de área para las distintas clases contempladas en el $NDVI_{705}$. En este sentido, la vegetación de vigorosidad fue de 103,64 ha (59%), mientras que la media fue de 44,01 Ha (25%) y por su parte de mayor vigorosidad fue de 29,28 Ha (16%) (Figura 2-6).

El análisis comparativo con la campaña de primavera 2015 mostró una disminución de la categoría de vigorosidad baja para la campaña de marzo 2017 (10.87 ha), en tanto que la vigorosidad media y la alta presentaron un incremento considerable de sus áreas 13,36 y 12.63 ha respectivamente (Figura 2-6).

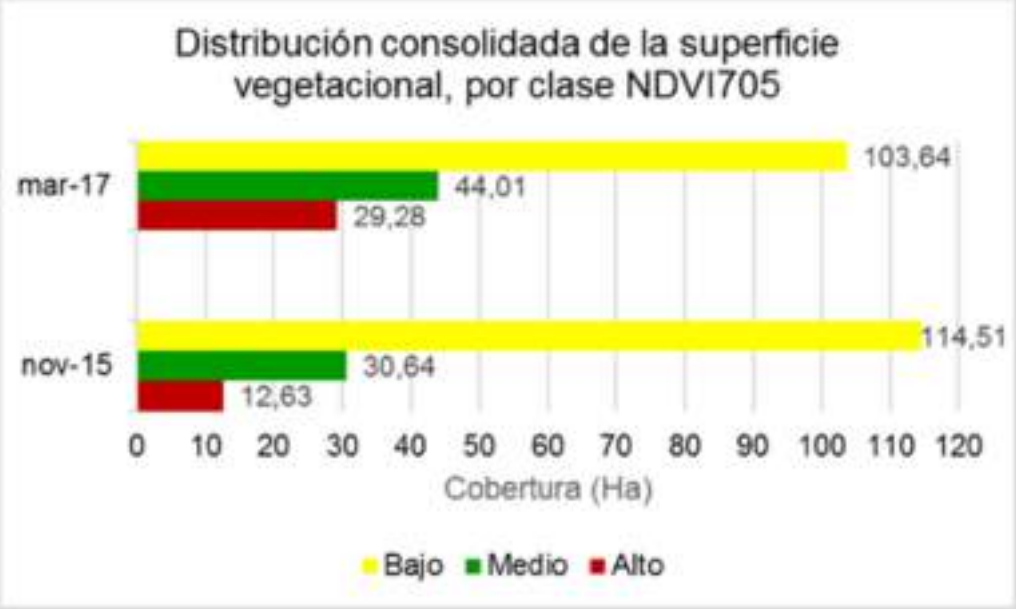


Figura 2-6 Distribución y comportamiento de la vegetación, Sector Salar de Aguas Calientes I, noviembre 2015-marzo 2017.

En cuanto a la distribución espacial de las clases de NDV_{705}, se puede mencionar que la vegetación se localizó exclusivamente hacia el norte del salar, observándose una concentración hacia el extremo nororiental de la zona principal de inundación (Figura 2-7). La vegetación de vigorosidad baja se encontró dispuesta mayormente en la zona oriental del sector mencionado anteriormente, presentando además algunas agregaciones en de afluencia aparente en el extremo noreste. En el caso de la vegetación de vigorosidad media esta se concentra principalmente en la zona noreste de esta sección del salar. Se observan además pequeños parches en las orillas occidentales y algunos de mayor tamaño en la orilla oriental en referencia al cuerpo de agua. Por su parte la vegetación de vigorosidad alta se dispone de igual manera hacia el extremo noreste, mostrando además una importante presencia en las orillas orientales y en dirección sur.

El análisis comparativo de ambos resultados es coincidente con los valores del cálculo de áreas para cada clase, donde se observó que la vegetación de categoría baja es domina considerablemente el paisaje vegetal de forma general y específicamente en la sección

Folio006951

oriental para noviembre de 2015. Por su parte, el ligero aumento en la vegetación de vigorosidad media para el 2017 se produjo en mayor grado en la zona de mayor densidad vegetal, sin embargo, muestra una disminución en los parches ubicados en la orilla oriental respecto al 2015. Destaca la concentración de la vegetación de clase alta de NDVI705 que para el 2015 se presentó en menor grado en esta sección del salar.

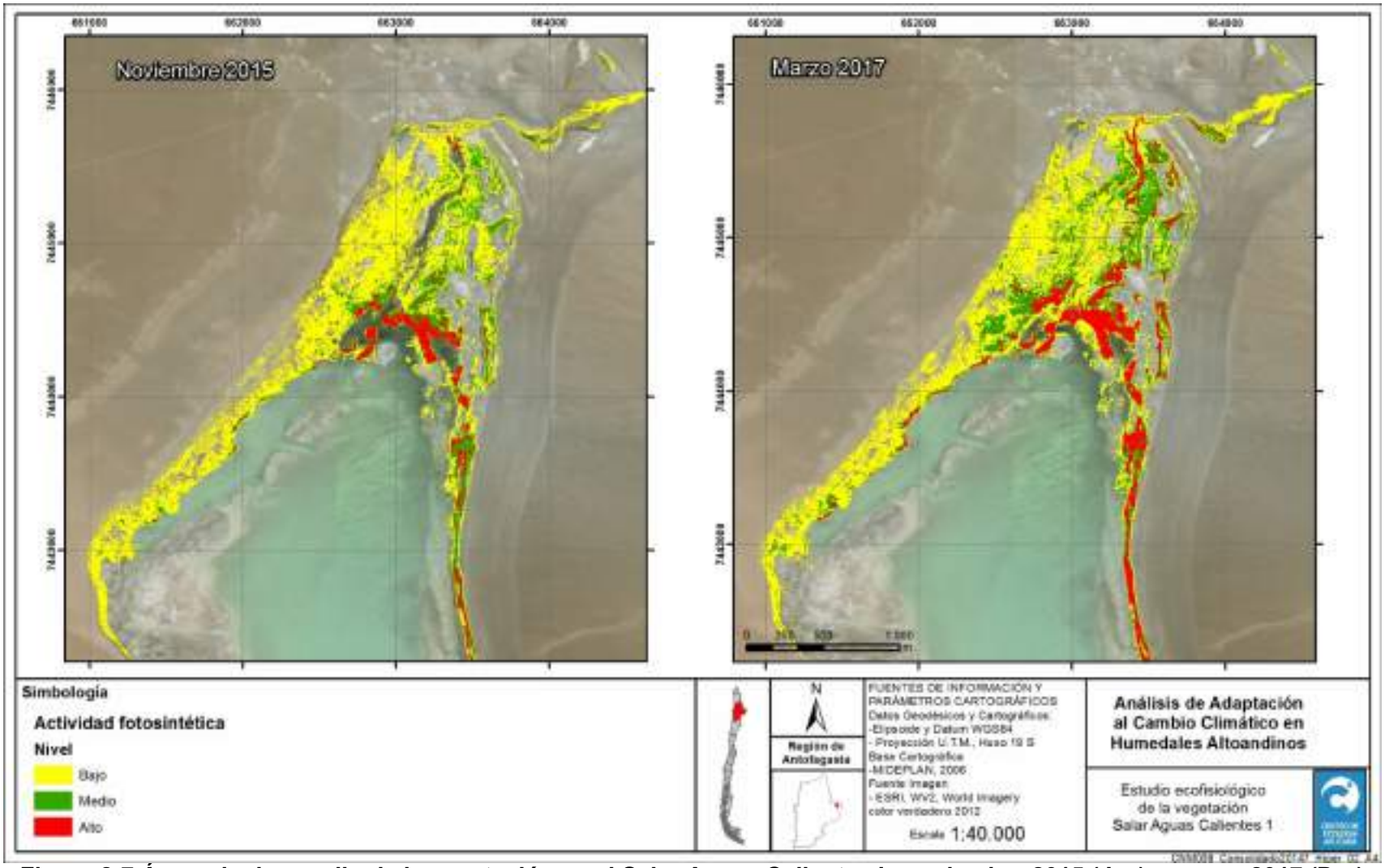


Figura 2-7 Áreas de desarrollo de la vegetación en el Salar Aguas Calientes I, noviembre 2015 (Izq) y marzo 2017 (Der)

Folio006953

2.2.3.3 Calidad agua

a) Parámetros in situ

Las aguas del salar Aguas Calientes, en base los registros de pH, variaron desde neutras a moderadamente alcalinas (Hounslow, 1995), con un comportamiento homogéneo entre puntos de muestreo y campañas, a excepción de la laguna de evaporación (ACA-3), campaña de verano 2017 en donde el pH bajó hasta . Los valores fluctuaron entre 6,17 unidades en la laguna de evaporación (ACA-3, verano 2017) y 8,14 unidades en la laguna permanente (ACA-2, primavera 2015) (Anexo III, Tabla 2-211).

La conductividad mostró un aumento desde la vega-vertiente (ACA-1) a la laguna de evaporación (ACA-3). Temporalmente, este patrón fue más notorio en la campaña de verano 2017. En general, los valores de conductividad fluctuaron entre 2,2 mS/cm en la vega-vertiente (ACA-1, invierno 2016) hasta los 244 mS/cm en la laguna de evaporación (ACA-3, verano 2017) (Anexo III, Tabla 2-211).

Temporalmente, las aguas del salar presentaron menores niveles de oxígeno disuelto en la campaña de verano 2017, en los tres puntos de muestreo. Espacialmente, en la misma campaña de verano, se observó una disminución de los valores desde el sector vega-vertiente hasta la laguna de evaporación. Los valores fluctuaron entre 1,56 mg/L en la laguna evaporación (ACA-3, verano 2013) y 7,85 mg/L en la laguna permanente (ACA-2, primavera 2015) (Anexo III, Tabla 2-211).

Las aguas del salar Aguas Calientes presentaron valores de temperatura acordes a la estacionalidad, siendo superiores en la campaña de verano 2017 y menores en la campaña de invierno 2016. Espacialmente, se observaron valores superiores de temperatura en la laguna permanente, especialmente en la campaña de verano. Los valores fluctuaron entre 3,0 °C en el sector de la laguna de evaporación (ACA-3, invierno 2016) y 22,4 °C en la laguna permanente (ACA-2, verano 2017) (Anexo III, Tabla 2-211).

Folio006954

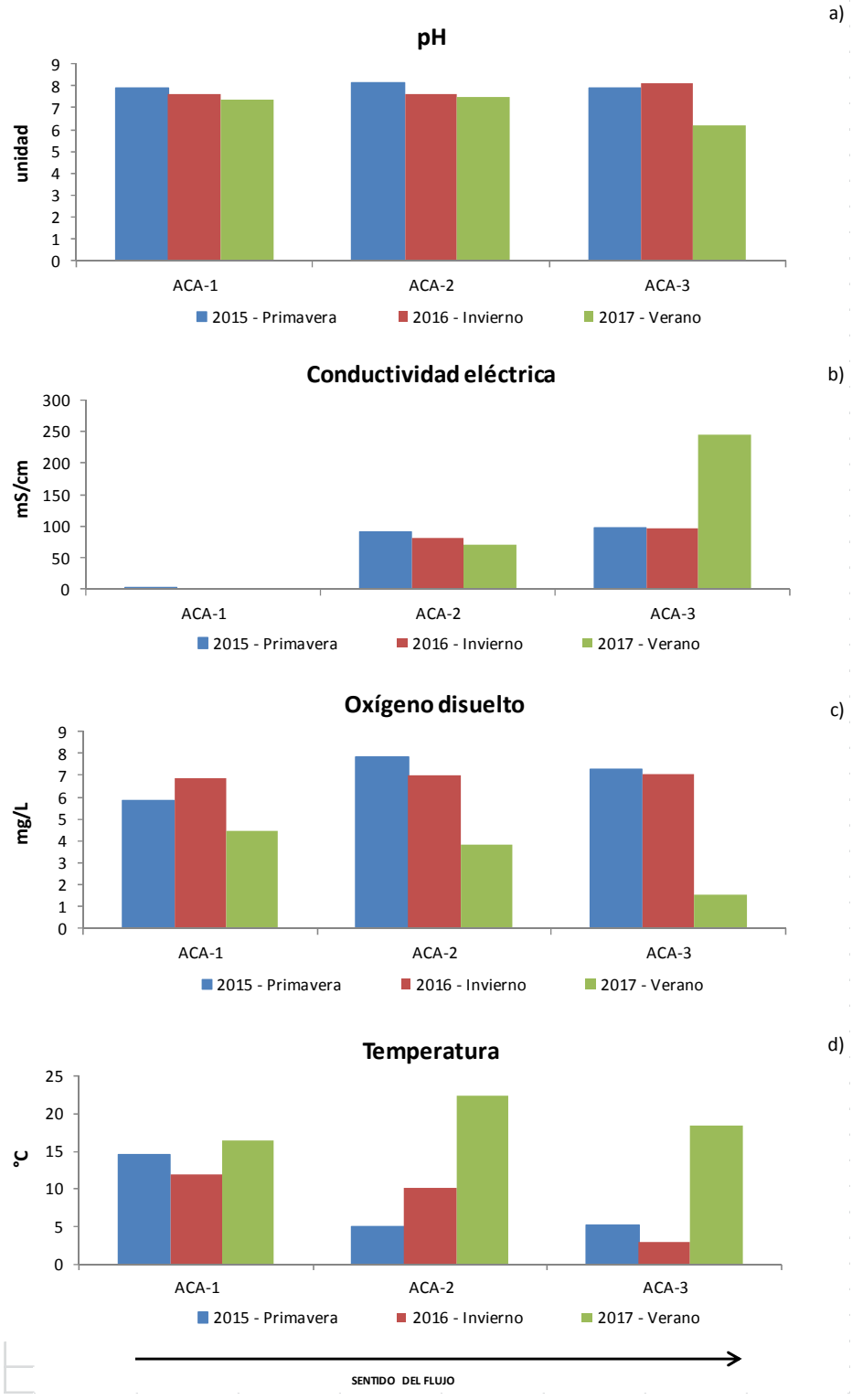


Figura 2-8 Parámetros in situ. pH (a), conductividad eléctrica (b), oxígeno disuelto (c) y temperatura (d), salar aguas Calientes I.

Folio006955

b) Nutrientes y Clorofila a

En general, los nutrientes presentaron un patrón espacial similar entre ellos, con concentraciones de amonio, nitrato, nitrógeno orgánico total, fósforo total y ortofosfato que aumentaron desde el sector de vega-vertiente (ACA-1) hasta registrar la máxima concentración en el sector de la laguna de evaporación (ACA-3). Este patrón espacial se presentó en las tres campañas, siendo más notorio en verano 2017. De esta manera, las concentraciones de amonio fluctuaron entre valores inferiores al límite de detección (ACA-1, primavera 2015 y verano 2017) y 2810 µg/L (ACA-3, verano 2017), nitrato entre 361 µg/L (ACA-1, invierno 2016) y 4575 µg/L (ACA-3, verano 2017), nitrógeno orgánico total entre 245 µg/L (ACA-1, primavera 2016) y 15500 µg/L (ACA-3, verano 2017), fósforo total ente 231 µg/L (ACA-1) y 21800 µg/L (ACA-3) ambos en verano 2017, y ortofosfato entre 197 µg/L (ACA-1, primavera 2015) y 18900 µg/L (ACA-3, verano 2017) (Figura 2-9, Figura 2-10, Anexo III, Tabla 2-211).

Si bien las aguas del salar presentaron menores concentraciones de nitrito en el sector de la vega-vertiente, a diferencia del resto de los nutrientes, las mayores concentraciones se presentaron en el sector laguna permanente. Sus valores fluctuaron entre 0,424 µg/L (ACA-1, primavera 2015) y 16,94 µg/L (ACA-2, invierno 2016) (Figura 2-9 b, Anexo III, Tabla 2-211).

En cuanto a la clorofila perifiton se observaron valores inferiores al límite de detección en la campaña de verano 2017, en todos los sectores del salar, mientras que en el resto de las campañas se observaron valores cuantificables, con un máximo valor de 127,26 µg/cm^2 en la laguna de evaporación (ACA-3, primavera 2015) (Figura 2-10 c, Anexo III, Tabla 2-211).

Folio006956

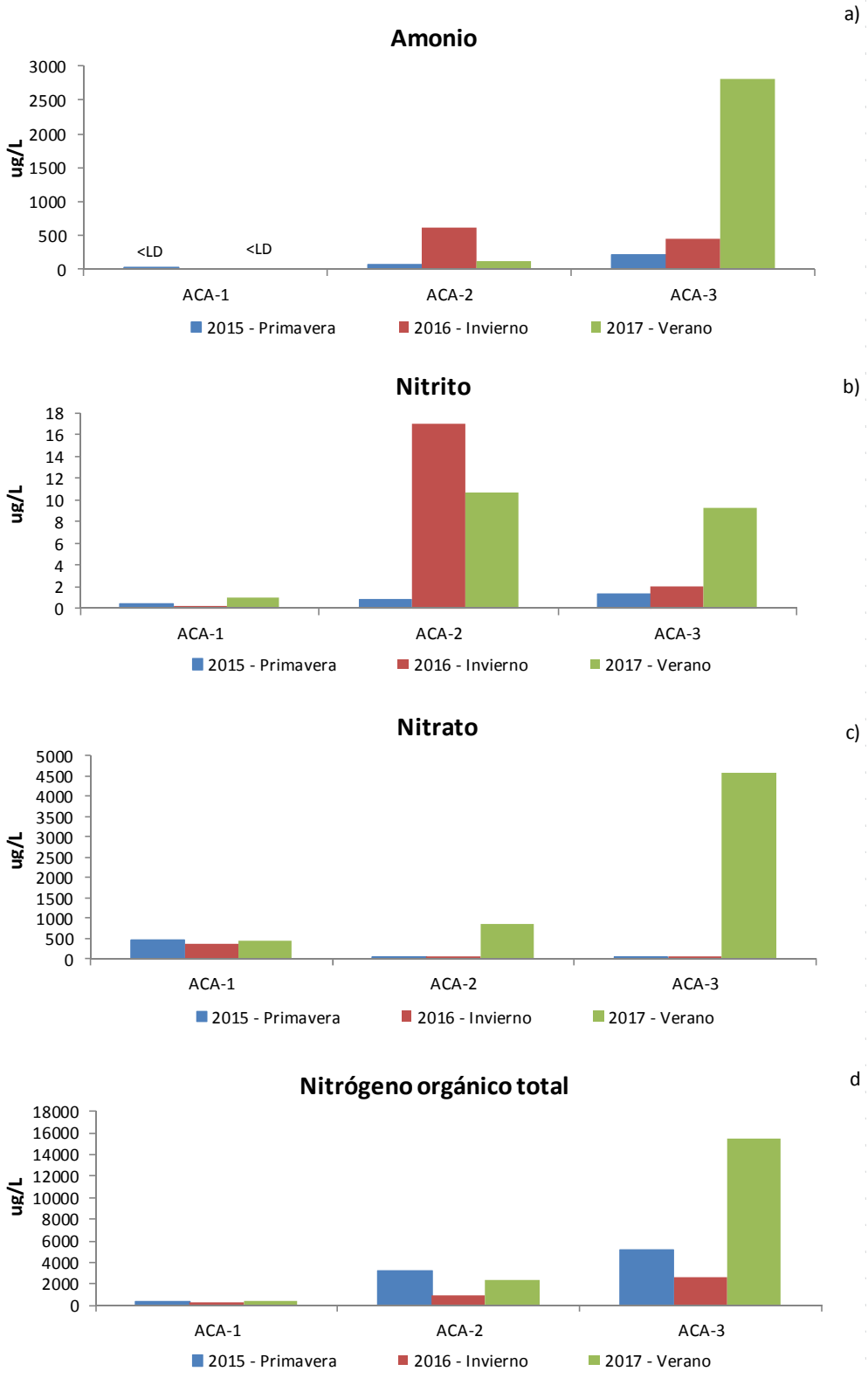


Figura 2-9 Nutrientes. Amonio (a), nitrito (b), nitrato (c) y nitrógeno orgánico total (d), salar Aguas Calientes I.

Folio006957

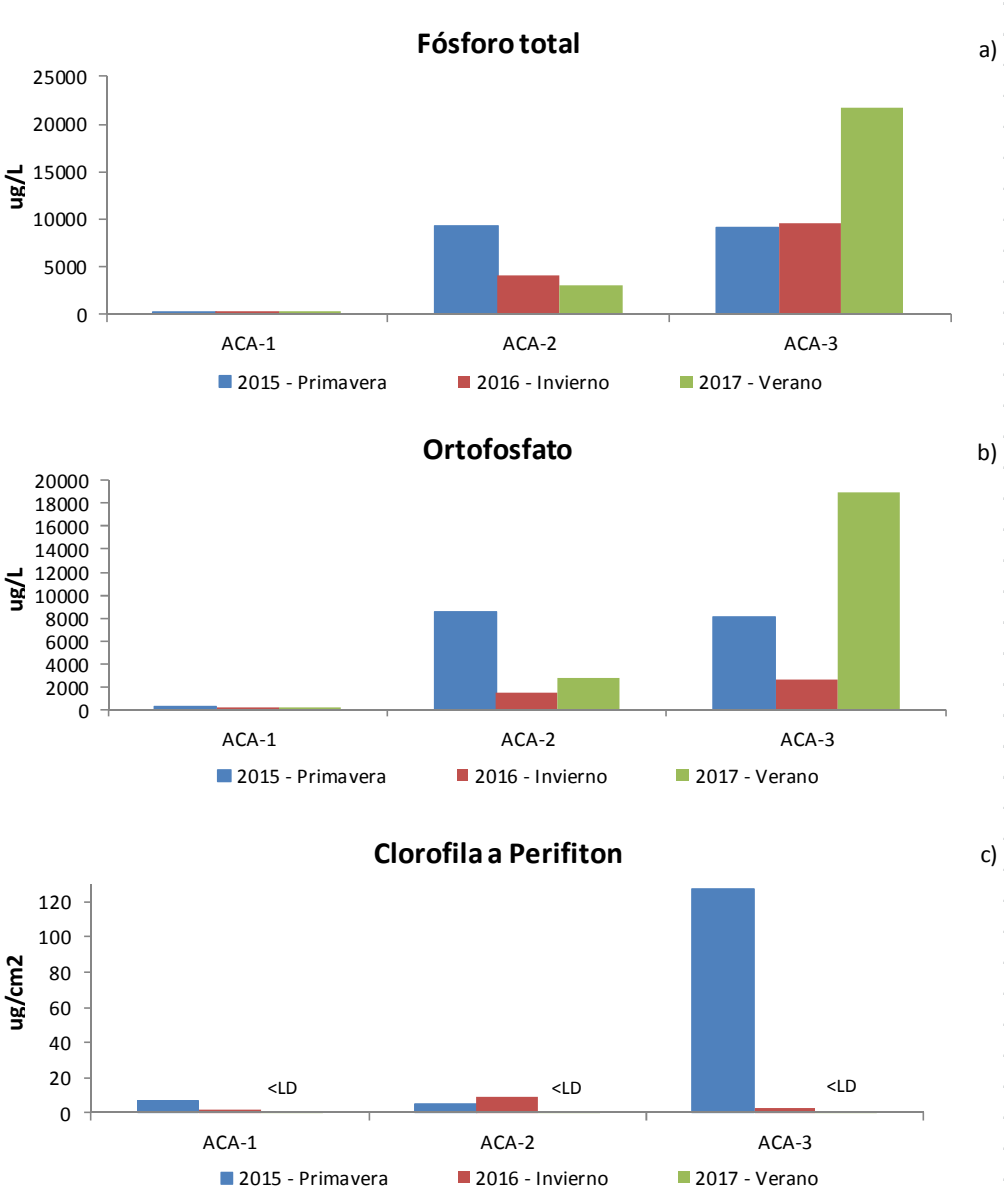


Figura 2-10 Fósforo total (a), ortofosfato (b), y clorofila a en perifiton (c), Salar aguas Calientes I. (<LD: menor al límite de detección).

Folio006958

c) Macroelementos

La composición iónica del salar Aguas Calientes I, en cada una de las campañas realizadas y puntos de muestreo, fue clorurada sódica con aportes secundarios de calcio en el sector de laguna permanente. Cabe destacar que en el sector vega-vertiente, se observaron concentraciones de carbonato inferiores al límite de detección, en las tres campañas de monitoreo. Si bien la composición iónica fue la misma, la vega-vertiente presentó las menores concentraciones en relación a la laguna permanente y de evaporación (Figura 2-11, Anexo III, Tabla 2-211).

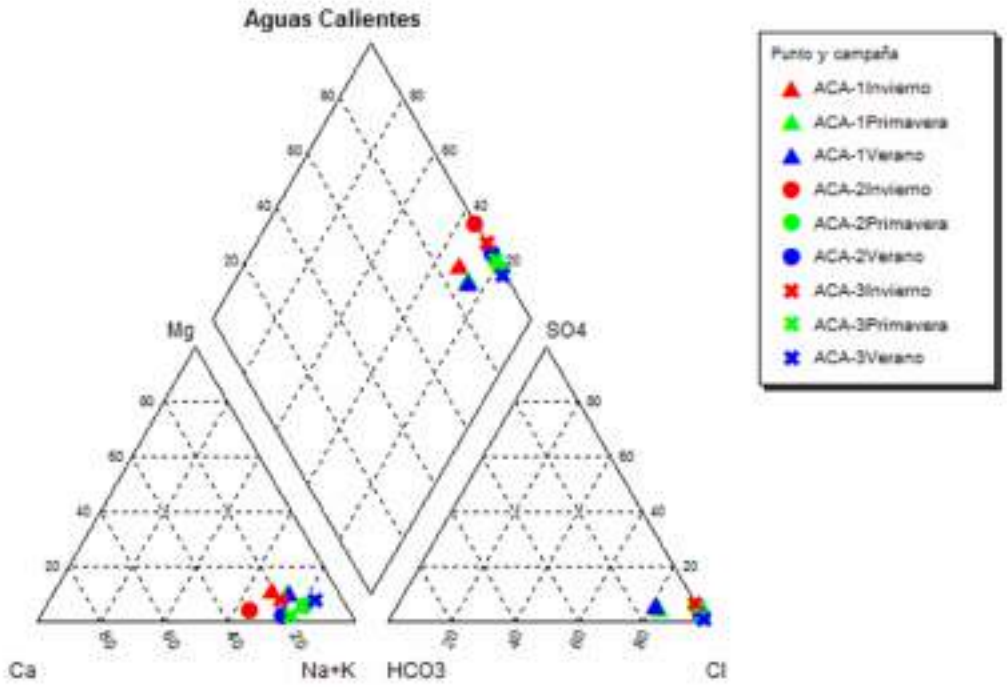


Figura 2-11 Diagramas de piper. Composición iónica salar Aguas Calientes I.

d) Parámetros físico-químicos

Las aguas del salar presentaron concentraciones de DBO_5 que en general fueron bajo el límite de detección. La campaña de primavera 2015, registró valores cuantificables en los tres sectores, alcanzando un máximo de 3,0 mg/L en la laguna permanente (ACA-2) (Anexo III, Tabla 2-211).

Los sólidos totales disueltos, espacialmente, presentaron valores inferiores en el sector vega-vertiente, en relación a la laguna permanente y de evaporación, comportamiento que se mantuvo en las tres campañas de monitoreo. Los valores de sólidos disueltos variaron entre 1336 mg/L en la vega-vertiente (ACA-1) y 84840 mg/L en la laguna de evaporación (ACA-3) ambas en primavera 2015 (Figura 2-12 a, Anexo III, Tabla 2-211).

Folio006959

Espacialmente, los sólidos totales suspendidos registrados en el salar Aguas Calientes, fueron inferiores en el sector vega-vertiente, en relación al resto de los sectores, con un aumento considerable en la laguna de evaporación, principalmente en la campaña de verano 2017. Mismo comportamiento presente en una serie de parámetros como nutrientes y mentales. Los valores de sólidos suspendidos fluctuaron entre 1,1 mg/L en el sector vega-vertiente (ACA-1) y 4476 mg/L en la laguna de evaporación (ACA-3) ambos en la campaña de verano 2017 (Figura 2-12 b, Anexo III, Tabla 2-211).

En cuanto al DQO, espacialmente no se observaron diferencias entre sectores, a excepción de la campaña de primavera 2015, donde se observó un valor inferior en la vega-vertiente en relación a la laguna permanente y evaporación. Los valores fluctuaron entre 4,0 mg/L en la laguna de evaporación (ACA-3, verano 2017) y 39,0 mg/L en la laguna permanente (ACA-2, primavera 2015) (Figura 2-12 d, Anexo III, Tabla 2-211).

Espacialmente, las concentraciones de sílice disuelta determinadas en las aguas del salar, no mostraron grandes diferencias entre sectores, como tampoco tendencias temporales en las diferentes campañas evaluadas. Las concentraciones de sílice variaron entre 29,0 mg/L en la laguna de evaporación (verano 2017) y 95,0 mg/L en (invierno 2016), ambas en la laguna de evaporación (ACA-3) (Figura 2-12 c, Anexo III, Tabla 2-211).

En cuanto al carbono orgánico total, las concentraciones variaron entre un valor inferior al límite de detección en el sector vega-vertiente (ACA-1, invierno 2016) y 25 mg/L en el sector de la laguna permanente (ACA-2, primavera 2015), sin tendencias espaciales y/o temporales en los periodos monitoreados (Anexo III, Tabla 2-211).

Folio006960

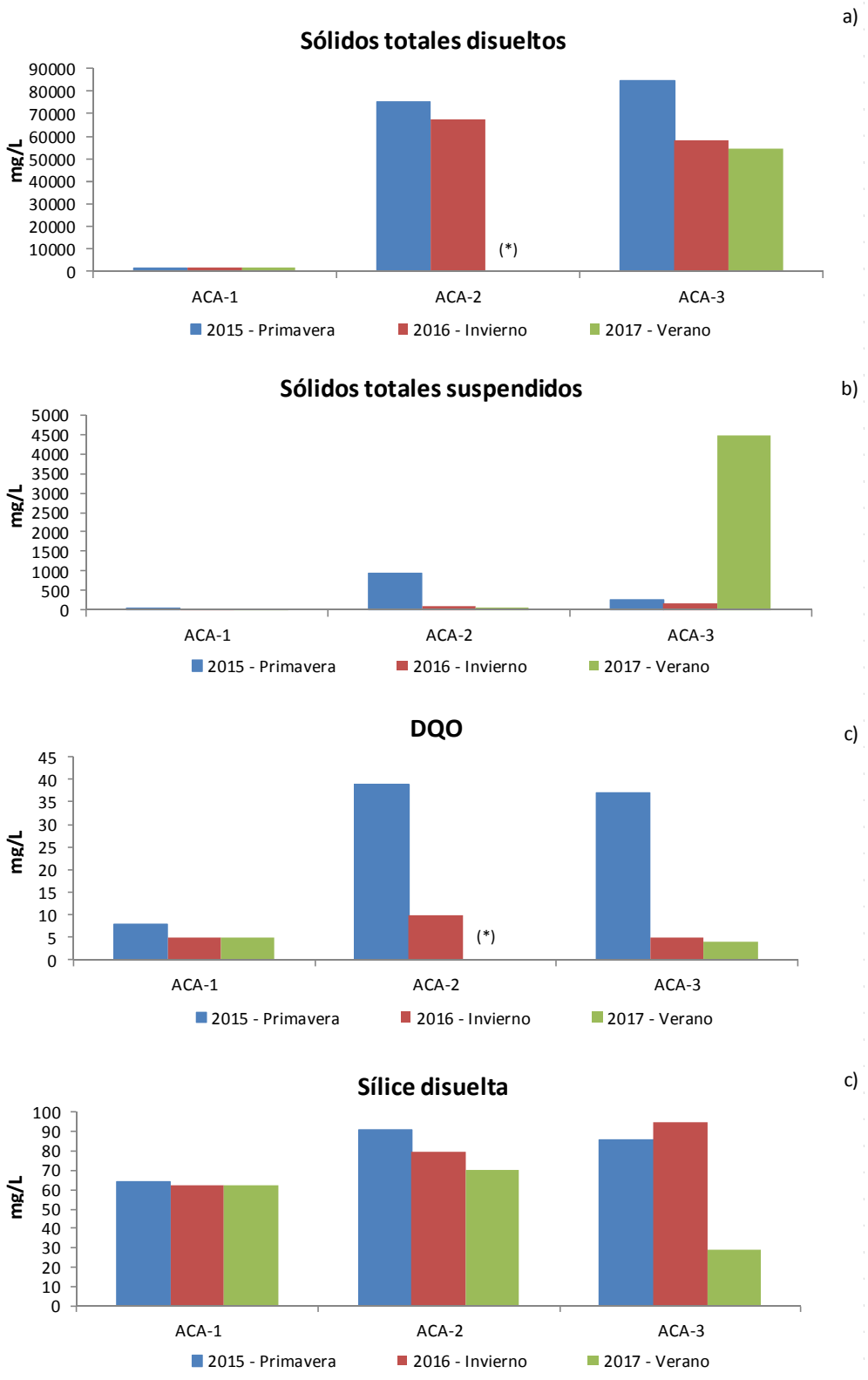


Figura 2-12 Parámetros físico-químicos. Sólidos totales disueltos (a), sólidos totales suspendidos (b), DQO (c) y sílice disuelta (d), salar aguas Calientes I. *(*) Valor descartado.*

Folio006961

e) Metales

Dentro de todos los metales analizados, aquellos que se encontraron en mayor concentración durante todo el periodo de muestreo fueron el boro, litio, estroncio y arsénico (Anexo III, Tabla 2-211).

Espacialmente, tanto los parámetros más abundantes mencionados anteriormente como también el bario, cobalto, cobre, níquel, estroncio, molibdeno y vanadio, presentaron las menores concentraciones en el sector de la vega-vertiente (ACA-1), y mayores en el sector de la laguna de evaporación (ACA-3), siendo las concentraciones de este último sector, notoriamente mayores en la campaña de verano 2017 (Figura 2-14, Anexo III, Tabla 2-211). La variación de las concentraciones en los diferentes muestreos se presentan en la Tabla 2-211del Anexo III.

Para el resto de los metales, el aluminio, hierro, manganeso y plomo, espacialmente, presentaron mayores concentraciones en el sector de la laguna permanente, principalmente en la campaña de verano 2017, en relación al resto de los sectores y campañas realizadas (Figura 2-14, (Anexo III, Tabla 2-211). La variación de las concentraciones en los diferentes muestreos se presentan en la Tabla 2-211del Anexo III.

Folio006962

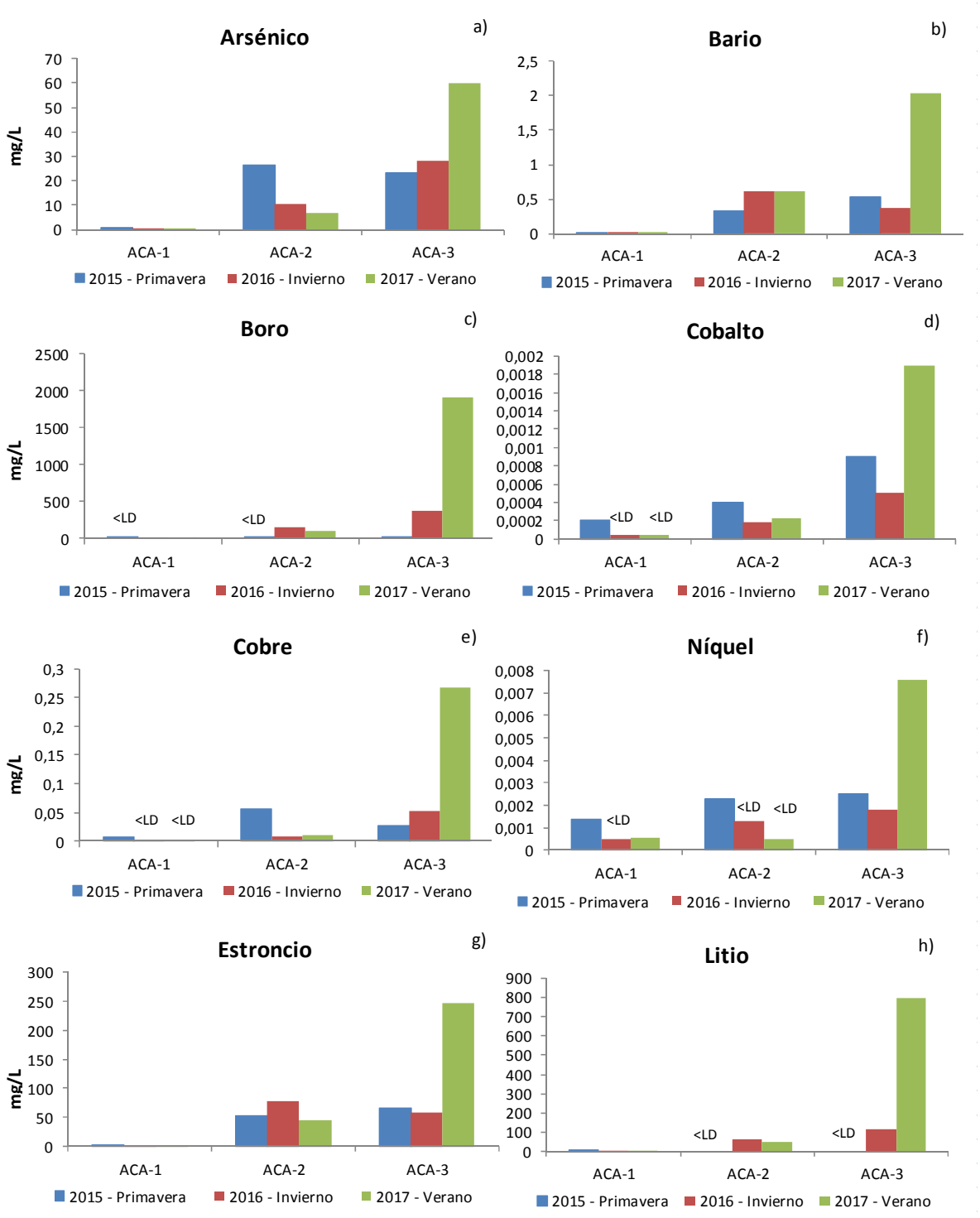


Figura 2-13 Metales totales. Arsénico (a), bario (b), boro (c), cobalto (d), cobre (e), níquel (f), estroncio (g) y litio (h), salar aguas Calientes I. (<LD: menor al límite de detección).

Folio006963

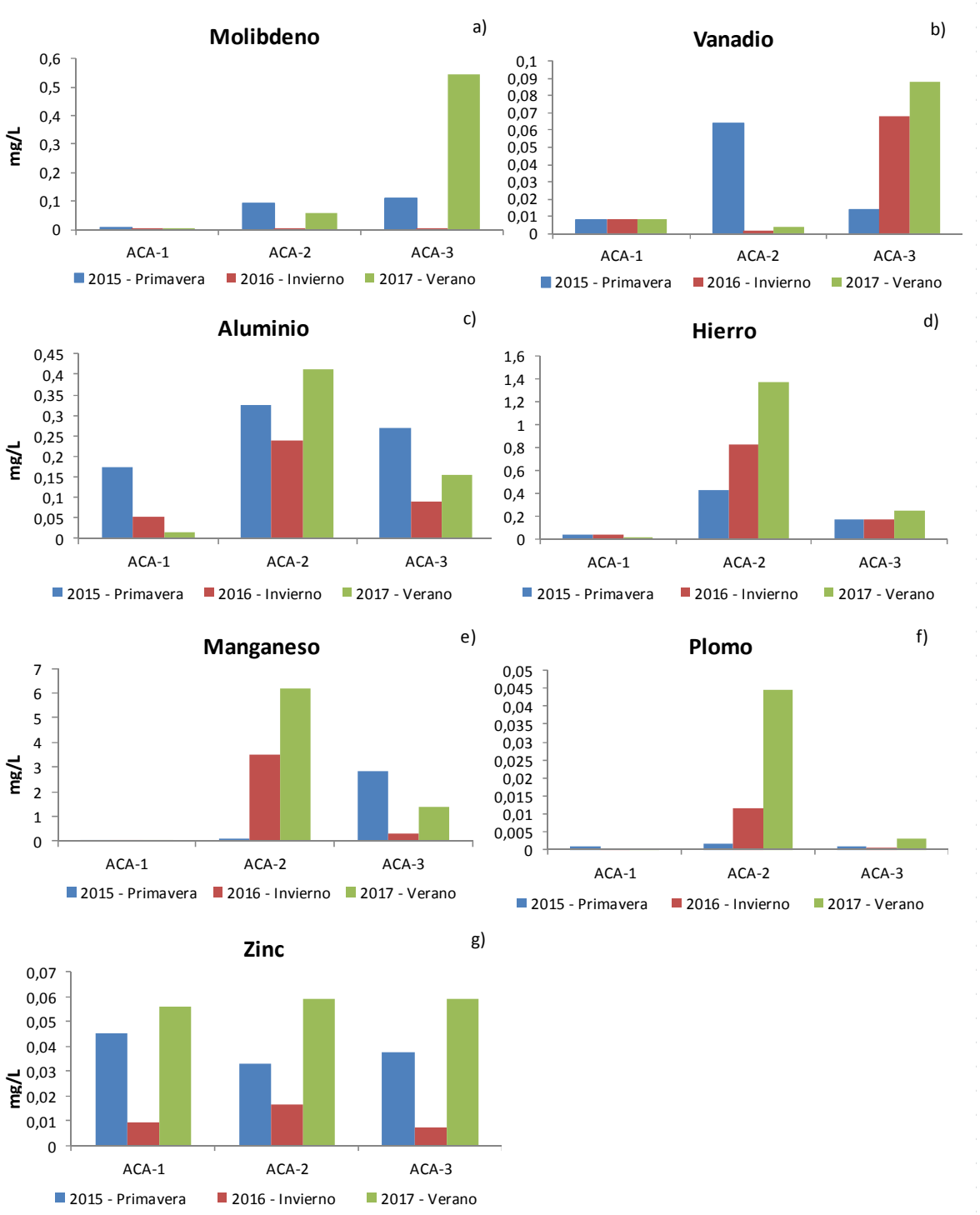


Figura 2-14 Metales totales. Molibdeno (a), vanadio (b), aluminio (c), hierro (d), cobre (e), níquel (f), estroncio (g) y litio (h), salar aguas Calientes I. (<LD: menor al límite de detección).

Folio006964

2.2.3.4 Tapetes microbianos

Se tomaron cinco muestras en total. En la Tabla 2-4 se detallan las características de las muestras y en la Tabla 4.192 del Anexo III se detallan los resultados de los análisis físico-químicos realizados al agua.

Tabla 2-4. Características de las muestras de tapetes microbianos muestreados en en Salar de Aguas Calientes I en octubre 2015.

Muestra	Identificación análisis químicos	Característica de la muestra
ACS1	ACA-1	Área de surgente
ACS2	ND	Área aguas debajo de la surgente, con medición de producción de metano (Picaro)
ACT1	ACA-2	Área de tapetes microbianos zona de rocas
ACT2		Tapetes microbianos Laminados
ACT3		Tapetes Microbianos Flotante
ACT4		Tapete amarillo

Desde el punto de vista microbiológico se determinaron dos áreas de interés:

- Sedimentos de vega y río
- Área de tapetes microbianos

El área de la vega presenta un aporte importante de agua dulce que se va salinizando a medida que avanza sobre el salar a través de una vega que se ensancha hasta formar un río (Figura 2-15, A-C). En el mismo se realizó medición de gases con efecto invernadero que demostraron tener una producción de metano (Figura 2-15, -D). Estos sedimentos fueron muestreados con el fin de poder determinar la biodiversidad microbiana asociada a la producción de este gas (Figura 2-15,-D).

Figura 2-15. Vista de la vega del Salar Aguas Calientes I, octubre 2015.

En el área media del salar se determinó una extensa área de tapetes microbianos (Figura 2-16 y Figura 2-15-A,C) con zonas de estratos simples de 3 capas (Figura 2-16-D) a tapetes mas complejos (Figura 2-16-E) con una precipitación de coloración amarilla que llega a unos 10 cm de espesor. Este precipitado ha sido observado también en el Salar de Coposa y, por la textura y el color podría tratarse de Arseniato de Azufre. Este compuesto es de origen natural y se lo encuentra asociado a vetas hidrotermales, depósitos de aguas termales, y la sublimación volcánica.

Folio006966

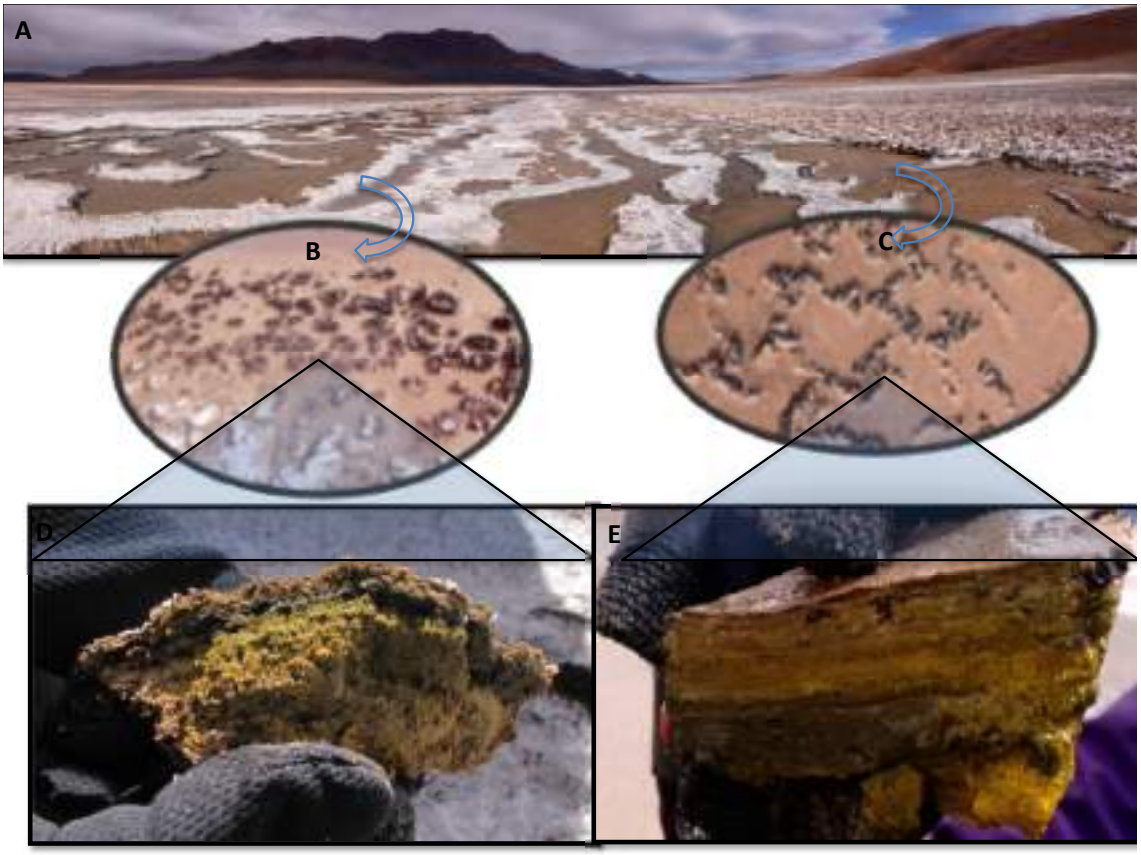


Figura 2-16. A) Zona de tapetes microbianos, B) y C) área de Tapetes, D) y E) corte transversal de tapetes microbianos.

a) Biodiversidad al microscopio electrónico

Al microscopio electrónico se puede observar una predominancia de restos de Diatomeas y frústulas en todos los tapetes estudiados (Figura 2-17). Predomina Amphora sp. (dominante), Navicula sp.; Pinnularia, sp.; Pseudostaurosiropsis sp; Surirella sp.. Se conoce que son muy abundantes en los humedales del altiplano, sin embargo, el rol de las Diatomeas en los tapetes microbianos está todavía en discusión preliminar. Se cree que juegan un papel importante en la nucleación de la materia orgánica e inorgánica de los tapetes y microbialitos, pero no se sabe si lo hacen ¨vivas¨ o solo como ¨polvo¨ a través de frústulas que decantan en el agua o son arrastradas por el viento desde diatomitas (rocas sedimentarias formadas por diatomeas) que rodean los humedales (Farias y col, 2013, Gomez y col. unpublished).

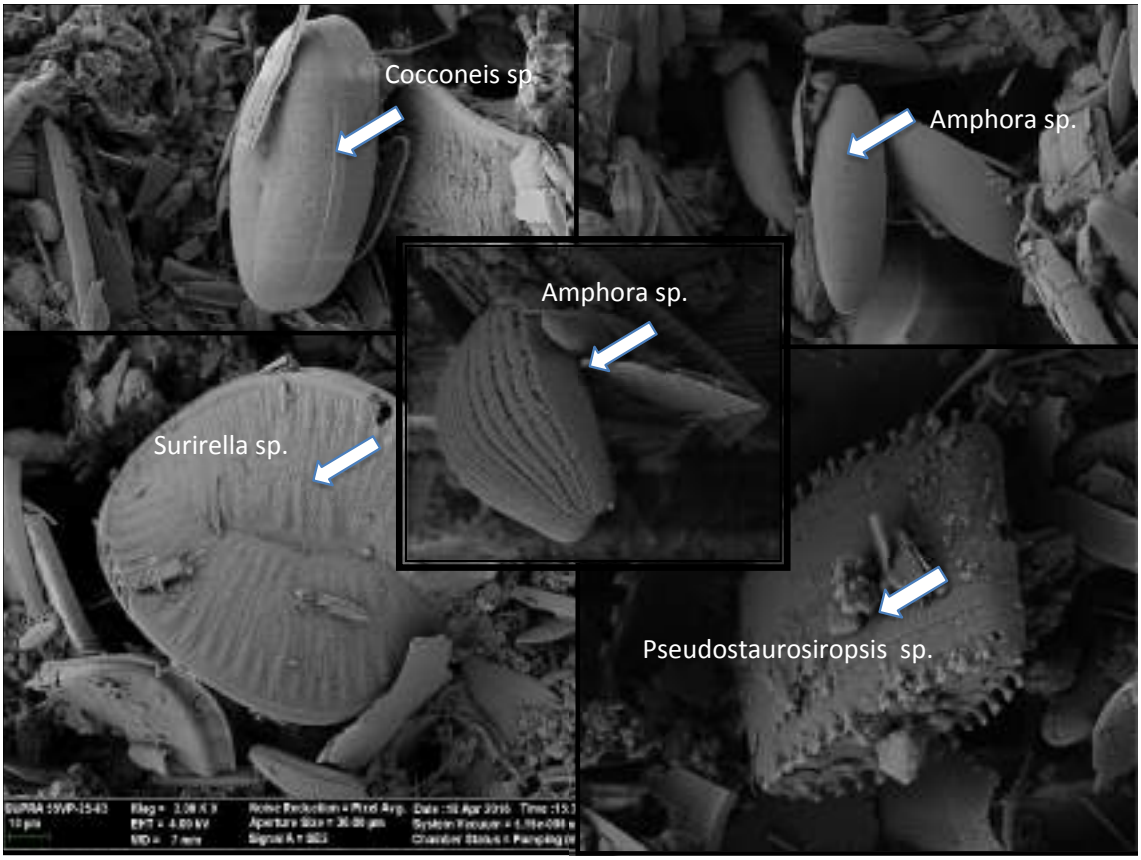


Figura 2-17. Diversidad de Diatomeas en los tapetes de Aguas Calientes I, octubre 2015.

b) Biodiversidad Microbiana

Comparando las diversidades de Suelos con los tapetes microbianos, se puede observar que la diversidad microbiana es más abundante en los primeros (Figura 2-18), lo que coincide con lo establecido en investigaciones previas que comparaban diversidades en tapetes y sedimentos en diferentes humedales de Atacama (Rasuk y col., 2015).

Folio006968

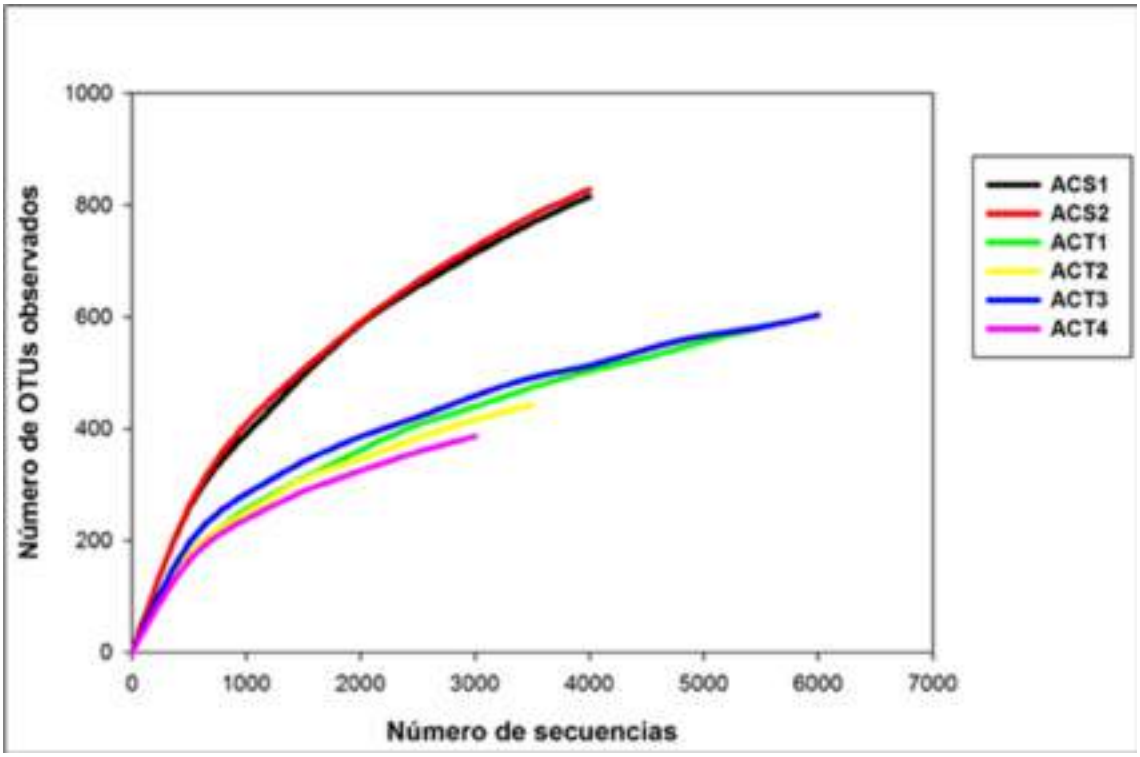


Figura 2-18. Número de Otus observados en las muestras extraídas de Aguas Calientes I, octubre 2015.

Las muestras de Aguas Calientes I mostraron una predominancia de los phyla Proteobacterias, Bacteroidetes, Cianobacterias, Firmicutes y Cloroflexi. En menor cantidad se detectaron Spirochaetas, Chlorobi y Deinococcus, Actinobacterias y Verrucomicrobia, sólo una proporción baja de ellos pudo ser clasificado a nivel de género (Tabla 2-5).

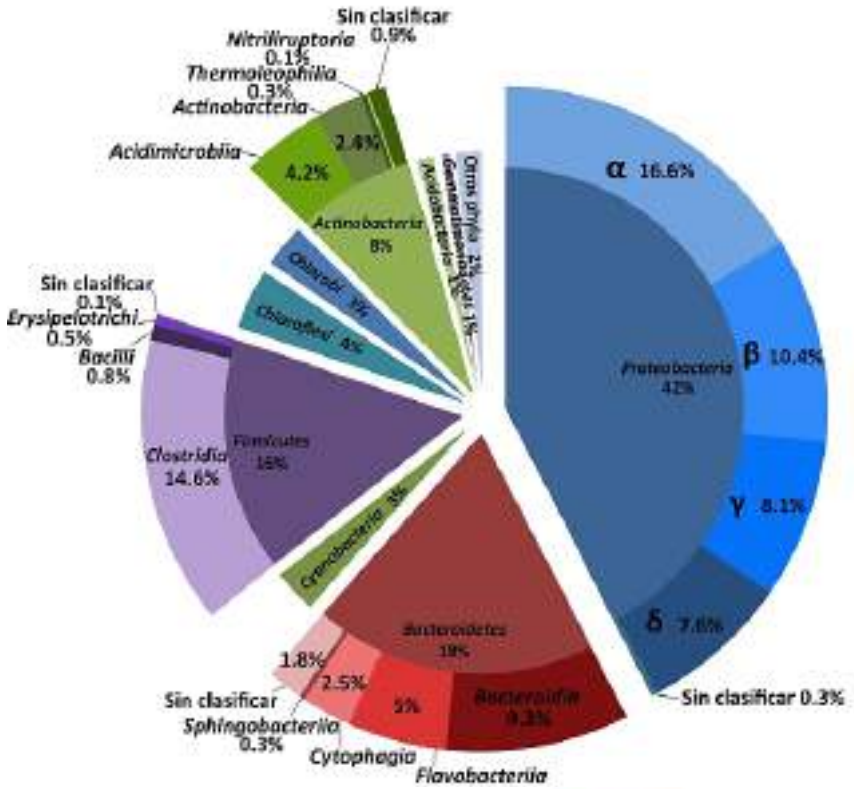
Si bien estos grandes grupos fileticos están presentes en las 6 muestras, es remarcable la diferencia en proporción entre ellos. Estas diferencias se ven más marcadas a nivel de Clases. De esta forma, los Firmicutes anaerobios (Clostridia) son más abundantes en las muestras de sedimentos (ACS 1 y 2) que en los tapetes (ACT 1-4). Una situación similar se puede observar con la Clase Betaproteobacterias, típicas de aguas dulces, las cuales se presentan más abundantes en las zonas de vertientes. La misma situación se reporta con las clases Ignavibacteria del Phylum Chlorobi. Este grupo es quimiótrofo, utiliza compuestos inorgánicos reducidos para obtener energía. Por otro lado es levemente termófilo lo que explica su presencia en esta zona ya que la temperatura de las vertientes es más elevada que en del resto del sistema. Acidomicrobia, una bacteria termoacidófila oxidante de hierro ferroso también se reporta solamente en la zona de vertiente, donde el agua es menos salina, de la misma forma se lo puede encontrar también como muy abundante en la zona de vegas de Tocorpuri donde se presenta la misma condición. Según lo medido in situ, la muestra ACS2 tenía la particularidad de que emitía CH_4. La misma está compuesta por un 29.2 % de Bacteroidetes divididos en Bacteroidales (15%) (Tofogales 4.5%), Firmicutes (14%) representado principalmente por Clostridia, las Proteobacterias representan un 36 % con Alfa (16%) Beta proteobacteriass (10%) Gama (8%) y Delta (7.6%). No se detectó ningún grupo relacionado con la producción o

Folio006969

consumo de metano en esta muestra. Esto puede deberse a que este gas es producido en capas inferiores, o que no se hayan podido identificar los microorganismos involucrados en dicho metabolismo (Figura 2-19 y Figura 2-20).

Folio006970

A)



B)

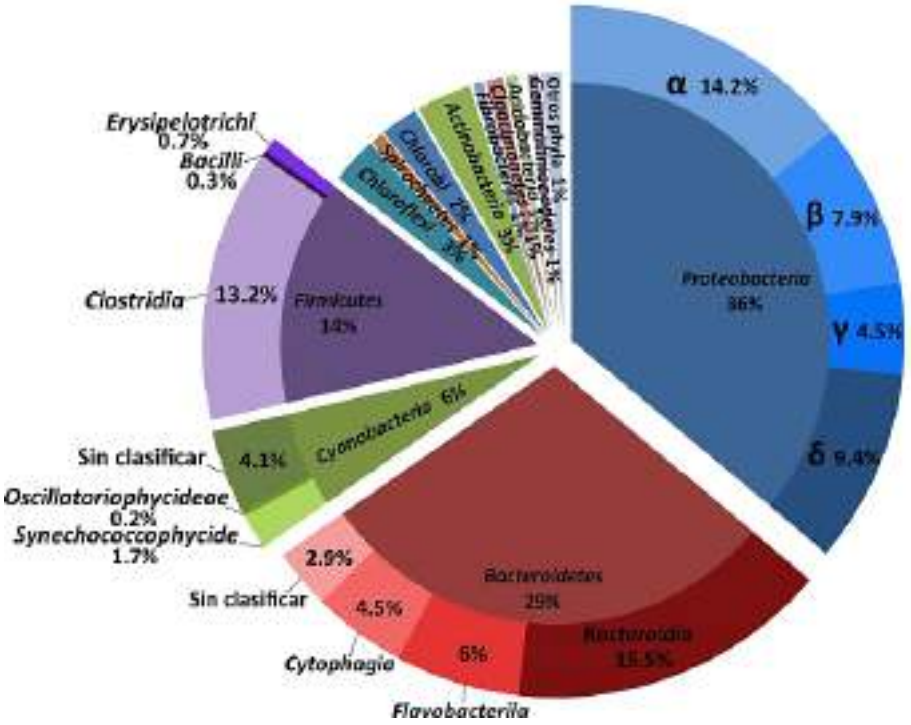


Figura 2-19. Biodiversidad de las zonas de surgentes de Aguas Calientes I. A) ACS1 y B) ACS2. Octubre 2015.

Folio006971

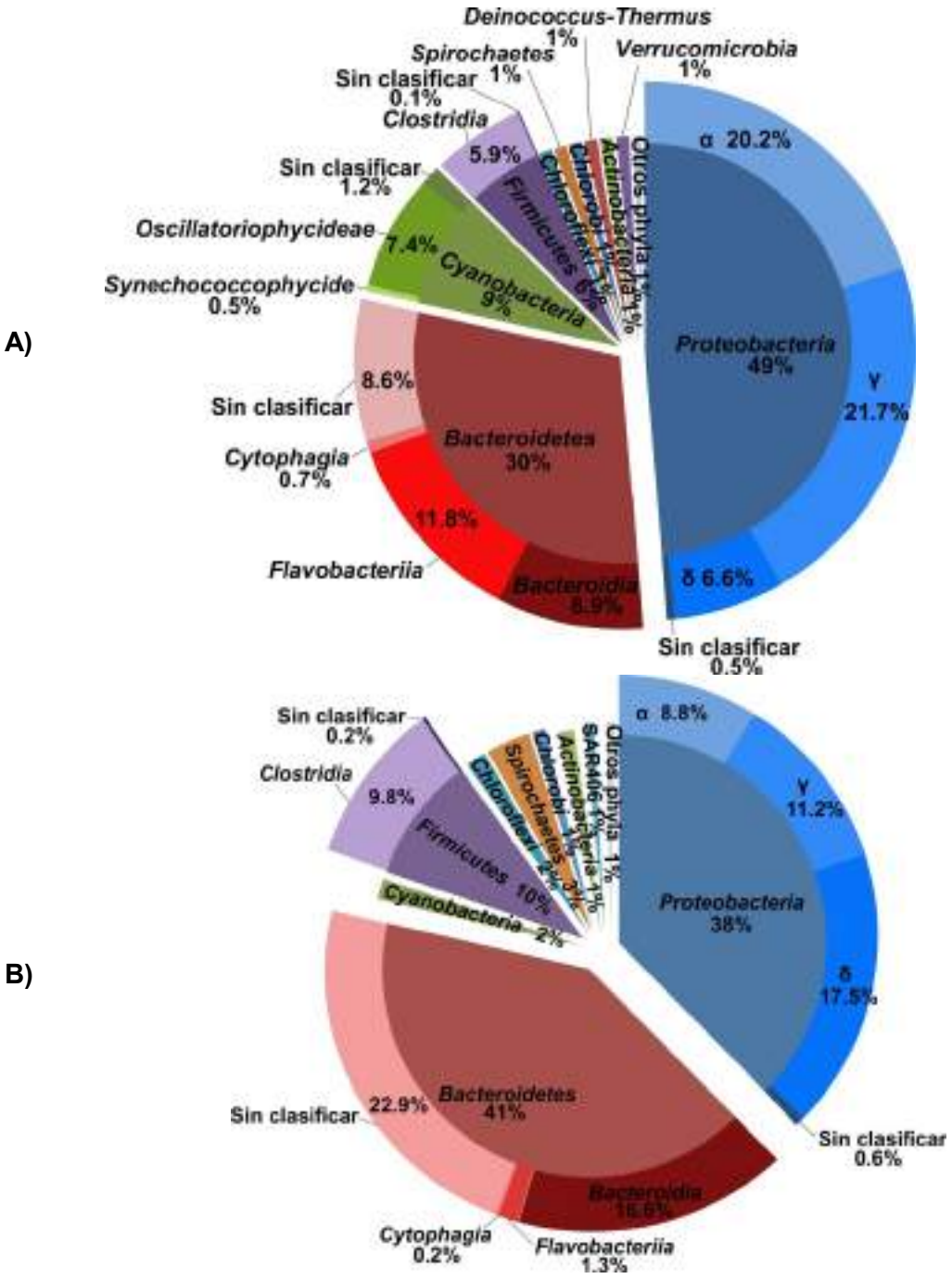
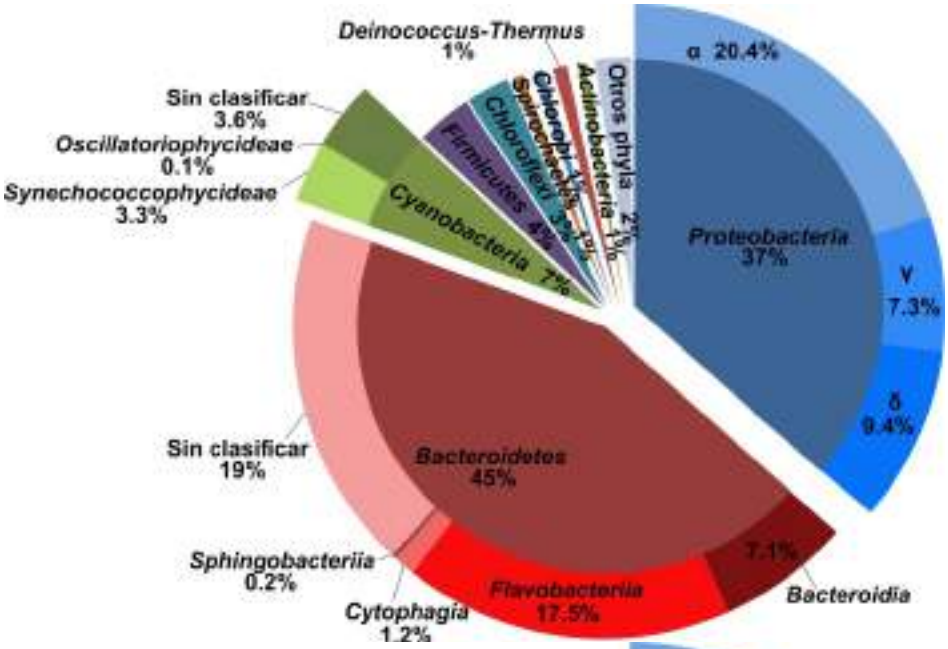


Figura 2-20. Biodiversidad microbiana asociada a tapetes de Aguas Calientes. A) ACT1, y B) ACT2. Octubre 2015.

Folio006972

C)



D)

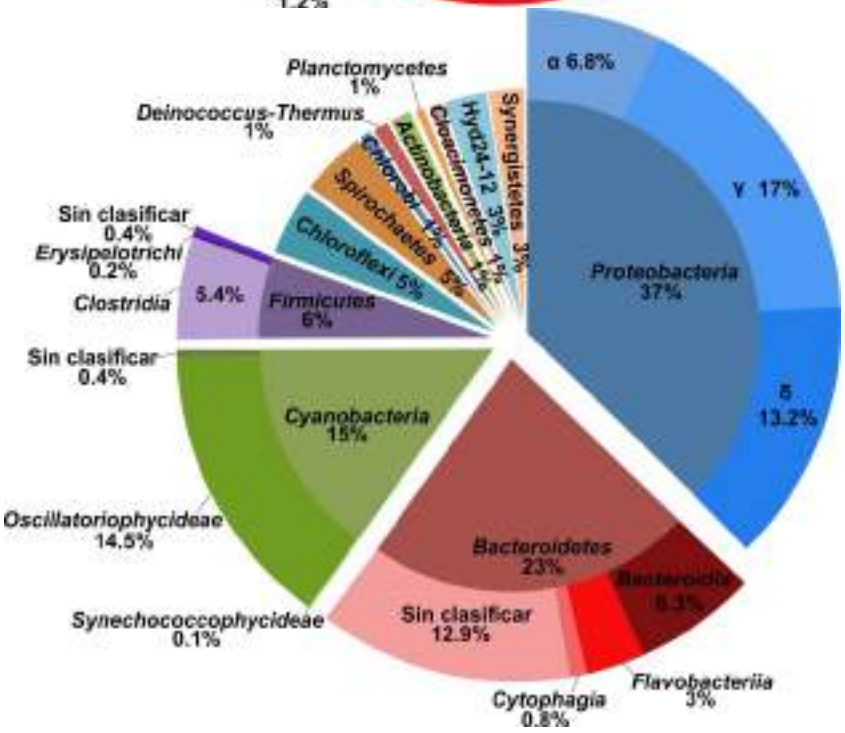


Figura 2-20. (Continuación) Biodiversidad microbiana asociada a tapetes de Aguas Calientes. C) ACT3 y D) ACT4. Octubre 2015.

Folio006973

En la zona de tapetes se observa una mayor abundancia de Gama Proteobacterias representadas por la (Marinicellales) que llega a 20% en el tapete 1 (ACT1) este grupo filetico, encontrado principalmente en los sedimentos del ártico, su presencia en estos ambientes se reporta por primera vez. Alfa Proteobacterias incluye Rhodobacterales que contienen un enorme grupo de bacterias marinas de metabolismos principalmente heterotrofo. Dentro de las que producen fotosíntesis encontramos a a Rhodospirillales bacterias púrpuras no del azufre que producen energía a través de la fotosíntesis. Se observa también una mayor proporción de Cianobacterias (con Oscillatoriophycideae).

La comparación entre los tapetes demostró que las Cianobacterias (dominada por Oscillatoriophycideae) se van tornando mas abundantes a medida que se van desarrollando el nivel de profundidad y consistencia de los tapetes. A modo de ejemplo se puede ver como Halomicronema ocupan un 2% en el tapete mas primitivo asociado a piedras (ACT1), aumenta a un 7.4 % en el tapete laminado (ACT2), se diversifica con Stramenopiles y Halomicronema en el en el tapete flotante (ACT3) y se vuelve dominante con un 19% en el tapete asociado a depósitos de sulfuro de arsénico (Figura 4.104). La presencia de Halomicronema es reportada por primera vez en ecosistemas de tapetes y presenta una característica especial como la capacidad de producir una nueva Clorofila (f) en estromatolitos de Shark Bay (Chen y col 2012). Esta nueva clorofila le permite realizar fotosíntesis utilizando la onda más ancha del infrarrojo. Esta, y esta particularidad tampoco había sido reportada previamente en los sistemas de tapetes del altiplano. Esta dominancia de Cianobacterias en tapetes es inédita para los sistemas del altiplano (Rasuk, 2014, 2015, Farias, 2013, 2014, Rascovan, 2015 y datos no publicados en otros 10 sistemas explorados). Por lo tanto para Aguas Calientes I, el seguimiento de las Cianobacterias en los tapetes microbianos sería un buen indicador del estado del sistema.

Existe una gran diferencia entre los tapetes con grupos desconocidos principalmente de Bacteroidetes, los cuales dominan la diversidad pero no pueden ser clasificados mas allá de clases u órdenes. Se encontraron particularidades nunca antes descritas en tapetes, por ejemplo, el caso de la familia Marinicellaceae (Alfa-Proteobacterias) reportada muy abundante en mares, nunca antes había sido descrita en sistemas continentales y menos aún en tapetes microbianos donde es sumamente abundante como en ACT1 (15%) y ACT4 (9.9%) y está presente en ACT3 y 4 con (4.4 y 2.5 respectivamente). Se sabe muy poco de la fisiología de este grupo filogenético por lo que es muy difícil proponer su función en estos sistemas a pesar de su abundancia.

Folio006974

Tabla 2-5. Clasificación taxonómica al nivel más específicamente posible de los 10 OTUs más abundantes en muestras de Aguas Calientes. Octubre 2015.

ACS1		ACS2		ACT1		ACT2		ACT3		ACT4	
Gen. *Rhodobacter* (*AlfaProteobacterias*)	5.7	Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	8.7	Fam. *Marinicellaceae* (*Proteobacterias*)	14.8	Fam. *Balneolaceae* (*Bacteroidetes*)	11.4	Fam. *Rhodobacteraceae* (*Proteobacterias*)	8.6	Gen. *Microcoleus* (*Cianobacteria*)	12.9
Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	5.0	Ord. *Stramenopiles* (*Cianobacteria*)	3.7	Fam. *Rhodobacteraceae* (*Proteobacterias*)	9.2	Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	8.6	Fam. *Saprospiraceae* (*Bacteroidetes*)	7.3	Fam. *Marinicellaceae* (*Proteobacterias*)	9.9
Ord. *Acidimicrobiales* (*Actinobacteria*)	3.6	Ord. *Clostridiales* (*Firmicutes*)	3.3	Gen. *Microcoleus* (*Cianobacteria*)	6.4	Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	7.8	Fam. *Flavobacteriaceae* (*Bacteroidetes*)	6.6	Phyl. *Bacteroidetes*	4.7
Ord. *Clostridiales* (*Firmicutes*)	3.6	Gen. *Rhodobacter* (*AlfaProteobacterias*)	3.2	Gen. *Psychroflexus* (*Bacteroidetes*)	5.6	Phyl. *Bacteroidetes*	6.7	Gen. *Lewinella* (*Bacteroidetes*)	5.8	Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	4.3
Gen. *Flavobacterium* (*Bacteroidetes*)	3.2	Gen. *Flavobacterium* (*Bacteroidetes*)	3.2	Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	4.9	Fam- *Halanaerobiaceae* (*Firmicutes*)	4.8	Gen. *Winogradskyella* (*Bacteroidetes*)	5.0	Fam. *Balneolaceae* (*Bacteroidetes*)	3.7
Ord. *Clostridiales* (*Firmicutes*)	2.9	Fam. *Cyclobacteriaceae* (*Bacteroidetes*)	3.2	Fam. *Balneolaceae* (*Bacteroidetes*)	4.2	Fam. *Marinicellaceae* (*Proteobacterias*)	4.4	Gen. *Desulfotignum* (*Proteobacterias*)	4.8	Gen *Halochromatium* (*Proteobacterias*)	3.6
Fam. *Ignavibacteriaceae* (*Chlorobi*)	2.8	Fam. *Desulfobulbaceae* (*Proteobacterias*)	2.9	Gen. *Halanaerobium* (*Firmicutes*)	3.9	Gen. *Desulfovermiculus* (*Proteobacterias*)	4.3	Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	3.5	Fam. *Rhodobacteraceae* (*Proteobacterias*)	3.6
Fam. *Desulfobulbaceae* (*Proteobacterias*)	2.7	Gen. *Clostridium* (*Firmicutes*)	2.9	Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	3.4	Fam. *Rhodobacteraceae* (*Proteobacterias*)	3.9	Gen. *Halomicronema* (*Cianobacteria*)	3.2	Gen. *Halanaerobium* (*Firmicutes*)	3.4
Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	2.6	Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	2.6	Fam. *Flavobacteriaceae* (*Bacteroidetes*)	3.1	Gen. *Halanaerobium* (*Firmicutes*)	3.6	Ord. *Stramenopiles* (*Cianobacteria*)	3.1	Gen. *Desulfovermiculus* (*Proteobacterias*)	3.4
Gen. *Hydrogenophaga* (*Proteobacterias*)	2.4	Fam. *Comamonadaceae* (*Proteobacterias*)	2.5	Fam. *Rhodobacteraceae* (*Proteobacterias*)	3.1	Gen. *Desulfosalsimonas* (*Proteobacterias*)	3.1	Fam. *Marinicellaceae* (*Proteobacterias*)	2.5	Fam. *Spirochaetaceae* (*Spirochaetes*)	3.3

Folio006975

2.2.3.5 Biota acuática

a) Fitobentos

Los ensambles fitobentónicos presentaron una riqueza heterogénea entre campañas. El mayor valor se registró en el punto ACA-1 en octubre de 2015 con un total de 12 taxa de diatomeas bentónicas y un grupo de Pennada indeterminada, mientras que el mínimo se registró también en octubre en el punto ACA-3 con 5 taxa (Figura 2-21a, Tabla 2-6).

Respecto a la abundancia total de microalgas bentónicas, la máxima abundancia total se registró en el punto ACA-3 con 205198,4 cél•mm-² en agosto, mientras que el mínimo se observó también en ACA-3 con un valor 5,3 cél•mm-² en octubre (Figura 2-21b, Tabla 2-6).

Por su parte, la abundancia relativa mostró que en el Salar de Aguas Calientes dominaron (>10%) distintas especies, destacando los géneros *Halamphora sp.*, *Nitzschia spp.*, y *Cocconeis spp*. En la campaña de octubre en el punto de muestreo ACA-1 dominó el género *Cymbellonitzschia* (34%), en el punto ACA-2 predominó el género *Halamphora sp.* (27%), y en ACA-3 dominó el género *Nitzschia sp.* (33%), para la campaña de agosto en ACA-1 dominó *Cocconeis spp.* (35%), en ACA-2 *Brachysira aponina* (31%), y en ACA-3 *Halamphora sp.* (43%), finalmente en la campaña de marzo dominó en ACA-1 *Cocconeis spp.* (66,6%), en ACA-2 *Pseudostaurosira sp.* (59%) y en ACA-3 *Halamphora sp*. (30%) (Figura 2-21c, Tabla 2-6).

Folio006976

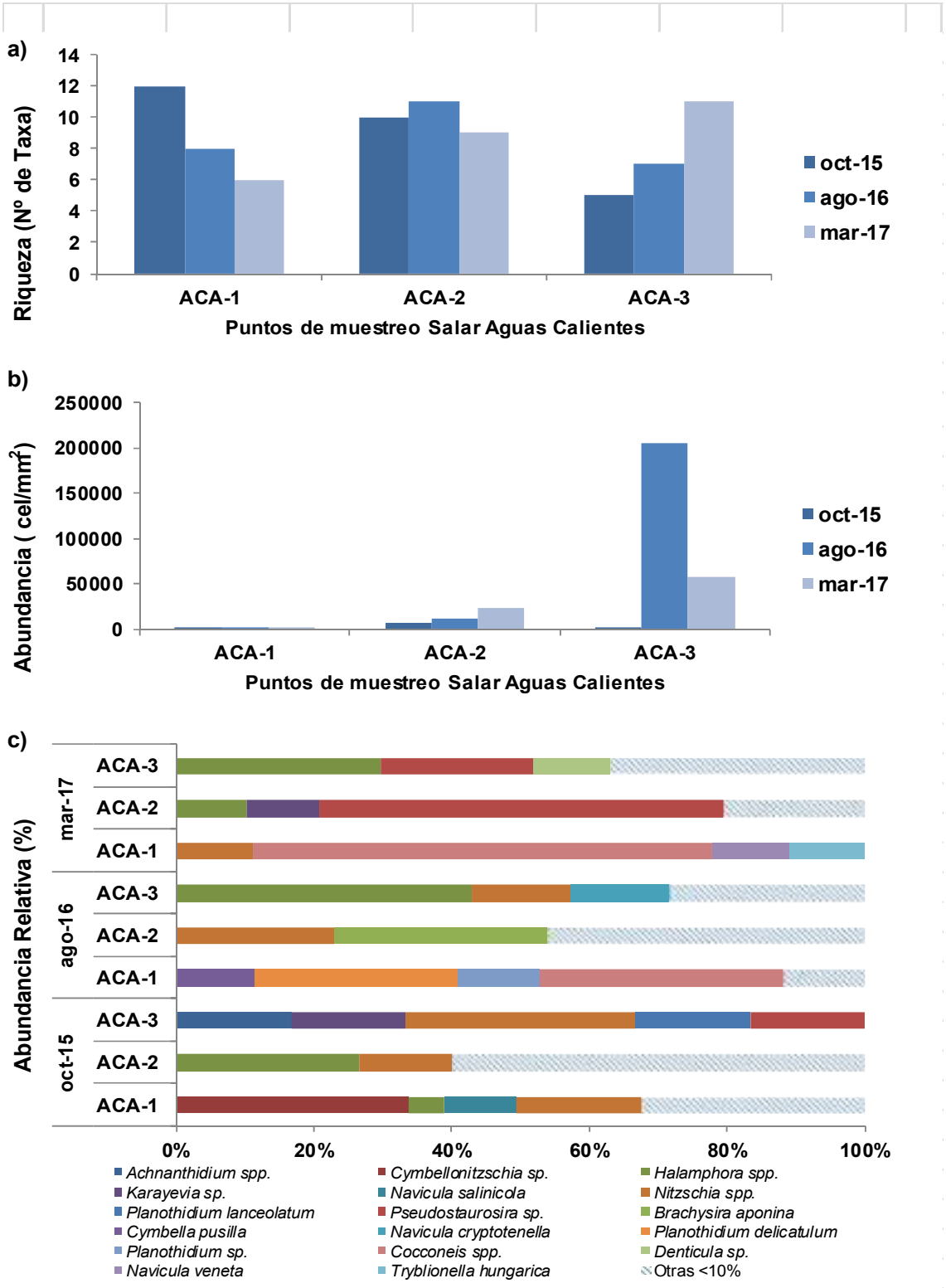


Figura 2-21 a) Riqueza Total (Nº de taxa) , b) Abundancia Total (cel/mm^2) y c) Abundancia Relativa (%) de Fitobentos registrada en la campaña Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar de Aguas Calientes I.

Folio006977

Tabla 2-6. Abundancia (cél/mm²) de taxa fitobentónicos registrados en la campaña de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar de Aguas Calientes I. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón.

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (cél·mm⁻²)	ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Achnanthes inflata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Achnanthidium exiguum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Achnanthidium spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Adlafia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brachysira aponina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3517,7	30,8	14657,0	7,1	0,0	0,0	1628,2	6,9	0,0	0,0
Cavinula sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis euglypta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	23,5	0,0	0,0	0,0	0,0	146,5	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis lineata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,3	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis neodiminuta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,7	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	97,7	22,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,7	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	48,8	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Cymbellonitzschia sp.	126,5	33,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cymbella pusilla	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1319,1	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Denticula spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	879,4	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	814,1	3,4	6371,3	11,1
Diploneis smithii	0,0	0,0	471,4	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diploneis sp.	0,0	0,0	471,4	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eunotia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fallacia sp.	0,0	0,0	471,4	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	439,7	3,8	14657,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fragilaria sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gomphonema parvulum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gomphonema sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Halamphora atacamana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Halamphora carvajaliana	19,5	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	439,7	3,8	87942,2	42,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6371,3	11,1
Halamphora spp.	19,5	5,2	1885,6	26,7	0,0	0,0	0,0	0,0	439,7	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2442,3	10,3	10618,8	18,5
Haloroundia speciosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	814,1	3,4	2123,8	3,7
Karayevia sp.	4,9	1,3	0,0	0,0	0,9	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2442,3	10,3	0,0	0,0
Mastogloia smithii	0,0	0,0	471,4	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4247,5	7,4
Navicula cryptotenella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	439,7	3,8	29314,1	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2123,8	3,7
Navicula veneta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,8	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula salinicola	38,9	10,4	471,4	6,7	0,0	0,0	14,7	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula spp.	34,1	9,1	471,4	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia latens	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14657,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia epithemoides	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Folio006978

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (cél·mm^{-2})	ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Nitzschia halloyii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia pusilla	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,7	5,9	0,0	0,0	29314,1	14,3	48,8	11,1	0,0	0,0	4247,5	7,4
Nitzschia spp.	68,1	18,2	942,8	13,3	1,8	33,3	0,0	0,0	2638,3	23,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pinnularia spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium biporomum	4,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium lanceolatum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium delicatulum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,3	29,4	879,4	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium spp.	0,0	0,0	471,4	6,7	0,0	0,0	29,3	11,8	439,7	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pseudostaurosira brevistriata	14,6	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7327,0	31,0	12742,6	22,2
Pseudostaurosira sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6512,9	27,6	0,0	0,0
Staurosira venter	4,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	814,1	3,4	0,0	0,0
Staurosirella pinnata	29,2	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4247,5	7,4
Staurosirella sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Surirella sella	9,7	2,6	471,4	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2123,8	3,7
Surirella wetzeli	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2123,8	3,7
Tryblionella compressa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,8	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Ulnaria ulna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14657,0	7,1	0,0	0,0	814,1	3,4	0,0	0,0
Pennada indet.	0,0	0,0	471,4	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Riqueza Total	**12**		**10**		**5**		**8**		**11**		**7**		**6**		**9**		**11**	
Abundancia Total	**374,6**		**7070,9**		**5,3**		**249,2**		**11432,5**		**205198,4**		**439,6**		**23609,1**		**57341,5**	
Riqueza Promedio	**9 ± 3,6**						**8,6 ± 2,08**						**8,6 ± 2,5**					
Abundancia Promedio	**2483,6 ± 3977**						**72293,3 ± 115234,8**						**27130 ± 28613,8**					

Folio006979

b) Fitoplancton

Para el ensamble Fitoplanctónico las riquezas fueron heterogéneas tanto para los puntos de monitoreo como para las diferentes campañas, en particular en el punto ACA-20. La mayor riqueza fue de 25 taxa en el punto ACA-2 en octubre mientras que la menor fue de 7 taxa en el punto ACA-3 en octubre y ACA-1 en marzo (Figura 2-22a, Tabla 2-7).

La abundancia fitoplanctónica no presentó un patrón entre los puntos de muestreo en las diferentes campañas. El máximo valor se registró en ACA-2 con 25364,9 cél/L durante octubre, mientras que el mínimo se registró en ACA-1 con 22,77 cél/L en marzo (Figura 2-22b, Tabla 2-7).

En cuanto a la abundancia relativa, las especies dominantes en el Salar Aguas Caliente I fueron *Cocconeis euglypta*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Navicula cryptotenella* y *Cocconeis placentula*. Por su parte para la campaña de Octubre en ACA-1 dominó *Cocconeis euglypta* (39%), en ACA-2 *Staurosilla pinnata* (44,3%), y ACA-3 *Nitzschia spp.* (44,3%). Por su parte, en la campaña de Agosto en el punto ACA-1 dominaron *Cocconeis euglypta*, *Nitzschia spp*. y *Cocconeis lineata* (18,8%), en ACA-2 dominaron *Gomphonema sp*. y *Planothidium sp.* (12,5%), y en el punto ACA-3 *Pseudostaurosira brevistriata* (50%). Finalmente en la campaña de Marzo dominó en ACA-1 *Pseudostaurosira brevistriata* (20%), en ACA-2 *Denticula sp.* (70%) y en ACA-3 *Pseudostaurosira brevistriata* (97%) (Figura 2-22c, Tabla 2-7).

Folio006980

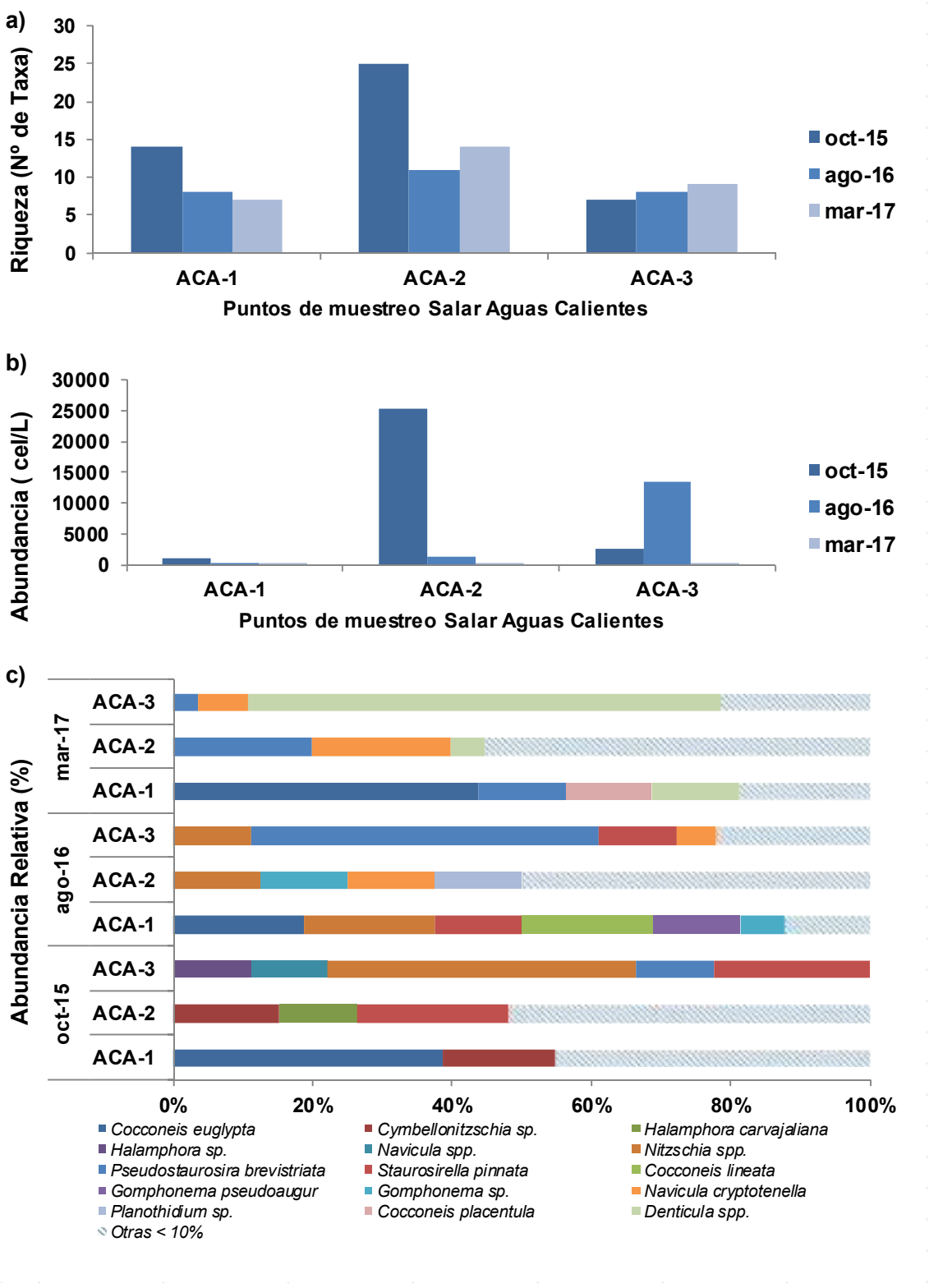


Figura 2-22. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/L) y c) Abundancia Relativa (%) de Fitoplancton registrada en la campaña Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar de Aguas Calientes I.

Folio006981

Tabla 2-7 Abundancia (cél. L-¹) de taxa fitoplanctónicos registrados en la campaña de Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar de Aguas Calientes I. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón.

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Cél·L⁻¹)	ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Chlorophyceae																		
Oedogonium sp.	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Conjugatophyceae																		
Closterium sp.	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Spirogyra sp.	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zygnema sp.	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cyanophyceae																		
Anabaena sp.	1,1	0,1	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nodularia sp.	0	0	0,6	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oscillatoria limosa	0	0	0	0	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oscillatoria sp.	0	0	1,1	0	6,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0
Mediophyceae																		
Cyclotella ocellata	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bacillariophyceae																		
Achnanthidium exiguum	0	0	478,6	1,9	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	3,6
Achnanthidium minutissimum	0	0	0	0	0	0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	20,5	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Achnanthidium sp.	29,6	3,2	239,3	0,9	0	0	0,0	0,0	0,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brachysira aponina	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	14,9	0,8	3,6
Brachysira sp.	29,6	3,2	0	0	0	0	0,0	0,0	0,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,5	0,0	0,0
Cocconeis euglypta	356	39	239,3	0,9	0	0	0,0	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	95,6	43,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis lineata	0	0	0	0	0	0	0,0	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis neodiminuta	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis placentula	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,3	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis sp.	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cymbellonitzschia sp.	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	8,3	0,0	0,0	0,6	2,5	0,8	3,6
Cymbellonitzschia sp.	148	16	3828	15	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Denticula spp.	88,9	9,7	0	0	0	0	0,0	0,0	0,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	67,9
Diploneis sp.	0	0	239,3	0,9	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,3	12,5	1,1	5,0	0,0	0,0
Fallacia sp.	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fragilaria capucina var. vaucheriae	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fragilaria sp.	0	0	239,3	0,9	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gomphonema parvulum	0	0	239,3	0,9	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Folio006982

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Cél·L^{-1})	ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Gomphonema pseudoaugur	0	0	0	0	0	0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gomphonema sp.	29,6	3,2	239,3	0,9	0	0	0,0	6,3	0,2	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Halamphora atacamana	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Halamphora carvajaliana	29,6	3,2	2871	11	0	0	0,0	0,0	0,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	3,6
Halamphora coffeaeformis	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Halamphora sp.	0	0	1675	6,6	276	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Haloroundia speciosa	29,6	3,2	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	7,5	0,0	0,0
Karayevia sp.	29,6	3,2	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mastogloia sp.	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,5	0,0	0,0
Navicula cryptotenella	29,6	3,2	478,6	1,9	0	0	0,0	0,0	0,2	12,5	0,7	5,6	0,0	0,0	4,5	19,9	1,7	7,1
Navicula parinacota	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	3,6
Navicula veneta	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula salinicola	0	0	239,3	0,9	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula spp.	59,3	6,4	1436	5,7	276	11	0,0	0,0	0,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia halloyii	0	0	0	0	0	0	0,0	18,8	0,2	12,5	1,5	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia valdecostata	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	5,0	0,8	3,6
Nitzschia spp.	0	0	2154	8,5	1105	44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,5	0,0	0,0
Pinnularia sp.	0	0	239,3	0,9	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium frequentissimum	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	7,5	0,0	0,0
Planothidium delicatulum	0	0	0	0	0	0	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium biporomum	0	0	239,3	0,9	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium lanceolatum	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium sp.	29,6	3,2	478,6	1,9	0	0	0,0	0,0	0,2	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	7,5	0,0	0,0
Pseudostaurosira brevistriata	0	0	239,3	0,9	276	11	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	50,0	27,3	12,5	4,5	19,9	0,8	3,6
Pseudostaurosira sp.	29,6	3,2	1675	6,6	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stauroneis sp.	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Staurosira venter	0	0	239,3	0,9	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Staurosirella pinnata	0	0	5503	22	553	22	0,0	12,5	0,0	0,0	1,5	11,1	0,0	0,0	0,6	2,5	0,0	0,0
Surirella chilensis	0	0	478,6	1,9	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Surirella sella	0	0	1436	5,7	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tryblionella compressa	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ulnaria ulna	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pennada indet.	0	0	239,3	0,9	0	0	0,0	0,0	0,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Riqueza Total	**14**		**25**		**7**		**8,00**		**11,00**		**8,00**		**7,00**		**14,00**		**9,00**	
Abundancia Total	**920,2**		**25364,9**		**2493,8**		**240,0**		**1220,0**		**13450,0**		**218,4**		**22,7**		**23,3**	
Riqueza Promedio	**15 ± 9**						**9±1,73**						**7±3,6**					

Folio006983

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Cél·L^{-1})	ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Abundancia Promedio	9593 ± 13686						4970±7360						88,1 ±112,8					

c) Zooplancton

La riqueza total de la comunidad de zooplancton varío con un máximo de 6 taxa en la campaña de marzo en el punto ACA-1 y un mínimo de cero taxa en el punto ACA-1 en Octubre, y ACA-3 en Marzo. Para la campaña de Octubre la riqueza promedio fue de 1,33 ± 1,52 taxa, 1,66 ± 1,44 taxa en Agosto y 2,66 ± 2,88 taxa en Marzo (Figura 2-23, Tabla 2-8).

La abundancia zooplanctónica, presentó un promedio de 655,1 ± 880,49 ind/L en la campaña de Octubre, 0,83 ± 1,44 ind/L en Agosto y 0,04 ± 0,07 ind/L en Marzo. El máximo valor se registró en ACA-2 con 1656 ind/L, mientras que los mínimos se registraron en los puntos de muestreo ACA-1 en Octubre y en el punto ACA-3 en Agosto con 0 ind/L (Figura 2-23b, Tabla 2-8).

En cuanto a la abundancia relativa, los resultados indicaron que para el Salar Aguas Calientes I dominaron los Copepodos y Amphipodos. En la campaña de Octubre en el punto ACA-2 y ACA-3 dominó Copepoda indt. (56% y 100% respectivamente). En Agosto en el punto ACA-1 dominó Amphipoda (88,6%), en ACA-2 Nauplii copepoda (50%) y en ACA-3 Copepoda Harpacticoida (50%). Finalmente en la campaña de Marzo en el punto ACA-1 dominó Ostracoda (22,2%), y en los puntos ACA-2 y ACA-3 Copepoda Harpacticoida (16% y 100% respectivamente) (Figura 2-23c, Tabla 2-8).

Folio006984

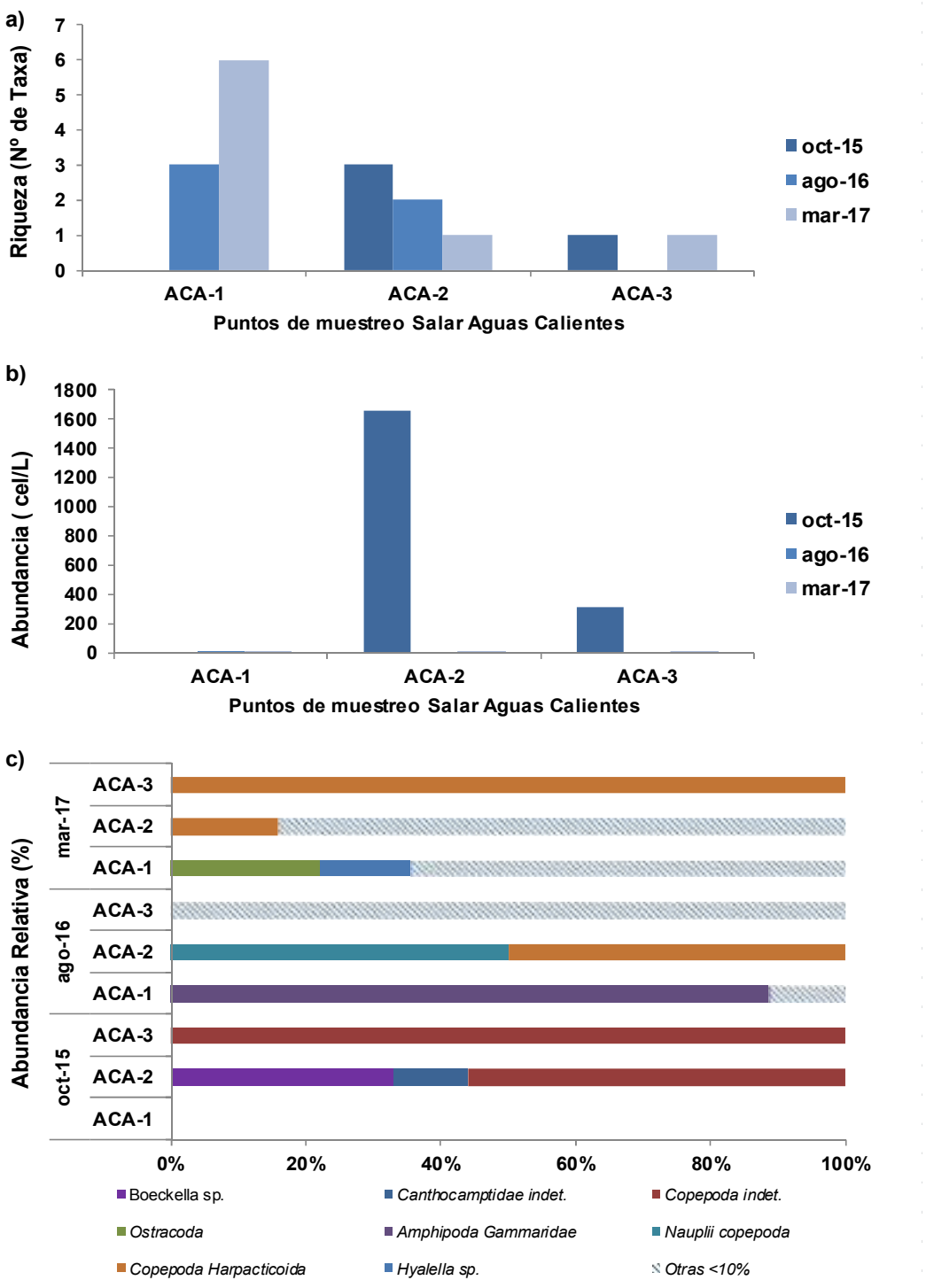


Figura 2-23 a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/L) y c) Abundancia Relativa (%) de Zooplancton registrada en la campaña Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar de Aguas Calientes I.

Folio006985

Tabla 2-8. Abundancia (cél. L-¹) de taxa Zooplanctónicos registrados en la campaña de Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar de Aguas Calientes I. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón.

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Ind·L⁻¹)	ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Boeckella sp.	0	0	552	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyclopoida indet.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canthocamptidae indet.	0	0	184	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Copepoda indet.	0	0	920	56	309	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0	0	0	0	9,9	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0
Amphipoda Gammaridae	0	0	0	0	0	0	2	89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphipoda Hyalellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva cypris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nauplii copepoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Nauplii cirripedia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acartia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eucyclops serrulatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tumeodiaptomus diabolicus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calanoida Mal estado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Copepoda Harpacticoida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	16	0	100
Neobosmina chilensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chydorus sphaericus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Halacaridae	0	0	0	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva Diptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae indet.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4	0	0	0	0
Chironomidae indet.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,9	0	0	0	0
Simulidae indet.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4	0	0	0	0
Baetidae indet.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4	0	0	0	0
Hyalella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0
Riqueza Total	**0**		**3**		**1**		**3**		**2**		**0**		**6**		**1**		**1**	
Abundancia Total	**0,0000**		**1656**		**309,3**		**2,51**		**0,0002**		**0**		**0,13**		**0,007**		**0,001**	
Riqueza Promedio	**1,33 ± 1,52**						**1,66 ± 1,44**						**2,66 ± 2,88**					
Abundancia Promedio	**655,1 ± 880,49**						**0,83 ± 1,44**						**0,04 ± 0,07**					

Folio006986

d) Macroinvertebrados Bentónicos

Los ensambles de macroinvertebrados bentónicos presentaron una riqueza heterogénea para las campañas de sucesivas de Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017, sin embargo destaca el punto ACA-2 donde en ninguna campaña se han registrado individuos. Para la campaña de Octubre el promedio de riquezas fue de 2 ± 4 taxa, en Agosto 3 ± 3,6 taxa y en Marzo fue de 0,7 ± 0,57 taxa. El mayor valor de riqueza total estuvo en el punto ACA-1 en la campaña de Agosto con 7 taxa y el menor valor fue en el punto ACA-2 en las 3 campañas donde no registraron ningún taxa (Figura 2-24a,Tabla 2-9).

Respecto a la abundancia total de zoobentos, el promedio de los puntos muestreados en el Salar Aguas Calientes fue de 396 ± 686 ind•m-² en la campaña de Octubre, 14478,1 ± 24424 ind•m-² en la campaña de Agosto y de 252,5 ± 252,5 ind•m-² en la campaña de Marzo. El máximo valor de abundancia total se registró en el punto ACA-1 con 42676,7 ind•m-² en la campaña de Agosto, mientras que el mínimo se observó en los puntos anteriormente señalados donde no se registraron individuos (Figura 2-24b,Tabla 2-9).

Por su parte, la abundancia relativa demostró que en el Salar de Aguas Calientes destacan principalmente los Insectos de la familia Chironomidae, Limoniidae y los Amphipodos de la familia Hylalellidae. En la campaña de Octubre dominó Hylalellidae (87%), en Agosto en el punto ACA-1 estuvieron presentes las 3 familias dominantes Hylalellidae (17%), Chironomidae (34%) y Limoniidae (31%) y en ACA-3 dominaron los Insetos con un 100% al igual que en la campaña de Marzo, finalmente en ACA-1 en marzo dominó Hylalellidae (100%) (Figura 2-24c,Tabla 2-9).

Folio006987

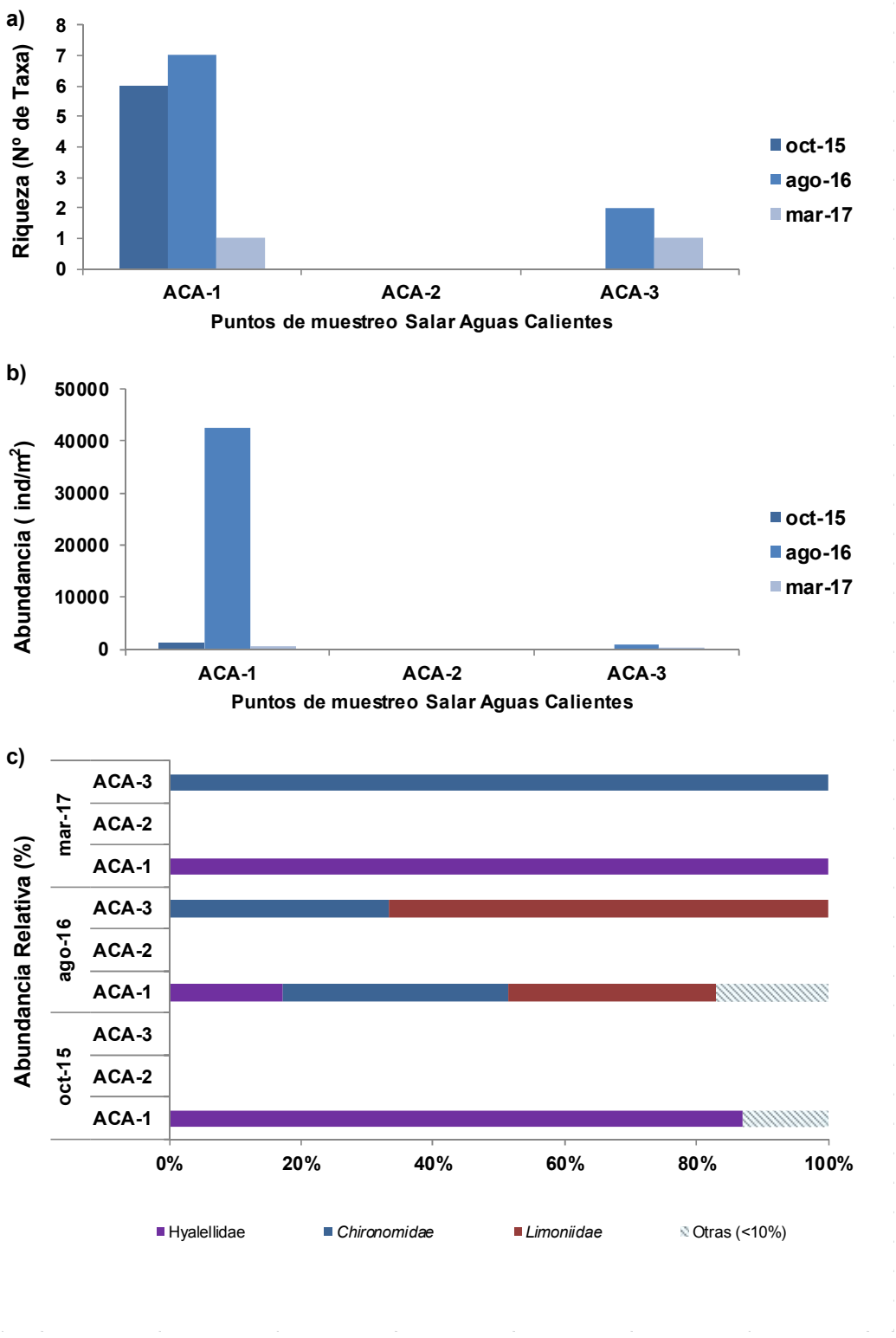


Figura 2-24. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (ind/m^2) y c) Abundancia Relativa (%) de Zoobentos registrada en la campaña Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar de Aguas Calientes I.

Folio006988

Tabla 2-9. Abundancia (ind/m^2) de taxa Zoobentos registrados en la campaña de Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar de Aguas Calientes I. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón.

Clase/Familia (Ind.m-²)	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
	ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3		ACA-1		ACA-2		ACA-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Hirudinea	33,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1262,6	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Elmidae	67,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4040,4	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chironomidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14646,5	34,3	0,0	0,0	252,5	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	252,5	100,0
Simuliidae	44,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hydroptilidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Limoniidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13383,8	31,4	0,0	0,0	505,1	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tabanidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	252,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hyalellidae	1033,0	87,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7323,2	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	505,1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dugesiidae	11,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oligochaeta (subclase)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1767,7	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Riqueza Total	**6**		**0**		**0**		**7**		**0**		**2**		**1**		**0**		**1**	
Abundancia Total	**1188,9**		**0,0**		**0,0**		**42676,8**		**0,0**		**757,6**		**505,1**		**0,0**		**252,5**	
Riqueza Promedio	**2 ± 4**						**3 ± 3,6**						**0,7 ± 057**					
Abundancia Promedio	**396 ± 686**						**14478,1 ± 24424**						**252,5 ± 252,5**					

Folio006989

2.2.3.6 Flora y Vegetación

a) Flora terrestre

A lo largo de las 3 campañas de terreno realizadas (Primavera 2015, Invierno 2016, Verano 2017) se registró un total de 15 especies de flora terrestre, las cuales se agruparon dentro de 5 familias (Tabla 2-10). La totalidad de las especies identificadas correspondieron a especies del tipo biológico herbáceo y con un origen biogeográfico nativo. De acuerdo al Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres, no se encontraron especies en categoría de conservación.

Tabla 2-10. Riqueza florística humedal de Aguas Calientes I.

Nombre científico	Familia	Origen fitogeo.	Tipo biológico	Estado de Conservación	Registro de especies por temporada		
					Prim. 2015	Inv. 2016	Ver. 2017
Baccharis acaulis	Asteraceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría	x	x	
Calandrinia compacta		Nativo	Herbácea	Sin categoría			x
Xenophyllum incisum var. incisum(*)		Nativo	Herbácea	Sin categoría		x	x
Phylloscirpus acaulis	Cyperaceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría		x	x
Zameioscirpus atacamensis		Nativo	Herbácea	Sin categoría		x	x
Juncus sp.	Juncaceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría			x
Oxychloë andina		Nativo	Herbácea	Sin categoría		x	x
Triglochin concinna	Juncagina-ceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría	x	x	x
Deyeuxia breviaristata	Poaceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría		x	
Deyeuxia cf. breviaristata		Nativo	Herbácea	Sin categoría	x		
Deyeuxia curvula		Nativo	Herbácea	Sin categoría		x	x
Distichlis spicata		Nativo	Herbácea	Sin categoría			x
Festuca deserticola		Nativo	Herbácea	Sin categoría	x	x	x
Festuca orthophylla		Nativo	Herbácea	Sin categoría		x	x
Puccinellia frigida		Nativo	Herbácea	Sin categoría	x	x	x

Nota: (*) *Xenophyllum incisum var. incisum* es sinónimo de *Werneria incisa var. Incisa*.

Folio006990

b) Vegetación terrestre

La formación vegetal dominante dentro del sistema Aguas Calientes I corresponde al Pajonal hídrico, donde las especies que dominan en términos de cobertura vegetal corresponden a las hierbas *Festuca deserticola* y *Triglochin concinna*. Otras especies acompañantes dentro de la formación corresponden a *Deyeuxia curvula, Puccinellia frigida* y *Oxychloe andina*.

Figura 2-25. Pajonal hídrico Humedal Aguas Calientes I.

En términos de cobertura vegetal el transecto que presentó el mayor valor de cobertura vegetal fue T1 (96,88%), valor registrado durante la estación Invierno 2016 (Tabla 2-11). Mientras que el transecto que presentó el menor valor de cobertura vegetal correspondió a T3 (27,86%), valor registrado durante la estación Primavera 2015. En cuanto a la cobertura vegetal promedio por temporada, al comparar las últimas dos campañas de monitoreo (Invierno 2016 y Verano 2017) en las cuales se realizó el mismo número de transectos (8), fue posible observar que la temporada Verano 2017 presentó el mayor valor (67,62%).

En relación a la composición de especies al interior de los transectos realizados, las especies *Festuca deserticola* y *Triglochin concinna* fueron las que se registraron en la mayor cantidad de transectos a lo largo de las 3 temporadas de monitoreo, a diferencia de las especies *Baccharis accaulis*, *Deyeuxia* cf. *Breviaristata*, *Festuca orthophylla* y *Juncus* sp.las cuales solo registraron presencia en un solo transecto a lo largo de las 3 temporadas (Tabla 2-11) .

Folio006991

Tabla 2-11. Resultados de cobertura (%) en transectos por temporada, sector Aguas Calientes I.

Especie	Transectos por temporada																		
	Primavera 2015			Invierno 2016								Verano 2017							
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Baccharis accaulis	0,00	p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calandrinia compacta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,27	9,88	0,00	0,00	0,00
Deyeuxia breviarista	0,00	0,00	0,00	p	0,00	p	1,18	0,00	0,00	0,00	p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Deyeuxia cf. breviaristata	p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Deyeuxia curvula	0,00	0,00	0,00	0,00	21,31	18,84	23,53	3,49	0,00	0,00	10,23	0,00	40,98	14,75	19,75	0,00	0,00	2,47	4,94
Distichlis spicata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,59	8,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Festuca deserticola	65,57	18,03	1,64	75,00	18,03	0,00	8,24	25,58	23,81	10,71	18,18	32,79	14,75	4,92	8,64	7,41	7,41	18,52	12,35
Festuca orthophylla	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juncus sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oxychloe andina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,57	0,00	0,00	0,00	27,87	0,00	16,05	23,46	28,40	9,88
Phylloscirpus acaulis	0,00	0,00	0,00	21,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,03	3,28	11,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Puccinellia frigida	p	60,66	13,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,35	0,00	0,00	0,00
Triglochin concinna	26,23	4,92	13,11	0,00	0,00	62,32	8,24	16,28	10,71	19,05	38,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,28	23,46	9,88
Xenophyllum incisa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,35	2,33	3,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zameioscirpus atacamensis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19	2,38	0,00	0,00	0,00	26,23	8,64	0,00	0,00	0,00	0,00
Rastrojo	1,64	3,28	0,00	0,00	4,92	0,00	0,00	3,49	10,71	1,19	7,95	0,00	0,00	8,20	0,00	4,94	0,00	1,23	0,00
Riqueza	4,00	4,00	3,00	3,00	2,00	3,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	4,00	4,00	3,00	4,00	4,00
Cobertura	93,44	86,89	27,86	96,88	44,26	81,16	63,54	51,17	49,99	36,90	75,00	88,52	73,77	93,45	75,30	50,63	48,15	74,08	37,05
Riqueza promedio	**3,67**			**3,63**								**4,13**							
Cobertura promedio (%)	**69,40**			**62,36**								**67,62**							

Folio006992

c) Plantas Acuáticas

Al interior del sistema Aguas Calientes I se registró un total de 4 especies de flora acuática, de las cuales una especie no se logró determinar (Tabla 2-12). Dentro de las especies identificadas, estas se agruparon en 2 familias (Apiaceae y Ranunculaceae). El total de registros de plantas acuáticas no presentó especies en categoría de conservación.

Tabla 2-12. Riqueza plantas acuáticas en humedal de Aguas calientes I.

Nombre científico	Familia	Origen fitogeo.	Tipo biológico	Estado de Conservación	Registro de especies por temporada		
					Prim. 2015	Inv. 2016	Ver. 2017
Lilaeopsis macloviana	Apiaceae	Nativo	Hierba acuática	Sin categoría	x	x	x
Ranunculus uniflorus	Ranunculaceae	Nativo	Hierba acuática	Sin categoría		x	x
Ranunculus sp.		Nativo	Hierba acuática	Sin categoría	x		
Sin determinar	-	-	-	-	x	-	-

En relación a la cobertura vegetal de las plantas acuáticas presentes en el sector, el valor máximo observado se presentó en la Parcela 2 durante la temporada Primavera 2015 (4,92%), no obstante que el valor mínimo de cobertura vegetal observada se presentó en la Parcela 3 (1,64%) (Tabla 2-13). Respecto a la cobertura promedio por temporada, Verano 2017 presentó el mayor valor a lo largo de las 3 campañas de monitoreo realizadas.

Tabla 2-13. Cobertura plantas acuáticas Aguas Calientes I.

Especie	Transectos por temporada								
	Primavera 2015			Invierno 2016			Verano 2017		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Lilaeopsis macloviana	0,00	0,00	1,64	1,64	0,00	1,64	1,64	0,00	3,28
Ranunculus uniflorus	0,00	0,00	0,00	1,64	1,64	p	1,64	1,64	0,00
Ranunculus sp.	1,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sin determinar	1,64	4,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Riqueza	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00
Cobertura	3,28	4,92	1,64	3,28	1,64	1,64	3,28	1,64	3,28
Riqueza promedio	1,33			1,67			1,33		
Cobertura promedio (%)	3,28			2,19			2,73		

Folio006993

2.2.3.7 Fauna terrestre

Los sectores prospectados durante las campañas de octubre de 2015 (primavera), agosto de 2016 (invierno) y marzo de 2017 (verano), presentaron los siguientes ambientes:

- Sector 1: Surgencia de agua, vega con flujo continuo y un ancho entre los 2 y 12 m aproximadamente, con presencia de plantas acuáticas. Cobertura vegetacional baja, sustrato terroso y vegetación vecina de pajonal.
- Sector 2: Lagunas y bofedal, con flujo léntico y un ancho entre los 2 y 120 m aproximadamente. Cobertura vegetacional baja y vegetación vecina de pajonal.
- Sector 3: Laguna. Cobertura vegetacional media, sustrato terroso y vegetación vecina de pajonal.

Durante las campañas de terreno se detectaron un total de 42 especies de fauna en los tres sectores prospectados, correspondientes a un anfibio, 33 especies aves, siete mamíferos, y un reptil. Respecto a la abundancia, se contabilizó un total de 976 individuos, valor entregado principalmente por la avifauna del sector (Tabla 2-14).

Folio006994

Tabla 2-14. Abundancia (número de individuos) y riqueza (número de especies) detectadas durante la campaña de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el salar de Aguas Calientes I.

Nombre científico	Nombre común	Primavera 2015			Invierno 2016			Verano 2017		
		Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Clase Amphibia										
Bufonidae										
Rhinella spinulosa	Sapo espinoso								5	
Subtotal Abundancia		0	0	0	0	0	0	0	5	0
Subtototal Riqueza		0	0	0	0	0	0	0	1	0
Clase Aves										
Anatidae										
Oressochen melanopterus	Piuquén	2	2			3				
Anas flavirostris	Pato jergón chico		12			22			6	
Lophonetta specularioides	Pato juarjual	4	24	5		26			4	
Anas puna	Pato puna					2				
Phoenicopteridae										
Phoenicopterus chilensis	Flamenco chileno			31			3			1
Phoenicoparrus jamesi	Parina chica			18			25			20
Phoenicoparrus andinus	Parina grande			93			51			219
Accipitridae										
Geranoaetus melanoleucus	Águila							1		
Recurvirostridae										
Recurvirostra andina	Caití			16		2	4			5
Charadriidae										
Charadrius alticola	Chorlo de la puna	3		1					4	
Phegornis mitchellii	Chorlito cordillerano	1			6					
Thinocoridae										
Thinocorus rumicivorus	Perdicita			4						
Thinocorus orbignyianus	Perdicita cojón		4		1	1				1
Scolopacidae										
Calidris bairdii	Playero de Baird					1			29	6
Phalaropus tricolor	Pollito de mar tricolor								1	
Laridae										

Folio006995

Nombre científico	Nombre común	Primavera 2015			Invierno 2016			Verano 2017		
		Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Chroicocephalus serranus	Gaviota andina	4		5		1				
Falconidae										
Phalcoboenus megalopterus	Carancho cordillerano					2				
Furnariidae										
Geositta punensis	Minero de la puna		1	3	2	2	1	3	5	1
Cinclodes atacamensis	Churrete de alas blancas	1	1		1				1	
Cinclodes albiventris	Churrete de alas crema		3			1		1	6	
Asthenes modesta	Canastero chico			2					2	
Leptasthenura aegithaloides	Tijeral							3		
Tyrannidae										
Lessonia oreas	Colegial del norte			1					2	
Muscisaxicola cinereus	Dormilona cenicienta							1		
Muscisaxicola rufivertex	Dormilona nuca rojiza	2							1	
Muscisaxicola capistratus	Dormilona rufa									1
Hirundinidae										
Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina de dorso nergro		5							
Thraupidae										
Phrygilus dorsalis	Cometocino de dorso castaño	2			2			2		
Phrygilus atriceps	Cometocino del norte							5		
Phrygilus unicolor	Pájaro plomo	2			1			1		
Phrygilus plebejus	Plebeyo				3				10	11
Sicalis olivascens	Chirihue verdoso						20			
Fringillidae										
Carduelis atrata	Jilguero negro							1		
Subtotal Abundancia		21	52	179	16	63	104	18	71	265
Subtotal Riqueza		9	8	11	7	11	6	9	12	9
Clase Mammalia										
Felidae										
Leopardus sp	Felino no identif.									p
Cricetidae										
Abrothrix andinus	Ratón andino				2			1	1	

Folio006996

Nombre científico	Nombre común	Primavera 2015			Invierno 2016			Verano 2017		
		Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Neotomys ebriosus	Ratón de hocico anaranjado				1			1		
Phyllotis xanthopygus	Ratón orejudo amarillento				3			1		
Ctenomyidae										
Ctenomys fulvus	Tuco-tuco de atacama	p	p	p		p	p			
Camelidae										
Vicugna vicugna	Vicuña	25	6	16	17	44		1	8	43
Canidae										
Lycalopex culpaeus	Zorro culpeo	p	1	p	p	p			p	p
Subtotal Abundancia		25	7	16	23	44	0	4	9	43
Subtotal Riqueza		3	3	3	5	3	1	4	3	3
Clase Reptilia										
Liolaemidae										
Liolaemus andinus	Lagartija andina		2	2					7	
Subtotal Abundancia		0	2	2	0	0	0	0	7	0
Subtotal Riqueza		0	1	1	0	0	0	0	1	0

*p= corresponde a la detección por evidencia indirecta, como la presencia de cuevas, fecas y/o huellas, lo que no permite asignar una abundancia específica.

Folio006997

En relación a la estacionalidad de los registros, considerando los tres sectores, la campaña de verano fue la que presentó mayor riqueza, detectándose un total de 33 especies de vertebrados, mientras que en primavera se registró el menor valor de 25 especies. En esta ultima época, el sector 3 presentó la mayor riqueza, representado por especies de aves, mamíferosy reptiles. Para las campañas de invierno y verano, el sector 2 se mostró como el lugar con mayor cantidad de especies, presentándose en invierno especies de aves y mamíferos, mientras que en verano, individuos pertenecientes a las cuatro clases (Figura 2-26).

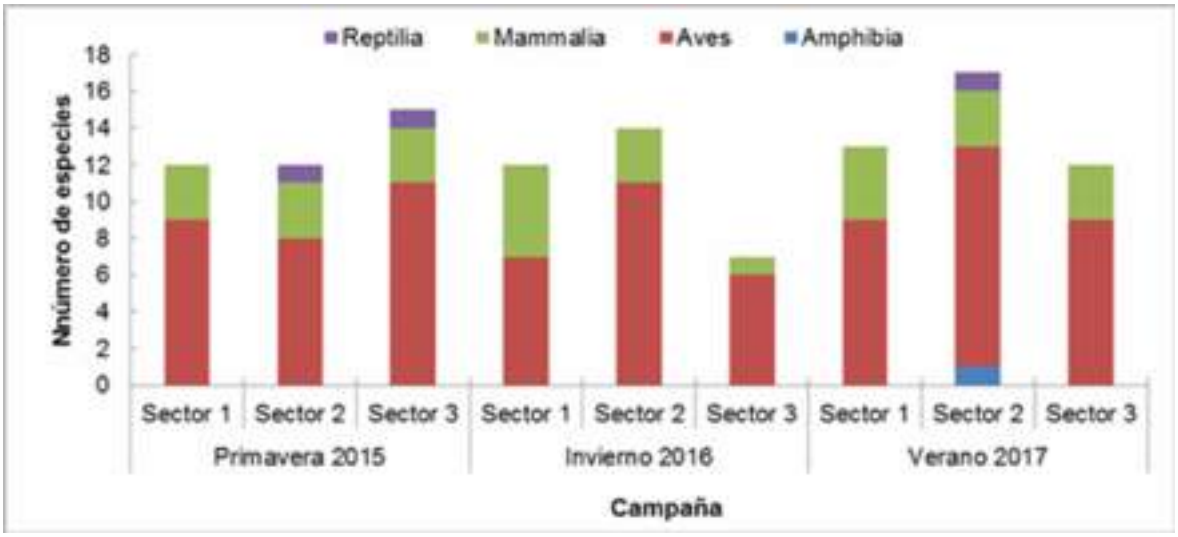


Figura 2-26 Riqueza (número de especies) registradas durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017, según sector de prospección, en el salar de Aguas Calientes I.

El grupo más diverso y abundante en las campañas realizadas correspondió a la avifauna. Durantela campaña de primavera, la parina grande se muestra como la especie más abundante de forma relativa (n=93; 36,9%), seguida por el pato juarjual (n=33; 13,1%) y el flamenco chileno (n=31; 12,3%). De forma similar, en la campaña de invierno, la parina grande (n=51; 27,9%) se muestra como la especie dominante, seguida por el pato juarjual (n=26; 14,2%), y la parina chica (n=25; 13,7%). En verano, la parina grande nuevamente muestra la mayor cantidad de regstros visuales (n=219; 61,9%), seguido ahora por el playero de Baird (n=35; 9,9%), y en similiar proporción, el plebeyo (n=21; 5,9%) y la parina chica (n=20; 5,6%) (Figura 2-27). De esta forma, el grupo más numeroso correspondió al de las aves acuáticas, las que se asocian directamente con el cuerpo de agua existente. El resto de las especies correspondería más bien a visitantes ocasionales.Respecto a los sectores donde se registró a esta clase, en todas las campañas, el sector 3 presentó la mayor cantidad de evidencias directas, mientrasla menor cantidad de individuos se detectó en el sector 1. En relación a la riqueza, el sector 2 presentó la mayor cantidad de especies en verano (12 especies) e invierno (11 especies), mientras que el sector 3 se muestra como el más diverso en primavera, con 11 especies detectadas. Cabe mencionar que las aves de hábitos acuáticos se evidenciaron mayoritariamente en el sector 3 del salar, mientras que las especies de hábitos terrestres o semiacuáticos en el sector 2.

Folio006998

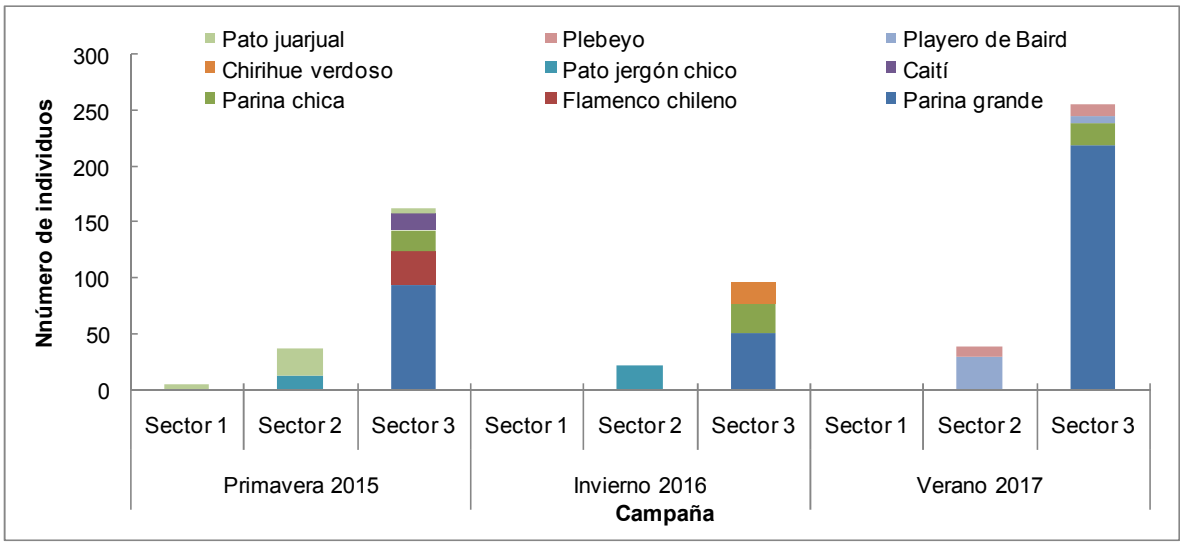


Figura 2-27 Abundancia (número de individuos) de las aves con valores sobre el 75% de forma relativa detectada durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el salar de Aguas Calientes I.

Respecto a los mamíferos, las campañas de invierno y verano muestran la mayor riqueza, con seis especies detectadas, mientras que en primavera sólo se detectaron tres especies. Los registros directos están entregados principalmente por la presencia de vicuñas, las que presentaron mayores abundancias en invierno, luego en verano y finalmente en primavera, detectándose 61, 52, 47 individuos, respectivamente (Tabla 2-14). Considerando la movilidad de esta especie, los individuos se concentraron en primavera en el sector 1, en en invierno en el sector 2, y por último en verano en el sector 3. La detección de micromamíferos como el ratón andino, el ratón de hocico anaranjado y el ratón orejudo amarillento, aparecen en las épocas de invierno y verano en el sector 1, con abundancias no mayor a tres indviduos.Cabe mencionar la presencia de cuevas activas de tuco-tuco de Atacama en los tres sectores en época de primavera, para luego encontrar cuevas inactivas en los sectores 2 y 3 durante el invierno. En relación a los carnívoros, se destaca la presencia indirecta (fecas) de un felino (no identificado) durante verano en el sector 3, y del zorro culpeo en la mayoría de las campañas y sectores, sólo registrándose un individuo en la campaña de primavera en el sector 2 (Tabla 2-14).

Respecto a los anuros, sólo se detectó una especie durante la campaña de verano, correspondiente al sapo espinoso. Se visualizaron cinco indivduos en el sector 2 del salar de Aguas Calientes I (Tabla 2-14).

En relación a los reptiles, sólo se identificó la presencia de una especie correspondiente a la lagartija andina, detectándose dos individuos en el sector 2 durante la campaña de primavera y verano, y siete ejemplares durante la estación de verano en el sector 2 (Tabla 2-14).
En cuanto al estado de conservación de las especies detectadas en el Salar de Aguas Calientes I, la Tabla 2-15 muestra las especies que se encontraron categorizadas según legislación nacional vigente. Las especies en categoría de amenaza, es decir, En Peligro o Vulnerable, corresponden a cuatro especies de aves (flamenco chileno, parina chica, parina grande, gaviota andina) y dos especies de mamíferos (vicuña y tuco-tuco de Atacama).

Folio006999

Tabla 2-15 Especiesde vertebrados detectadas durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el salar de Aguas Calientes I, según origen, estado de conservación y legislación nacional vigente.

Nombre científico	Nombre común	Origen	Estado de Conservación	Documento de referencia
Clase Amphibia				
Bufonidae				
Rhinella spinulosa	Sapo espinoso	Nativo	Preocupación Menor	DS 41/2011 MMA
Clase Ave				
Phoenicopteridae				
Phoenicopterus chilensis	Flamenco chileno	Nativo	Vulnerable	DS 5/1998 MINAGRI
Phoenicoparrus jamesi	Parina chica	Nativo	Vulnerable	DS 5/1998 MINAGRI
Phoenicoparrus andinus	Parina grande	Nativo	Vulnerable	DS 38/2015 MMA
Laridae				
Chroicocephalus serranus	Gaviota andina	Nativo	Vulnerable	DS 5/1998 MINAGRI
Anatidae				
Oressochen melanopterus	Piuquén	Nativo	Preocupación Menor	DS 16/2016 MMA
Clase Mammalia				
Ctenomyidae				
Ctenomys fulvus	Tuco-tuco de Atacama	Nativo	Vulnerable	DS 5/1998 MINAGRI
Camelidae				
Vicugna vicugna	Vicuña	Nativo	En Peligro	DS 5/1998 MINAGRI
Canidae				
Lycalopex culpaeus	Zorro culpeo	Nativo	Preocupación menor	DS 33/2012 MMA

2.2.3.8 Flujo de gases de efecto invernadero (GEI)

Los datos que a continuación se presentan corresponden a mediciones del flujo de gas (CO_2 y CH_4) en la superficie de cada matriz. Estos valores varian ampliamente en cuanto a magnitud y sentido (positivo o negativo) por lo cual cabe aclarar el significado quimico-biológico que subyace a los resultados y las diferencias espaciales y temporales observadas de forma de comprender en contexto las conclusiones.

En primer lugar es necesario considerar que el flujo de cada gas corresponde a la variacion de la concentración en el periodo de tiempo que dura la medición. Por esto, si la concentración disminuye en el tiempo, el flujo es negativo (flujo < 0), lo que implica que la matriz (suelo/agua) esta absorbiendo gas desde el aire. De forma opuesta, si la concentración aumenta durante la medición, el flujo tendrá un valor positivo (flujo > 0), lo que significa que la matriz estará emitiendo gas hacia el aire. Esta absorción o emisión ocurre debido a distintos procesos, dependiendo del gas y de la matriz implicadas, los que se resumen en Tabla 2-16 y Figura 2-28.

Estos procesos para el caso del CO_2 son: la fotosíntesis, la cual consiste en la fijación de CO_2 atmosferico en forma de biomasa al cuerpo de la planta (planta superior o algas) lo cual se observa como una disminución del contenido del gas dentro de la cámara (flujo 1 en Figura 2-28, A y B). Cabe destacar que este proceso se relaciona directamente con la vigorosidad de la vegetación y la presencia de condiciones aptas de luminosidad y temperatura.

Por otra parte, los procesos que generan un aumento de la concentración del CO_2 en la cámara son la respiración celular de los organismos fotosintéticos (respiración autotrófica) y los no fotosintéticos (respiración heterotrófica), pues producto de su metabolismo, emiten CO_2 (flujo 2 en Figura 2-28, A y B). El otro proceso que afecta este gas es el que ocurre en la matríz acuática y esta relacionado con el equilibrio del CO_2 disuelto en agua (flujo 6 en Figura 2-28-B), cuando las condiciones de pH del agua (principalmente) cambian (acidificación o alcalinización), el cambio en el equilibrio de las especies carbonadas del agua (Ácido carbónico, Bicarbonatos y carbonatos) puede generar emisión o absorción de CO_2 de origen abiótico (Tabla 2-16 y Figura 2-28).

En lo que se refiere a los procesos que influyen en la variacion de la concentración del CH_4 dentro de la cámara, y de esta forma en el sentido del flujo (por emisión o absorción del gas), es reconocida como la única vía de generación de CH_4, la descomposición de la materia orgánica por parte de las bacterias metanogénicas (Tabla 2-16), que entre los productos del metabolismo generan CH_4 (flujo 5 en Figura 2-28, A y B). En cambio, las vías mediante las cuales el CH_4 es absorbido desde el aire hacia el suelo son: metabolismo de las bacterias metanotróficas que oxidan CH_4 para su metabolismo (lo convierten en CO_2 y agua) (flujo 3 en Figura 2-28-A) y la fotooxidación del gas que se encuentra en contacto el aire y la luz solar (reacción fotoquímica con radicales libres presentes en el aire) (flujo 4 en Figura 2-28, A y B).

Tabla 2-16. Principales procesos que generan el intercambio de GEI en la superficie del suelo y del agua.

Gas	Efecto	Sentido del flujo	Proceso	Matriz	Agente
CO_2	Disminuye la concentración en la cámara	Negativo (<0)	Fotosíntesis	Suelo y agua	Plantas y microorganismos fotosintéticos
	Aumenta la concentración en la cámara	Positivo (>0)	Respiración celular autotrófica	Suelo y agua	Plantas y microorganismos fotosintéticos
			Respiración celular heterotrófica	Suelo	Organismos del suelo y bacterias no fotosintéticas
			Solubilidad del CO_2 en solución acuosa	Agua	Equilibrio de especies que contienen CO_2 en agua en función del pH (principalmente)
CH_4	Disminuye la concentración en la cámara	Negativo (<0)	Consumo	Suelo y agua	Bacterias metanotróficas
			Fotooxidación	Suelo y agua	Luz solar
	Aumenta la concentración en la cámara	Positivo (>0)	Descomposicion de Materia orgánica	Suelo y agua	Bacterias metanogénicas

Luego de la descripción de cada uno de los procesos implicados en la dinámica de los GEI para las distintas matrices se debe comprender que el flujo medido corresponde a la resultante del desarrollo de todos estos procesos a la vez, y por ende el valor cuantificado viene a representar el “intercambio neto” del gas entre la matriz y el aire contenido en la cámara. Por ejemplo, si el valor del flujo resulta positivo implica que los procesos que aumentan la concentración del gas en el aire estan ocurriendo a una tasa mayor que los procesos que absorben el gas hacia la matriz. Por el contrario, si el flujo calculado fuese negativo, esto implicaría que los procesos que absorben el gas desde el aire hacia la matriz se estan desarrollando a una tasa mayor que aquellos procesos que emiten el gas hacia el aire.

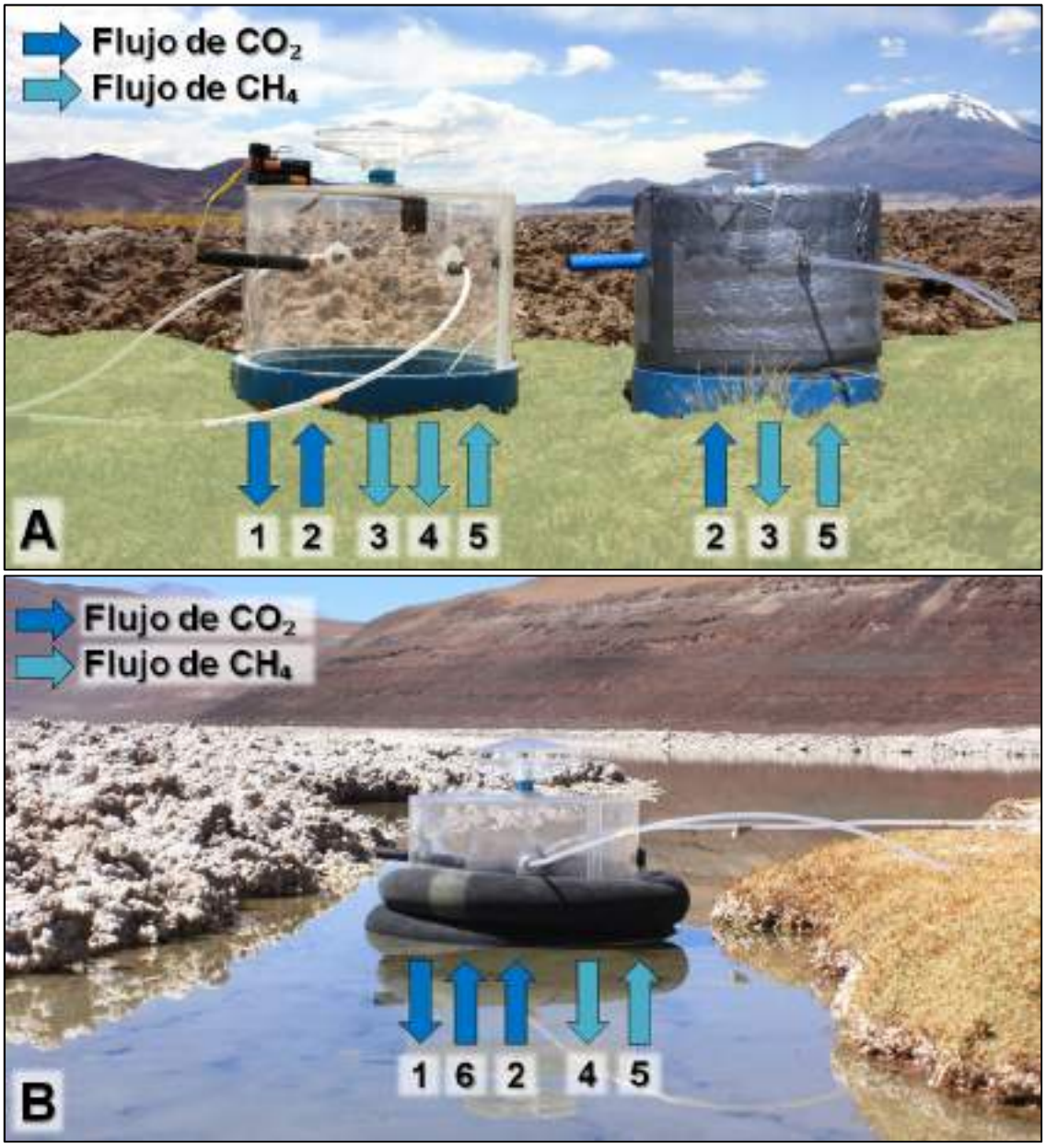


Figura 2-28. Esquema de medición de flujos superficiales de CO_2 y CH_4 con distintas cámaras terrestres (A) y en matríz acuática (B). Absorción de CO_2 por fotosíntesis (1), emisión de CO_2 por respiración (2), emisión de CO_2 por dinámica de disolución en agua (6), absorción de CH_4 por bacterias (3), consumo de CH_4 por fotooxidación (4) y emisión de CH_4 por descomposición de materia orgánica (5).

Folio007003

La zona de estudio del flujo superficial de GEI en el Salar de Aguas Calientes I abarcó formaciones representativas de un área de canales ubicada en una zona intermedia entre la surgencia del agua (cabecera de la vertiente), y las lagunas terminales, permanente y de evaporación del salar (**Figura 2-29**).

Figura 2-29. Monitoreo de GEI en distintas matrices terrestes en Salar de Aguas Calientes I, arriba durante primavera de 2015 y abajo en verano de 2017.

En la zona se distribuyeron 4 sitios de medición, ubicándose 3 anillos en la matriz suelo y 1 zona acuática. La ubicación y datos geográficos de los puntos de monitoreo se presentan en Figura 2-30 y en Tabla 2-17.

Folio007004

Tabla 2-17. Puntos de monitoreo de gases en matrices terrestre y acuática en salar de Aguas Calientes I.

Sector de estudio	Puntos de muestreo	Coordenadas (UTM, WGS84, Huso 19K)		
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (msnm)
Salar Aguas Calientes	ACA-1	664057	7445772	4231
	ACA-2	664057	7445773	4231
	ACA-3	664059	7445772	4231
	ACA – Acuática	664060	7445771	4230

Figura 2-30. Ubicación de puntos de monitoreo de gases de efecto invernadero en Salar de Aguas Calientes I. Derecha, vista completa del ecosistema e izquierda, zona ampliada del área estudiada (imagen satelital de Google Earth, 2016).

- **Punto ACA – 1**

En este sitio de medición la matriz se compone de pequeños parches de vegetación verde de una altura promedio de 1 cm, que en total abarcaron aproximadamente la cuarta parte del anillo (Figura 2-31-A). El sustrato fue principalmente arenoso. Se encontró a aproximadamente a 1 m del agua y una pequeña parte del sustrato superficial se observó con sal.

- Punto ACA – 2

Este sitio se emplazó sobre un parche con un individuo de *Deyeuxia sp*. (probablemente *D. deserticola*) en forma de champa que abarcó aproximadamente ¾ de la superficie del anillo, el resto de superficie fue sustrato seco, blando y arenoso con leves signos de salinización (Figura 2-31-B). La altura promedio de la vegetación en el anillo fue de 10 cm. Este anillo también se ubicó a 1 metro del borde del agua.

- Punto ACA – 3

Este punto de monitoreo se situó sobre un "cojín" formado por individuos de *Oxychloe sp*. (probablemente *O. andina*). El sitio, cubierto en un 100% de vegetación de 3 cm de altura promedio, estaba ubicado dentro del curso de agua en una zona de "islotes" (Figura 2-31-C).

- **Estación acuática (ACA – Acuática)**

La zona acuática sobre la cual se realizaron las mediciones correspondió a una zona de canales entre parches de vegetación en forma de cojines. El sitio presentó un altura de columna de agua de entre 30 cm (primavera 2015) y 20 cm (invierno 2016), durante verano (2017) solo se registraron 1 a 2 cm, por lo que no se realizó la medición en matriz acuática (Figura 2-31-D). Se observó un fondo fangoso de color pardo con vegetación sumergida de color marrón y verde. Además se observó burbujeo esporádico desde los sedimentos, probablemente de metano (CH_4).

Figura 2-31 Vista de los sitios de medición de gases en el Salar de Aguas Calientes I (en octubre 2015). A) ACA – 1, B) ACA – 2, C) ACA – 3, D) ACA – Acuática.

a) Flujos en matríz terrestre

- **ACA – 1**

El flujo superficial de dióxido de carbono (CO_2) en este sitio fue positivo en todas las campañas y, en promedio, la emisión fue de 4347 ± 6018 mg/m^{2}d, oscilando entre un mínimo de 843 mg/m^{2}d durante invierno y un máximo de 11296 mg/m^{2}d registrado en verano (Tabla 2-18 y Figura 2-32-A).
En lo que respecta al flujo superficial de Metano (CH_4) en este sitio, fue muy bajo durante todas las campañas, en promedio -0.05 ± 0.21 mg/m^{2}d, variando entre una escasa absorción de -0.24 mg/m^{2}d en primavera y una casi nula emisión de 0.18 mg/m^{2}d durante el invierno (Tabla 2-18 y Figura 2-32-B).

- **ACA – 2**

El flujo de dióxido de carbono en este punto de monitoreo fue negativo en promedio de las campañas, con un valor de -4618 ± 6735 mg/m^{2}d, variando entre una alta tasa de absorción durante verano de -12301 mg/m^{2}d y emisión de 266 mg/m^{2}d registrada en invierno (Tabla 2-18 y Figura 2-32-A).
Por otra parte, el flujo de metano en este sitio, fue muy bajo durante todas las campañas, con una baja absorción promedio de -0.18 ± 0.50 mg/m^{2}d, la cual varió entre una casi nula absorción de -0.02 mg/m^{2}d en invierno y una pequeña emisión de 0.22 mg/m^{2}d durante el verano (Tabla 2-18 y Figura 2-32-B).

- **ACA – 3**

El flujo superficial de dióxido de carbono en este sitio fue alto en todas las campañas con absorción y emisión, en promedio fue absorción de -9428 ± 16024 mg/m^{2}d, oscilando entre absorción de -27497 mg/m^{2}d durante el verano y emisión de 3059 mg/m^{2}d registrado en invierno (Tabla 2-18 y Figura 2-32-A).
En lo que respecta al flujo superficial de Metano (CH_4) en este sitio, se registró el mayor flujo de la matriz terrestre, en promedio de 43.05 ± 61.03 mg/m^{2}d, variando entre una emisión de 4.28 mg/m^{2}d en primavera y una muy alta emisión de 113.39 mg/m^{2}d durante el verano (Tabla 2-18 y Figura 2-32-B).

b) Flujos en matríz acuática

En la matriz acuática los flujos solo pudieron ser cuantificados durante primavera e invierno ya que en la estación de verano la altura de la comuna de agua en el sitio de muestreo no fue suficiente para ejecutar la medición.

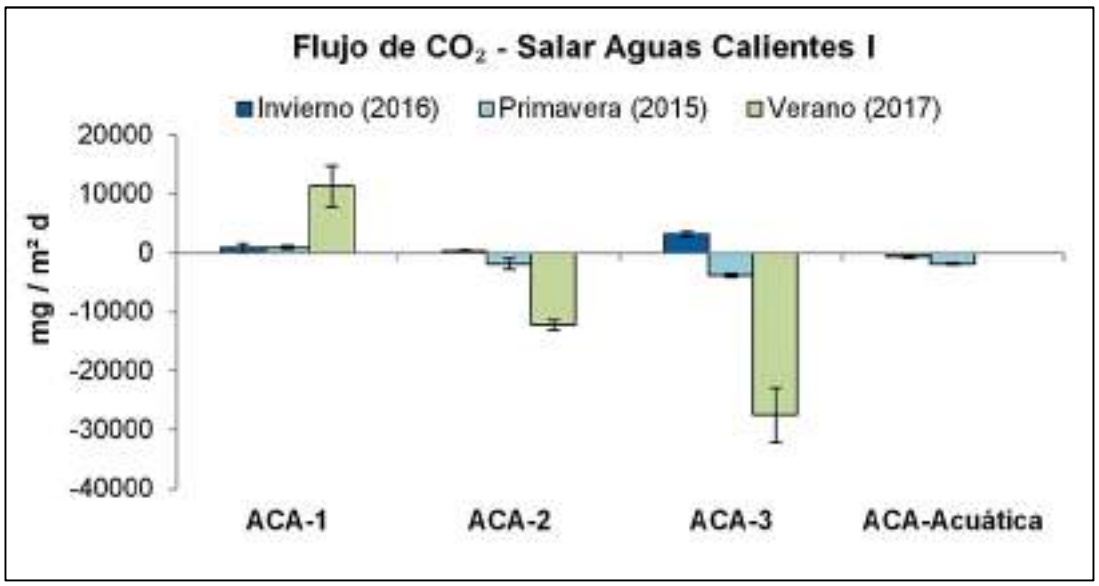
El flujo superficial de CO_2 en la matriz acuática fue negativo en los dos monitoreos y en promedio fue de -1177 ± 843 mg/m^{2}d, variando entre un mínimo de absorción -581 mg/m^{2}d registrado en invierno y un máximo de absorción de -1772 mg/m^{2}d medido en primavera (Figura 2-32-A y Tabla 2-18).
Por otra parte, el flujo superficial de CH_4 fue positivo y alto, así la emisión promedio fue de 15.52 ± 7.01 mg/m^{2}d, variando entre 10.56 mg/m^{2}d en invierno y 20.47 mg/m^{2}d registrado en primavera (Figura 2-32-B y Tabla 2-18).

Folio007007

Tabla 2-18. Flujo superficial de CO_2 y CH_4 registrado en los puntos de monitoreo emplazados en el Salar de Aguas Calientes I, durante las campañas 2015, 2016 y 2017.

Monitoreo		Flujo CO_2		Flujo CH_4	
Estación	**Punto**	mg/m² x d	Promedio ± DS	mg/m² x d	Promedio ± DS
Primavera (2015)	ACA-1	901 ± 252	**-1634 ± 1947**	-0,24 ± 0,35	**5,94 ± 9,94**
	ACA-2	-1820 ± 884		-0,74 ± 0,55	
	ACA-3	-3847 ± 353		4,28 ± 1,72	
	ACA-Acuática	-1772 ± 190		20,47 ± 6,08	
Invierno (2016)	ACA-1	843 ± 746	**897 ± 1556**	0,18 ± 0,36	**5,46 ± 6,43**
	ACA-2	266 ± 233		-0,02 ± 0,11	
	ACA-3	3059 ± 444		11,47 ± 1,38	
	ACA-Acuática	-581 ± 387		10,56 ± 5,85	
Verano (2017)	ACA-1	11296 ± 3517	**-9501 ± 19548**	-0,08 ± 0,13	**37,70 ± 65,55**
	ACA-2	-12301 ± 852		0,22 ± 0,38	
	ACA-3	-27497 ± 4607		113,39 ± 7,02	
	ACA-Acuática	-		-	
Promedios	**ACA-1**	**4347 ± 6018**	**-5294 ± 7041**	**-0,05 ± 0,21**	**14,59 ± 20,36**
	ACA-2	**-4618 ± 6735**		**-0,18 ± 0,50**	
	ACA-3	**-9428 ± 16024**		**43,05 ± 61,03**	
	ACA-Acuática	**-1177 ± 842**		**15,52 ± 7,01**	

A



B

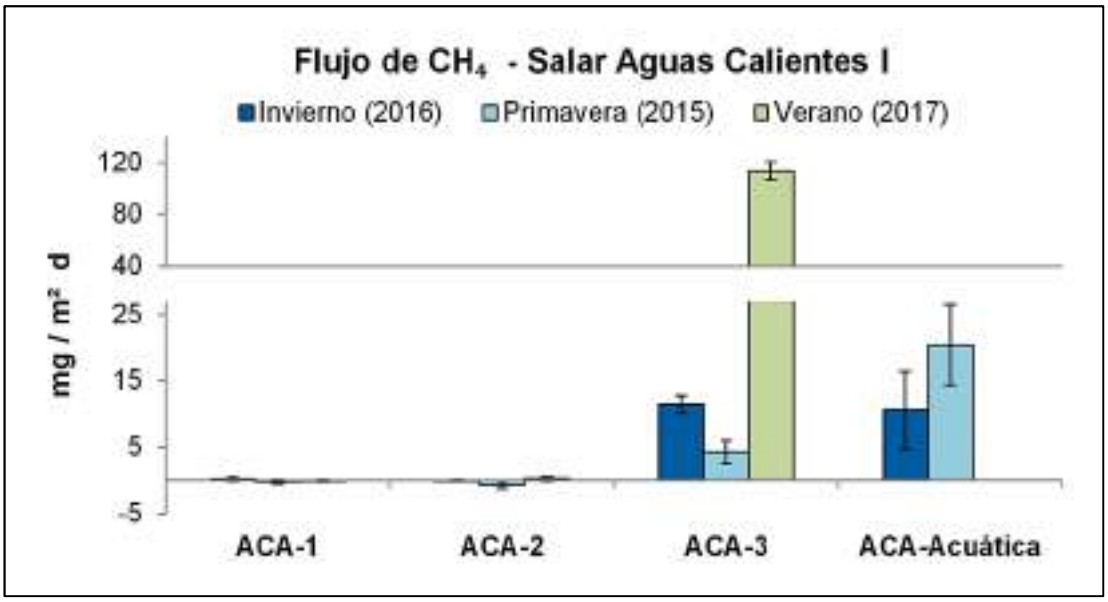


Figura 2-32. Flujo superficial de GEI en Salar de Aguas Calientes I. A) Flujo de CO_2 por punto de muestreo. B) Flujo de CH_4 por punto de muestreo. Las barras de error representan la desviación estándar.

Folio007009

c) Estimación de flujos en escala espacial

En base a la información obtenida del análisis de imágenes hiperespectrales (cálculo de NDVI y NWI) y de las observaciones realizadas en terreno, se seleccionaron diferentes categorías de superficie de suelo, de tal manera de poder realizar un cálculo estimativo del aporte de cada matriz estudiada, extrapolando el flujo de gas (tasa espacio – temporal) de cada área representada y así obtener la tasa de intercambio de gas del sistema completo.

Para este análisis se atribuyó a cada punto de monitoreo una categoría en base a la ubicación geográfica de dicho punto y a la clasificación asistida de la imagen hiperespectral. De esta forma al punto de monitoreo ACA-1 se atribuyó el carácter de *Suelo Desnudo* (arena o sal), ACA-2 fue considerado como *Vegetación Media Vigorosa*, ACA-3 como *Vegetación Altamente Vigorosa* y ACA-Acuática como *Agua* (Tabla 2-19).
Una vez estimadas las áreas ya clasificadas se procedió a multiplicar el factor de superficie por el flujo de cada gas obtenido en cada punto de monitoreo.

De los cálculos se estimó que el ecosistema terrestre del Salar de Aguas Calientes I fijó diariamente 751 Ton de CO_2 en primavera (2015) y 887 en verano (2017) (Tabla 2-19) y varió entre 1.16 Ton de CH_4 absorbidas en primavera y 33.21 Ton emitidas en verano (**Tabla 2-20**). En el ecosistema acuático sólo se pudo determinar los flujos totales durante la primavera (2015), con absorción de 5299 Ton de CO_2 por día (Tabla 2-19) y emisión de 56.02 Ton de CH_4 (Tabla 2-20).

Debe ser considerado que las mediciones de flujo de gases realizadas en el salar no fueron lo suficientemente representativos para caracterizar temporalmente la dinámica del CO_2 y el CH_4, por lo que este análisis cualitativo no representa el aporte real del sistema en las condiciones observadas.

Tabla 2-19. Estimación del flujo total de CO_2 desde el Salar de Aguas Calientes I.

Cobertura	Superficie (m^2)		Sitio representativo	Flujo CO_2 (mg/m²d)			
	Primavera (2015)	Verano (2017)		Primavera	Verano	Total (Ton/d)	
						Primavera	Verano
Vegetación Poco Vigorosa	2638647	1113507	ACA-1	901	11296	2377	12578
Vegetación Media Vigorosa	1451483	440100	ACA-2	-1820	-12301	-2642	-5414
Vegetación Altamente Vigorosa	126329	292800	ACA-3	-3847	-27497	-486	-8051
Agua	3023048	4688100	ACA-Acuática	-1753	-	-5299	-
TOTAL	**7239507**	**6534507**				**-6050**	**-887**

Folio007010

Tabla 2-20. Estimación del flujo total de CH_4 desde el Salar de Aguas Calientes I.

Cobertura	Superficie (m^2)		Sitio representativo	Flujo CH_4 (mg/m^2d)			
	Primavera (2015)	Verano (2017)		Primavera	Verano	Total (Ton/d)	
						Primavera	Verano
Vegetación Poco Vigorosa	2638647	1113507	CAR-1	-0,24	-0,08	-0,63	-0,09
Vegetación Media Vigorosa	1451483	440100	CAR-2	-0,74	0,22	-1,07	0,10
Vegetación Altamente Vigorosa	126329	292800	CAR-3	4,28	113,39	0,54	33,20
Agua	3023048	4688100	CAR-Acuática	18,53	-	56,02	-
TOTAL	**7239507**	**6534507**				**54,85**	**33,21**

d) Comportamiento estacional de los flujos de GEI

En términos de la tasa intercambio gaseoso medido en los puntos de monitoreo emplazados en la matriz terrestre del Salar de Aguas Calientes I y como promedio de dicha matriz pudo observarse que, en lo que se refiere al flujo de CO_2, durante invierno el ecosistema fue "Emisor" (fuente) y durante primavera y verano el comportamiento cambió a "Captador" (sumidero), siendo mayor su capacidad en verano (Tabla 2-21 y Figura 2-36-A). En lo que respecta al flujo de CH_4 en la matriz terrestre, el comportamiento fue "Emisor" (fuente) durante las tres estaciones siendo también mayor en verano y mínimo en primavera (Tabla 2-21 y Figura 2-36-B).

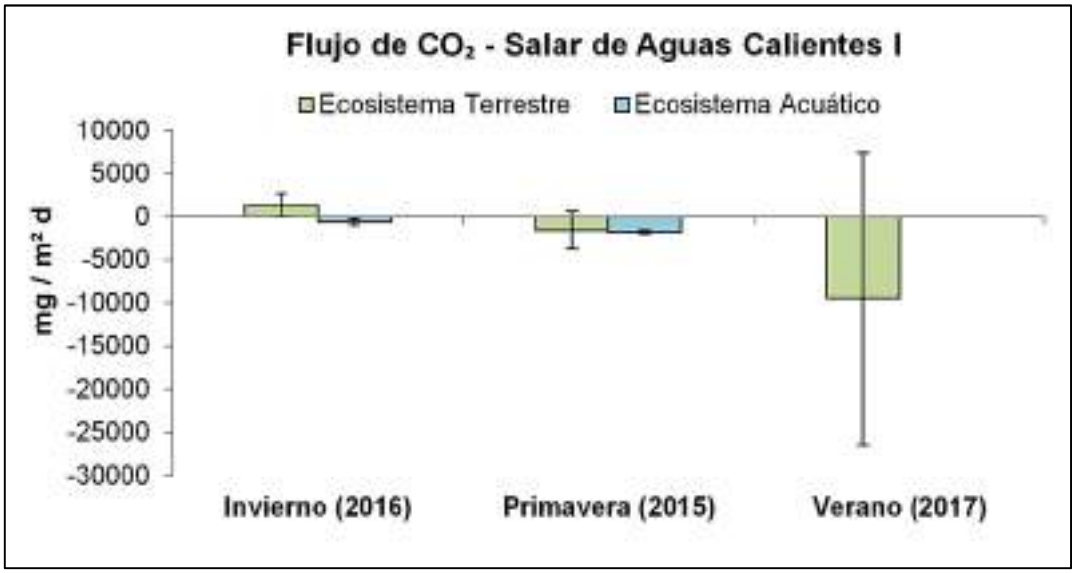
Por otro lado, en el ecosistema acuático del salar y como promedio pudo observarse que, en lo que se refiere al flujo de CO_2, durante invierno y primavera el ecosistema fue "Captador" siendo mayor su capacidad en primavera (Tabla 2-21 y Figura 2-36-A). En lo que respecta al flujo de CH_4 en la matriz acuática, el comportamiento fue el mismo, siendo Emisor durante las dos estaciones cuando se pudo medir, siendo mayor en primavera que en invierno (Tabla 2-21 y Figura 2-36-B).

Folio007011

Tabla 2-21. Variación entre monitoreos del carácter emisor/captador de GEI de los ecosistemas presentes en el Salar de Aguas Calientes I.

Gas	Ecosistema	Flujos	Invierno (2016)	Primavera (2015)	Verano (2017)
CO_2	Terrestre	Flujo promedio	1389	-1589	-9501
		Carácter	**Emisor**	**Captador**	**Captador**
	Acuático	Flujo promedio	-581	-1772	-
		Carácter	**Captador**	**Captador**	**-**
CH_4	Terrestre	Flujo promedio	3,88	1,18	56,77
		Carácter	**Emisor**	**Emisor**	**Emisor**
	Acuático	Flujo promedio	10,56	20,47	-
		Carácter	**Emisor**	**Emisor**	**-**

A



B

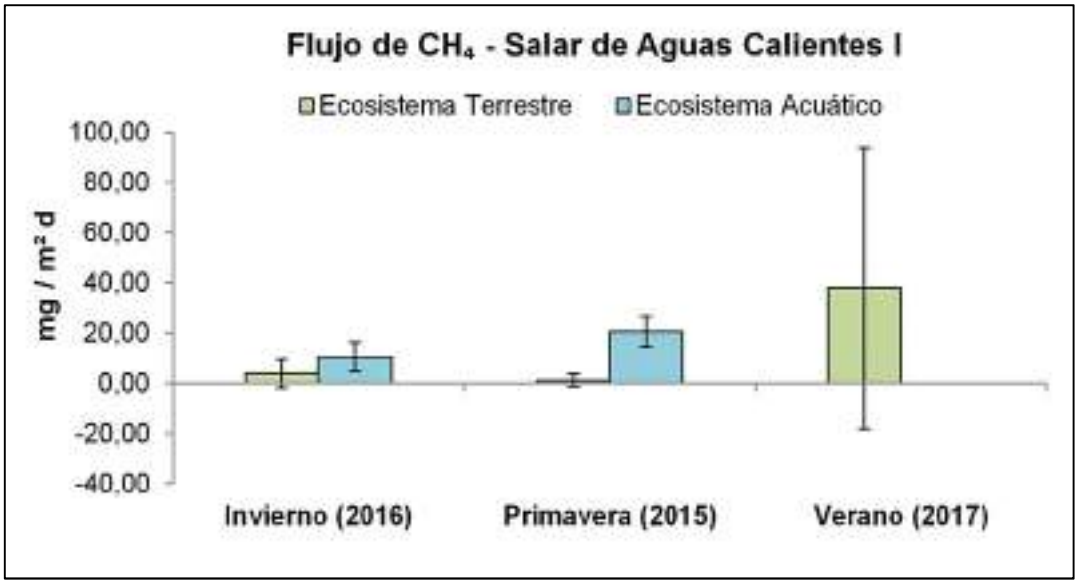


Figura 2-33. Flujo superficial de CH_4 en Salar de Aguas Calientes I. A) Flujo promedio de CO_2 por campaña de muestreo. B) Flujo promedio de CH_4 por campaña de muestreo. Las barras de error representan la desviación estándar.

Folio007013

2.2.3.9 Conclusiones

En el caso de los Salares la inclusión de agua dentro del sistema puede ocurrir de diversas formas, tales como la precipitación directa, la escorrentía superficial producto de la absorción de la humedad del aire y que a su vez se transporta de manera subterránea y da origen a afloramientos en las zonas bajas de la cuenca (Stoertz y Ericksen, 1974). En el caso particular del Salar de Aguas Calientes I su cuenca hidrográfica abarca alrededor de 476 Km^2 en la cual han sido reportados distintos afloramientos en distintos lugares (Risacher *et al*., 1999). Asimismo, esta zona está sujeta a factores como los fuertes vientos que transportan aire seco y de densidad reducida, temperaturas bajas y un régimen de precipitaciones mayores durante los meses de diciembre a Marzo (Stoertz y Ericksen, 1974, Emk *et al.,* 2006). En este contexto, los resultados obtenidos en sobre incremento de 51% de superficies identificadas espectralmente como agua guardan estrecha relación con una mayor incidencia de las lluvias, considerando que la captura de las imágenes hiperespectrales se efectuó en verano. Por su parte, los períodos primaverales, en los que se tomaron las imágenes del 2015, están marcados por lluvias menores, por lo que la acumulación de agua en las zonas más bajas, y específicamente en este salar pudo ser menor.

Los resultados evidenciaron además que para la campaña correspondiente al verano de 2017 hubo un incremento de la cobertura vegetal respecto a los levantamientos realizados en primavera del 2015. Lo que pudiera estar vinculado también a mejor respuesta de recuperación ante períodos de lluvia mayores durante el verano. En este sentido, los acomodamientos de las unidades vegetales en este tipo de ambientes áridos presentan una distribución discreta, la que se restringe a aquellos sectores con mayor disponibilidad de agua libre superficial en los márgenes del salar, asociadas además a lugares de afloramiento subterraneo de aguas (Minagri, 2005). Es por ello, que en la Figura 4.1 se observa que la vegetación en este salar para ambas campañas se distribuye mayormente en la zona norte del salar.

Asimismo, se evidenció una mayor representación de las clases de $NDVI_{705}$ altas y medias para el verano de 2017 comparadas con los valores registrados en la primavera del 2015, mientras que para este último año mencionado la clase de NDVI bajo fue mayor. Lo que permite inferir que la vegetación en el salar se va recuperando a medida que se avanza hacia el verano, mostrado para el caso del área de estudio por el cambio de la categoría de menor vigorosidad a vigorosidades medias y altas en este indicador.

Respecto a la calidad de las aguas, éstas fueron clasificadas desde neutras a moderadamente alcalinas, según la clasificación de Hounslow (1995), con una composición iónica claramente dominada por cloruro y sodio, característica acorde a estudios previos (Risacher *et al.*, 1999) y concentraciones de sólidos disueltos que clasificaron las aguas desde hiposalinas a hipersalinas (Davis, 2003). Los metales de mayor abundancia en las aguas fueron boro, litio, estroncio y arsénico, cuya presencia es propia de sistemas geológicos ricos en minerales (Romero *et al.*, 2003, Oyarzún *et al.*, 2004), Las concentraciones de arsénico registradas en la presente periodo, estuvieron dentro de los rangos de concentraciones descritos en estudios previos en las aguas del salar (Risacher *et al.*, 1999). Desde el punto de vista espacial, las características de las aguas fueron diferentes en cada uno de los sectores evaluados. De esta manera se observaron menores valores de conductividad eléctrica en el sector de la vega-vertiente (punto de surgencia), las que aumentaron con dirección a la laguna de evaporación, lo

cual refleja un mayor contenido de iones disueltos en éste último sector, atribuidos a las mayores concentraciones de cloruro, potasio, magnesio, nutrientes en general y metales como arsénico, bario, cobalto, cobre, boro, litio, estroncio, entre otros. Temporalmente, este comportamiento se mantuvo en las diferentes campañas realizadas, dando clara evidencia del comportamiento del sistema, lo cual fue acentuado en la última campaña realizada en verano 2017, donde las concentraciones de los diferentes parámetros mencionados fueron superiores en relación a campañas anteriores (invierno y primavera), posiblemente atribuido a las mayores temperaturas, lo que ocasiona un aumento en las evaporación del aguas y por ende una mayor concentración de sustancias disueltas (Ahumada *et al.,* 2011). En esta última campaña también se evidenció una menor concentración de oxígeno disuelto, comportamiento que estaría directamente relacionado con la mayor concentración de sales, las que disminuyen la capacidad de retener oxígeno disuelto en el agua, además de otras variables como una menor temperatura, y la posible baja difusión de oxígeno en altura (Roldan *et al.,* 2008).

Los componentes de la Biota Acuática presentaron valores heterogéneos tanto en riquezas como en abundancias para las campañas de sucesivas de Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017, además de presentar una tendencia irregular entre los puntos de muestreo en las diferentes campañas, esto podría estar dado por la morfología superficial del salar de Aguas Calientes I que es prácticamente plana, aunque un ligero basculamiento hacia el oeste condiciona que las aguas que acceden al mismo, discurran y se acumulen en su margen occidental (Gárcez y Alvarez, 2016).

Respecto a las microalgas bentónicas registraron los mayores valores de abundancias en la campaña de invierno (Agosto) y las mínimas en primavera (Octubre), ambos fueron en el punto ACA-3. Por su parte, la abundancia relativa demostró que en el Salar de Aguas Calientes I dominaron distintas especies, destacando los géneros *Halamphora sp*., *Nitzschia spp*., y *Cocconeis spp.*

La intensa actividad volcánica que caracteriza este área ha favorecido el enriquecimiento en fosfatos y sulfatos de los cuerpos de agua (MÜHLHAUSER et al., 1995), los cuales poseen una flora algal formada en gran parte por diatomeas (ILTIS et al., 1984; SERVANT-VILDARY, 1984). Por otro lado, las condiciones extremas de estos ambientes de elevada altura geográfica, con una intensa radiación solar, fluctuaciones diarias y baja temperatura media de las aguas, parecen ser factores desfavorables para el desarrollo algal (ILTIS et al., 1984). Es por ello que la diversidad diatomológica es baja en estos sistemas, presentando comunidades con pocas especies y alta dominancia de algunas de ellas (RAUTIO et al., 2000; ALVIAL et al., 2008)

Por su parte, el ensamble Fitoplanctónico presentó el máximo valor en Octubre, mientras que el mínimo se registró en el punto de muestreo en Marzo. En cuanto a la abundancia relativa, las especies dominantes en el Salar Aguas Caliente I fueron *Cocconeis euglypta*, *Navicula cryptotenella*, *Cocconeis placentula*, y se observó en forma recurrente a la diatomea *Pseudostaurosira brevistriata,* la cual se ha considerado una de las especies más dominantes en los ríos y lagunas de Chile.

En cuanto a la comunidad de Zooplancton la riqueza total registró su máximo en octubre y el mínimo en Agosto. En cuanto a la abundancia relativa, los resultados indicaron que dominaron los Copepodos y Amphipodos.

Folio007015

Los ensambles de macroinvertebrados bentónicos presentaron el máximo valor de abundancia total en la campaña de Agosto, mientras que el mínimo se observó en el punto ACA-2 donde en ninguna campaña se han registrado individuos. Por su parte, la abundancia relativa demostró que en el Salar de Aguas Calientes I destacan principalmente los Insectos de la familia Chironomidae, Limoniidae y los Amphipodos de la familia Hylalellidae, dentro de esta familia destaca el género *Hyalella* que es característico de aguas continentales subsalina de poca profundidad en el norte de Chile y Sudamérica (González 2003; De los Ríos *et al.* 2010).

La heterogeneidad de los datos en las diferentes campañas podría estar relacionado con la estacionalidad a la que se ven sometidos estos ecosistemas, dada en asociación a las variables fisicoquímicas del agua que se verían modificadas por las lluvias estivales, producto de la acción del proceso meteorológico que se conoce como invierno altiplánico, que genera dos condiciones contrastantes: un periodo húmedo de Diciembre a Marzo y un periodo seco el resto del año, que empujarían variaciones en la estructura y composición de la biota acuática (Márquez-García et al., 2009).

Dentro de la composición florística registrada al interior del humedal de Aguas Calientes I no se encontraron especies con origen fitogeográfico endémico, este resultado coincide con lo descrito por Teillier (2000), donde explica que este fenómeno podría deberse a la existencia de eventos de dispersión de larga distancia desde otros salares de Chile y Bolivia, mediados por la fauna (aves y camélidos). Esta situación de influencia limítrofe también podría afectar al humedal de Aguas Calientes. En términos de riqueza florística, muchas de las especies (*Festuca desertícola*, *Oxychloe andina, Puccinellia frigida,* entre otras) coincide la flora dominante registrada en otros estudios realizados en bofedales del norte de Chile (Biota, 2005; CIREN, 2010).

De acuerdo a la cobertura vegetal promedio por temporada, al comparar las últimas dos campañas de monitoreo (Invierno 2016 y Verano 2017) en las cuales se realizó el mismo número de transectos, es posible observar que durante la campaña de verano existe un mayor valor de cobertura vegetal, lo cual podría explicarse por la mayor concentración de los periodos de lluvia en el verano, periodo descrito como invierno altiplánico. Dicho fenómeno podría estar asociado a los cambios originados por variaciones en la precipitación (Ahumada et al., 2011), lo cual podría estar favoreciendo el crecimiento de las plantas durante este periodo.

En las 3 temporadas de monitoreo se registró un total de 15 especies de flora terrestre, de las cuales ninguna de estas se encontró bajo alguna categoría de conservación. En términos de cobertura vegetal de la vegetación terrestre, los valores promedio por temporada se mantuvieron en torno al 60%, con un 69,40% (Primavera 2015), 62,36% (Invierno 2016) y 67,62% (Verano 2017). La riqueza florística promedio registrada a lo largo de los transectos vegetacionales no mostró variaciones superiores a una unidad durante las campañas de monitoreo realizadas.

Se registró un total de 4 plantas acuáticas, las cuales no presentaron algún grado de amenaza para su conservación. En relación a la cobertura observada al interior de las parcelas de monitoreo estas varió en un rango entre 1,64% y 4,92%.

Folio007016

En el salar de Aguas Calientes I se registró un total de 42 especies de fauna vertebrada, correspondientes a un anfibio, 33 especies de aves, siete mamíferos, y un reptil. La avifauna se mostró como el grupo más diverso y abundante en las tres campañas realizadas. Las aves de hábitos acuáticos son las que dominan en este sistema, las que se asocian directamente con el curso de agua.

De las especies detectadas, el 14,3% se encuentra amenazada, es decir, categorizada en Peligro o Vulnerable por la legislación vigente. Estas especies corresponden al flamenco chileno, gaviota andina, parina chica, parina grande y tuco-tuco de Atacama catalogadas como Vulnerable, y la vicuña categorizada En Peligro

En relación a la estacionalidad, la época de verano muestra la mayor riqueza de fauna, mientras que en primavera se registra el menor valor.

En términos del comportamiento espacio temporal de los flujos de ambos gases de efecto invernadero en las distintas matrices de suelo estudiado pudieron observarse patrones temporales intradiarios y estacionales, así como un patrón espacial asociado a la cercanía del sitio al cuerpo de agua y a la presencia de vegetación.

Al considerar los resultados de las campañas de terreno distribuidas en épocas del año diferentes a lo largo de años consecutivos, como una aproximación al comportamiento global promedio del ecosistema desde el punto de vista de la dinámica del CO_2 y del CH_4 a través de un ciclo anual completo, puede inferirse que en la zona terrestre del Salar de Aguas Calientes I el CO_2 es absorbido a una tasa de 3233 ± 6991 mg/m^{2}d y el CH_4 es emitido a 14.27 ± 24.92 mg/m^{2}d. En el ecosistema acuático del salar el CO_2 es también absorbido a una tasa de -1177 ± 842 mg/m^{2}d y el CH_4 es emitido a 15.52 ± 7.01 mg/m^{2}d.

Para estimar el aporte global del sistema del Salar de Aguas Calientes I en términos de masa, los flujos se ponderaron por la superficie que cada matriz ocupa dentro del área total. Así, asumiendo que tanto la matriz terrestre como acuática se comportan de forma espacialmente homogénea en cuanto a su dinámica de GEI, puede inferirse que desde la superficie de la zona delimitada como el salar fluyen hacia el suelo entre 6050 toneladas de dióxido de carbono por día en primavera; y 887 toneladas por día en verano. En el caso del metano, el flujo espacial estimado es 54.85 toneladas de metano emitidas por día en primavera y 33.21 toneladas por día en verano (considerando que no fue medida la matriz acuática).

Folio007017

2.2.4 Caracterización Sistema Natural: Salar de Carcote

2.2.4.1 Antecedentes

El sistema Salar de Carcote, es un macro sistema que agrupa los sistemas vegetacionales de Cuchicha, Ojo Caliente, Caichape, Sapunta, Laguna del Leon, Calixto o Carcote y las lagunas correspondientes al salar. Su agrupación tiene un carácter de protegido ambientalmente (Área silvestre protegida 2010 – Ramsar), y está situado a 3700 m.s.n.m. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con poblados, a zonas de bebederos (salvo Ojo Caliente) y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica del cuerpo de agua en Alza, con una variabilidad positiva en hectáreas por año de 0,42% (rango de normalidad, -0,05 y 0,05), relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Del mismo modo, los sistemas vegetacionales presentes en el sector presentan tasas de variabilidad heterogéneas, las cuales están caracterizadas mayoritariamente por sistemas al alza, y las que pueden ser revisadas en el anexo B. en ámbitos de extracción de agua, el macro sistema promedia una extracción de 1.427,39 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota (agrupa el promedio de extracción en vegas y lagunas). En resumen, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de mayoritariamente estable, con la particularidad de los sistemas vegetacionales de Ojo Caliente y Caichape, los cuales obtuvieron la categoría de inestabilidad.

2.2.4.2 Superficie espejo de agua y cobertura vegetacional

La superficie del espejo de agua en marzo de 2017 fue de 128,53 ha, sugiriendo un incremento del 21% (21 ha) respecto a lo registrado en noviembre 2015, la cual fue de 106,55 Ha (Tabla 2-22). Se determinó además, en marzo de 2017 la aparición de un área de 0,17 ha de macrófitas emergentes (Figura 2-34).

Tabla 2-22 Superficie espejo de agua y macrófitas en el Salar de Carcote (2015-2017).

Fecha	Superficie Total	Agua (ha)	Agua con vegetación sumergida o flotante(Ha)
nov-15	106,55	106,55	-
mar-17	128,53	128,37	0,17

Folio007018

Figura 2-34 Comparación de las coberturas en el espejo de agua por clases para Carcote, noviembre 2015 – marzo 2017.

Respecto a la distribución espacial se observó que la concentración de los cuerpos de agua se limitó a la zona de borde del salar, de forma dispersa en sector oeste y suroeste, orillas centrales y en la sección noreste. Se detectaron zonas de inundación de menor tamaño hacia sureste del salar (Figura 2-35).

La superposición de las capas de la superficie de agua entre ambas temporadas mostró que para primavera 2015 existió una zona de gran tamaño en el sector suroeste, observado también en esta misma sección algunas zonas de menor tamaño en la periferia del salar. Asimismo, se evidenció la existencia de cuerpos de aguas de menor tamaño en la zona central y hacia la zona sureste, lo que resulta contrastante con lo observado en marzo de 2017 donde la mayor cantidad de las zonas de inundación se localizaron cercano a las orillas de la sección norte en dirección suroeste-noreste.

Folio007019

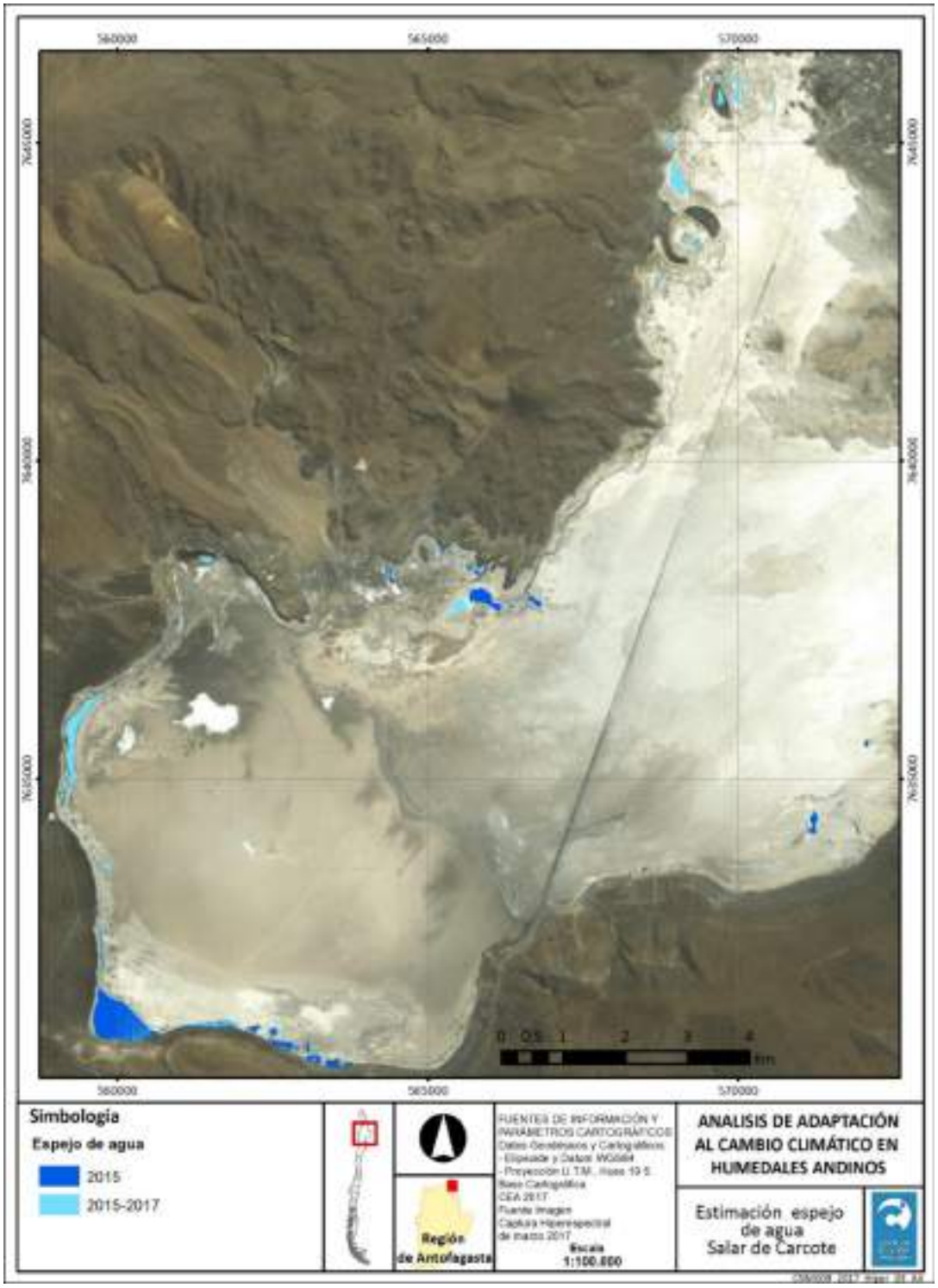


Figura 2-35 Distribución del espejo de agua en Salar de Carcote, noviembre 2015 y marzo 2017.

Folio007020

En consideración a los resultados del análisis de vegetación mediante el NDV_{I705} para este salar, se puede mencionar que el área calculada para marzo de 2017 fue de 95.56 ha, representando un incremento de la vegetación del 12% (10,39 ha) respecto a primavera del 2015, en la cual se determinó una cobertura vegetal de 85,19 ha.

La Figura 2-36 permite evidenciar que para la presente campaña la mayor cantidad por lejos de área la obtuvo la vegetación de vigorosidad baja de $NDVI_{705}$, con 78,06 Ha (92%), mientras que la vegetación de vigorosidad media registró una superficie de 5,22 Ha (6%) y por su parte la vigorosidad baja presentó un área de 1.91 Ha (2%).

En comparación a los resultados del 2015 se mantiene la dominancia absoluta de las categorías bajas de $NDVI_{705}$, observándose además una proporción similar en las coberturas vegetales de valores medios y altos entre ambas campañas.

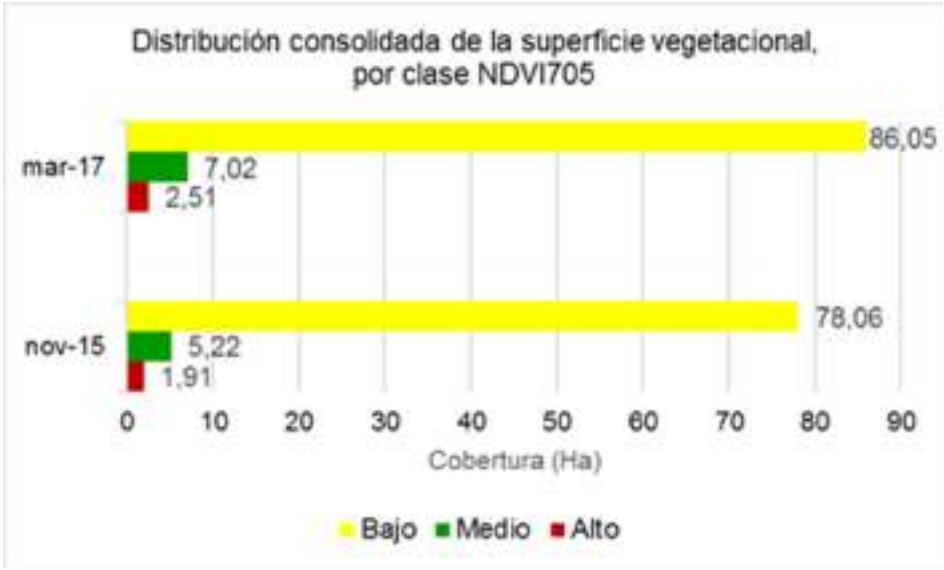


Figura 2-36 Distribución y comportamiento de la vegetación, Sector Salar de Carcote, noviembre 2015 y marzo 2017.

Por otro lado, el análisis espacial de la vegetación mostró que la vegetación se encontró restringida en la las secciones suroeste y noreste, en disposición a las orillas del salar. Las zonas me mayor agregación de clase media y alta localizaron en una zona de afloramiento de aguas subterráneas, las cuales representan una fuente hídrica que sustentan a gran parte de la vegetación existente en dicho sector Figura 2-37

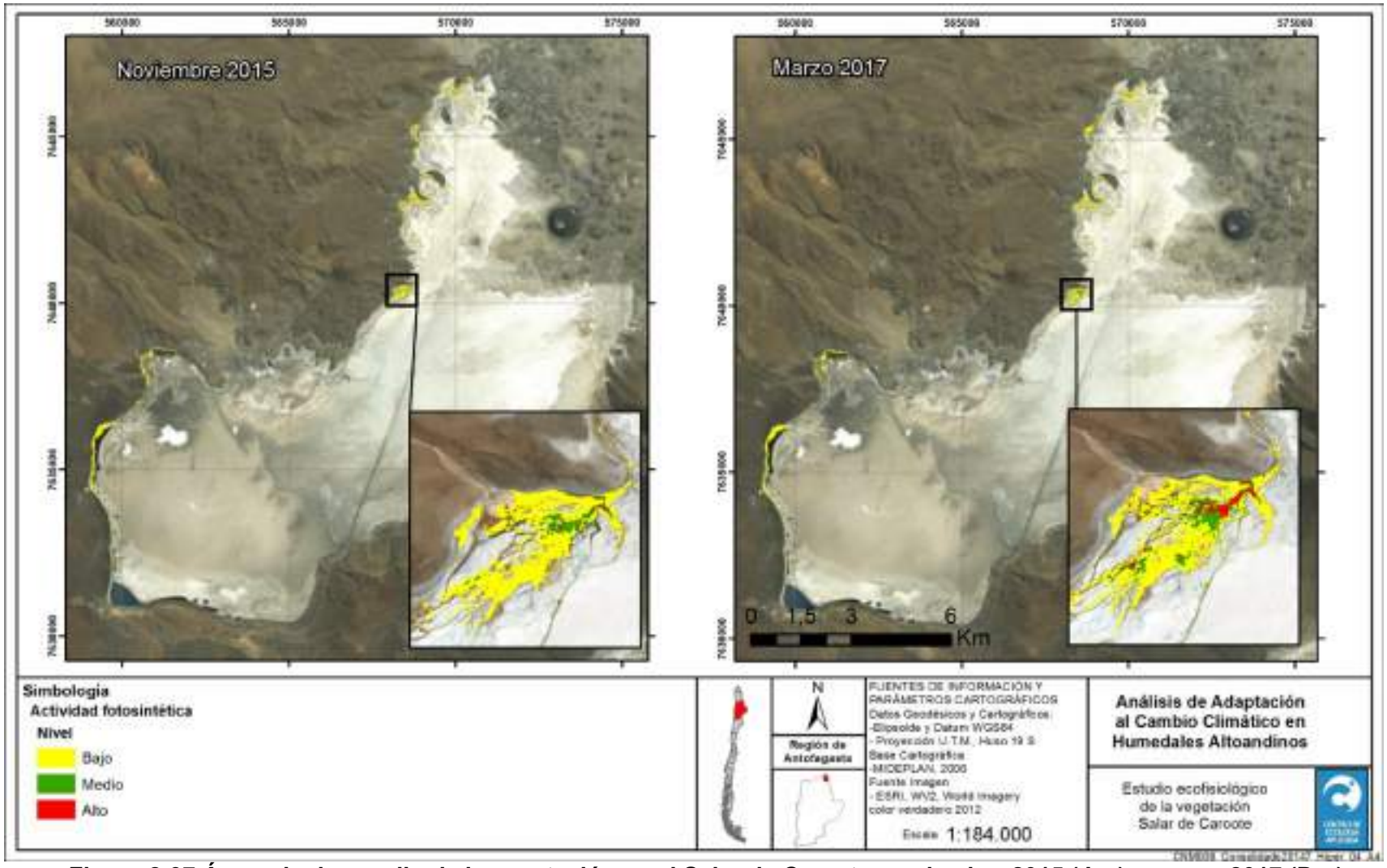


Figura 2-37 Áreas de desarrollo de la vegetación en el Salar de Carcote, noviembre 2015 (Izq) y marzo 2017 (Der)

Folio007022

2.2.4.3 Calidad agua

e) Parámetros in situ

Las aguas del salar Carcote fueron clasificadas entre neutras a moderadamente alcalinas (Hounslow, 1995), sin tendencias espaciales ni temporales a lo largo del periodo de estudio. Los valores fluctuaron entre 6,76 unidades en el sector de la laguna de evaporación (CAR-1) y 7,98 unidades en el sector vega-vertiente (CAR-3) ambos en primavera 2015 (Figura 2-38 a, Tabla 2-212).

En cuanto a los valores de conductividad eléctrica, las aguas del salar Carcote presentaron variaciones espaciales sin tendencias claras entre los diferentes sectores. Temporalmente, se observaron variaciones entre campañas, indicando un aumento desde primavera 2015 a verano 2017 en la vega-vertiente y laguna permanente, y una disminución de los valores en la laguna de evaporación en el mismo periodo. Los valores de conductividad fluctuaron entre 8,15 mS/cm en la vega vertiente (CAR-3) y 206 mS/cm en la laguna de evaporación (CAR-1) ambos en la campaña de primavera 2015 (Figura 2-38 b, Tabla 2-212).

Las aguas del salar Carcote presentaron concentraciones de oxígeno disuelto sin diferencias temporales en el sector de la vega-vertiente y laguna de evaporación. Las diferencias se presentaron en el sector de la laguna permanente, con un valor superior en invierno 2016. Espacialmente, se observaron mayores concentraciones de oxígeno disuelto en la laguna permanente en relación al resto. Las concentraciones fluctuaron entre 4,02 mg/L en la laguna de evaporación (CAR-1) y 8,84 mg/L en la laguna permanente (CAR-2), ambos en la campaña de invierno 2016 (Figura 2-38 c, Tabla 2-212).

Espacialmente, las aguas del salar, presentaron valores de temperatura menores en la laguna permanente, en relación a los sectores de la vega-vertiente y laguna de evaporación, comportamiento que se mantuvo tanto en las campañas de primavera 2015 e invierno 2016. Los valores de temperatura estuvieron entre 2,2 °C en la laguna permanente (CAR-2, invierno 2016) y 23,2 °C en la laguna de evaporación (CAR-1, primavera 2015) (Figura 2-38 d, Tabla 2-212).

Folio007023

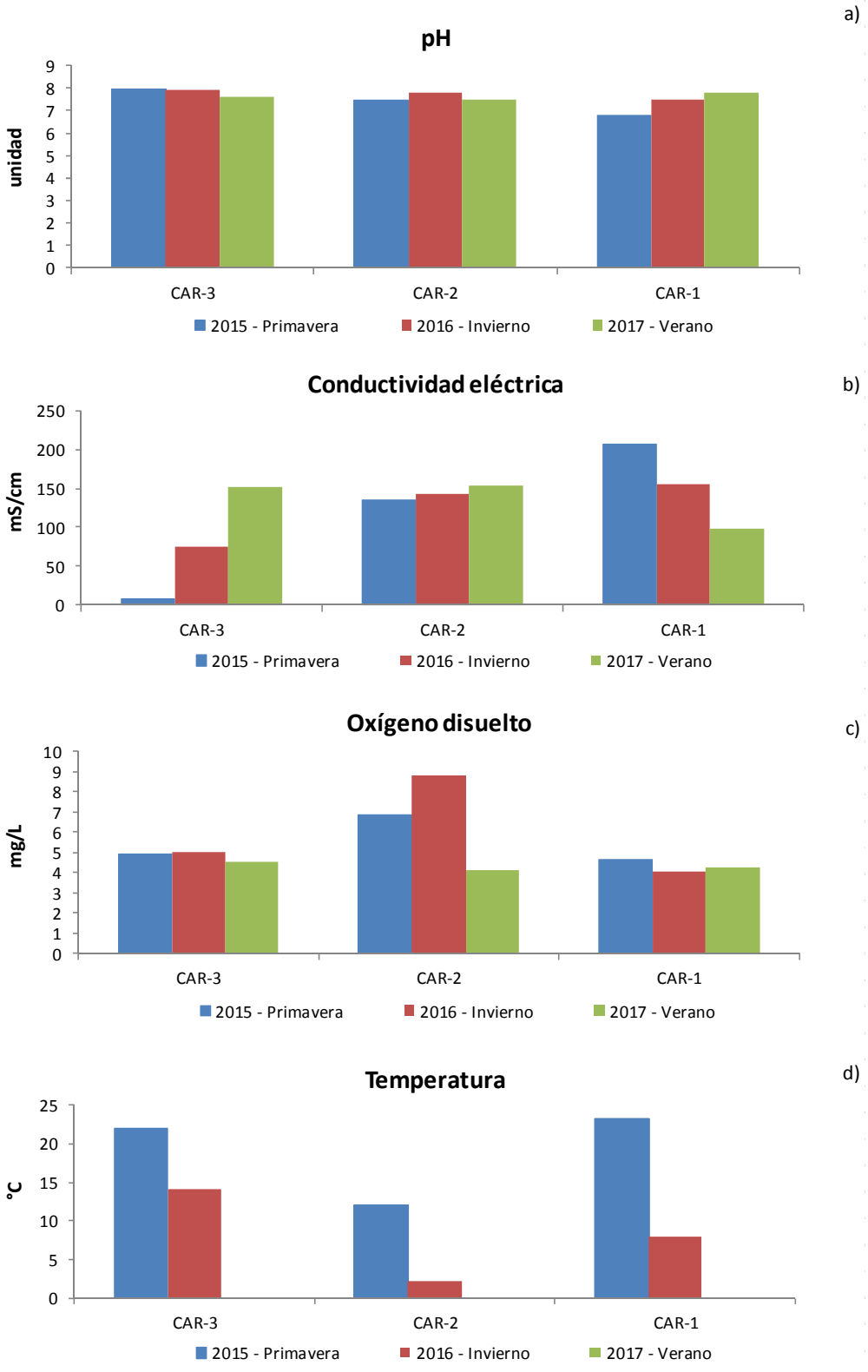


Figura 2-38 Parámetros in situ. pH (a), conductividad eléctrica (b), oxígeno disuelto (c) y temperatura (d), salar de Carcote.

Folio007024

f) Nutrientes y Clorofila a

Entre los diferentes nutrientes evaluados en las aguas del salar Carcote, espacialmente, las concentraciones fueron superiores en el sector de la laguna permanente, a excepción de la campaña de verano 2017 donde se observó un fuerte aumento de amonio en la laguna de evaporación. Las concentraciones variaron entre un valor inferior al límite de detección en el sector vega-vertiente (CAR-3, primavera 2015) y 1890 µg/L en la laguna de evaporación (CAR-1, verano 2017) (Figura 2-39 a, Tabla 2-212).

Espacialmente, las aguas del salar Carcote presentaron mayores concentraciones de nitrito en el sector de la laguna permanente en relación al resto de los sectores, comportamiento que se mantuvo en cada una de las campañas. Sus valores fluctuaron entre 0,96 µg/L en la laguna de evaporación (CAR-1, primavera 2015) y 136,19 µg/L en la laguna permanente (CAR-2, verano 2017) (Figura 2-39 b, Tabla 2-212).

En el caso del nitrato, las aguas del salar presentaron variaciones espaciales, sin tendencias claras entre sectores. Temporalmente, tanto en la vega-vertiente y laguna de evaporación se observó un aumento de las concentraciones desde la campaña de primavera 2015 a verano 2017. Las concentraciones fluctuaron entre valores inferiores al límite de detección en la laguna permanente y de evaporación (CAR-2, CAR-1, primavera 2015) y 4450 µg/L en la laguna permanente (CAR-2, invierno 2016) (Figura 2-39 c, Tabla 2-212).

Las aguas del salar Carcote presentaron concentraciones de nitrógeno orgánico total sin tendencias espaciales y/o temporales claras a lo largo del periodo de estudio, a excepción del aumento progresivo en el sector de la vega-vertiente. Los valores fluctuaron entre 310 µg/L en la vega-vertiente (CAR-3, primavera 2015) y 1560 µg/L en la laguna de evaporación (CAR-1, verano 2017) (Figura 2-39 d, Tabla 2-212).

En cuanto a fósforo total y ortofosfato, ambos presentaron un comportamiento espacial similar, con mayores valores en el sector de la laguna permanente, en relación al resto de los sectores, condición que se mantuvo en las tres campañas de monitoreo. Las concentraciones de fósforo total variaron entre 19 µg/L en la vega vertiente (CAR-3, primavera 2015) y 4060 µg/L en la laguna permanente (CAR-2, verano 2017) (Figura 2-40 a, Tabla 2-212).

En el caso de la clorofila a, la mayoría de las concentraciones registradas alcanzaron valores inferiores a los límites de detección en todo el periodo de estudio, a excepción de valores puntuales en invierno 2016, con una máxima de 1,602 µg/L en la vega-vertiente (CAR-3) (Tabla 2-212). Para la clorofila perfiton, sus valores se comportaron de diferente manera en las campañas realizadas. De esta manera, las concentraciones variaron entre valores inferiores al límite de detección en la laguna permanente (CAR-2, invierno 2016 y verano 2017), y 630,0 µg/L en la laguna de evaporación (CAR-1, verano 2017) (Figura 2-40 c, Tabla 2-212).

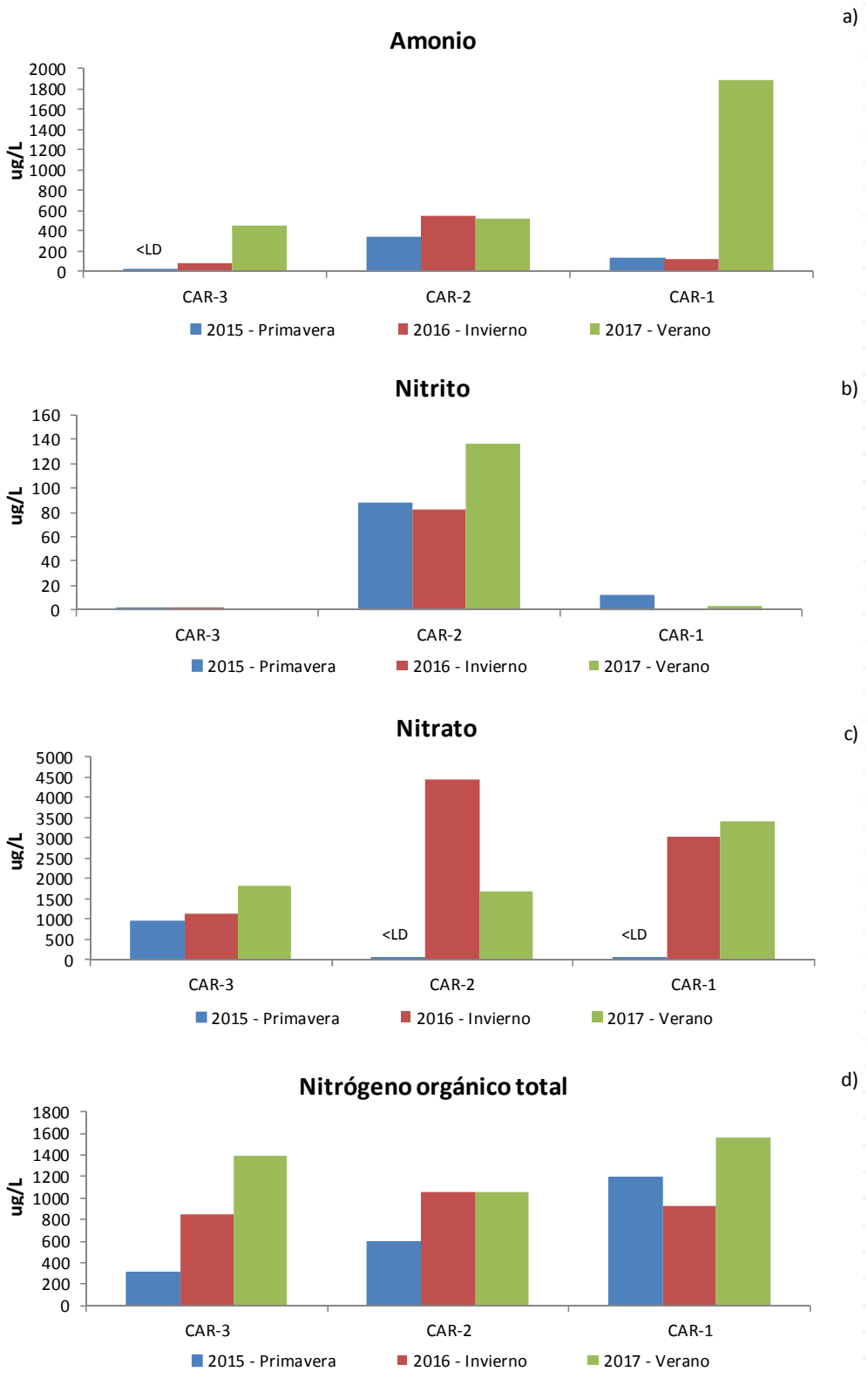


Figura 2-39 Nutrientes. Amonio (a), nitrito (b), nitrato (c) y nitrógeno orgánico total (d), salar de Carcote.

Folio007026

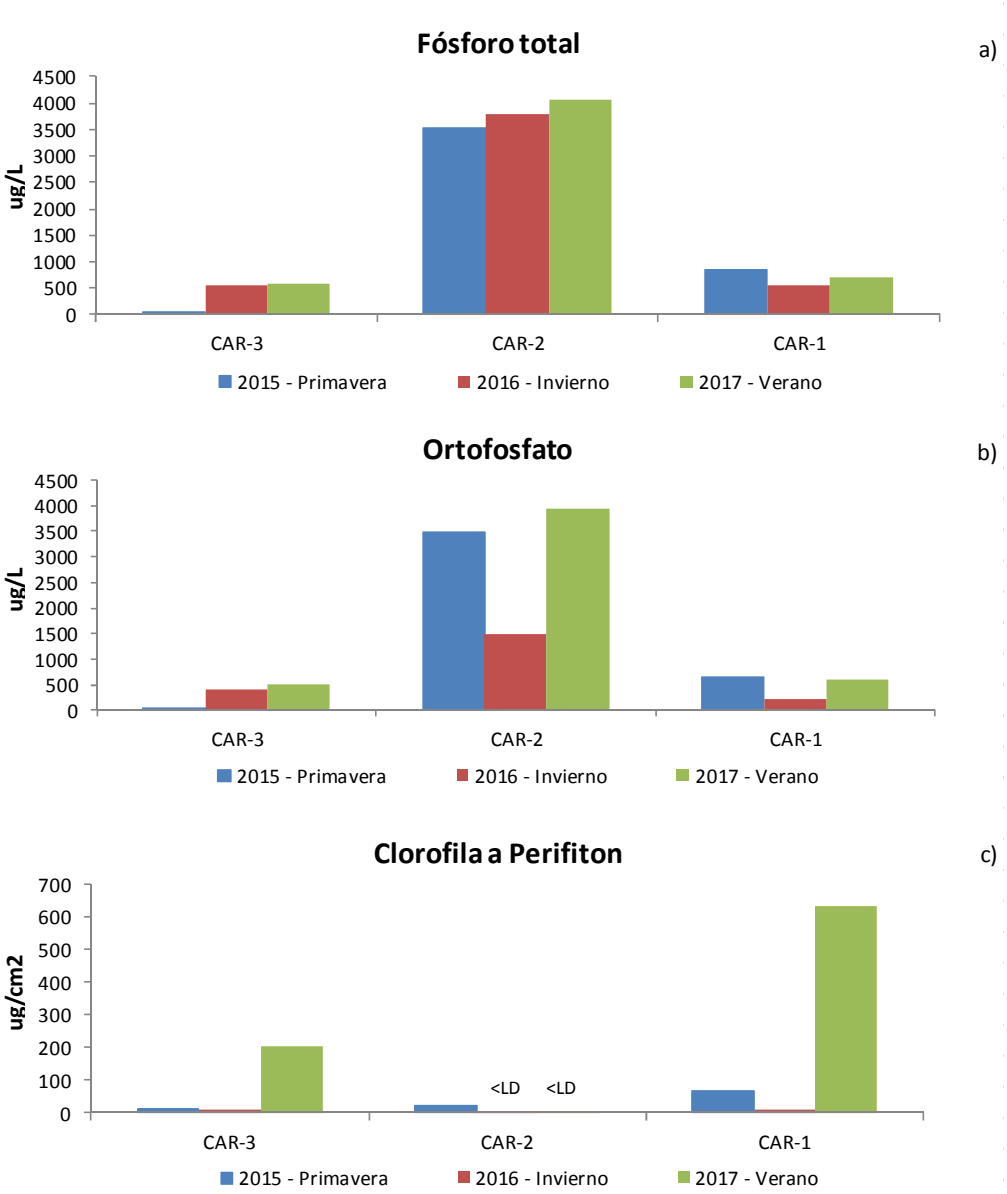


Figura 2-40 Fósforo total (a), ortofosfato (b) y clorofila a perifiton (c), salar de Carcote.

Folio007027

g) Macroelementos

Las aguas del salar Carcote presentaron una clara composición iónica caracterizada por mayor presencia de cloruro y sodio, con aportes secundarios de calcio, en los tres sectores evaluados y tres campañas realizadas. Espacialmente, el cloruro, sodio y bicarbonato presentaron un aumento de las concentraciones desde el sector de la vega-vertiente, hasta la laguna de evaporación, a diferencia de carbonato, sulfato y potasio, al presentar mayores concentraciones en la laguna permanente (Figura 2-41, Tabla 2-212).

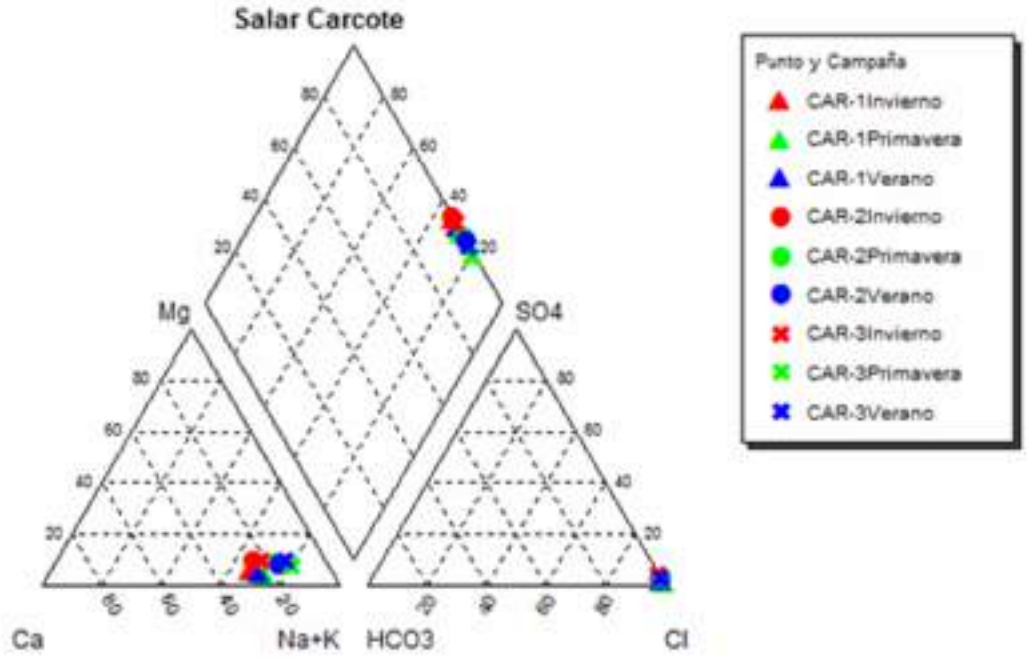


Figura 2-41 Diagramas de piper. Composición iónica en Salar de Carcote.

h) Parámetros físico-químicos

Las aguas del salar presentaron concentraciones de DBO_5 inferiores al límite de detección en la mayoría de los casos. Los únicos valores cuantificables fueron en la laguna permanente y de evaporación (primavera 2015) y sector vega-vertiente (invierno 2016) registraron valores de 2,0 mg/L (Tabla 2-212).

Desde el punto de vista espacial en el salar de Carcote, los sólidos totales disueltos y sólidos totales suspendidos presentaron menores concentraciones en el sector de vega-vertiente, y mayores concentraciones en la laguna de evaporación, condición que se repitió en las tres campañas de monitoreo. Los valores de sólidos totales disueltos variaron entre 5855 mg/L en el sector de la vega-vertiente (CAR-3) y 180760 mg/L en la laguna de evaporación (CAR-1) ambos en primavera 2015, clasificando sus aguas desde hiposalinas a hipersalinas (Davis, 2003), mientras que los sólidos totales suspendidos

Folio007028

variaron entre 1,8 mg/L en la vega-vertiente y 317,5 mg/L en la laguna de evaporación, ambos en primavera 2015 (Figura 2-42 a y b, Tabla 2-212).

Los valores de DQO registrados en las aguas del salar Carcote, espacialmente, presentaron las mismas características en la laguna permanente y laguna de evaporación, donde se observaron mayores concentraciones en la campaña de primavera 2015, 37,0 mg/L para la laguna permanente y 34,0 mg/L en la laguna de evaporación, y una disminución de sus valores en verano 2017, alcanzando los 5,0 mg/L en ambos sectores (Figura 2-42 c, Tabla 2-212).

Las concentraciones de sílice disuelta evaluadas en el salar Carcote indicaron valores levemente superiores en la laguna permanente, en relación al resto de los sectores, en cada una de las campañas monitoreadas. Los valores fluctuaron entre 45,0 mg/L en la laguna de evaporación (CAR-1, invierno 2016) y 88,0 mg/L en la laguna permanente (CAR-2, primavera 2015) (Figura 2-42 d, Tabla 2-212).

En general, las aguas del salar Carcote presentaron menores concentraciones de carbono orgánico total en la laguna permanente en relación al resto de los sectores. Temporalmente, se observó un aumento en verano de 2017, sólo en la laguna de evaporación. Las concentraciones fluctuaron entre 3,0 mg/L en la vega-vertiente (CAR-3, primavera 2015) y 27,0 mg/L en la laguna de evaporación (CAR-1, verano 2017) (Figura 2-43, Tabla 2-212).

Folio007029

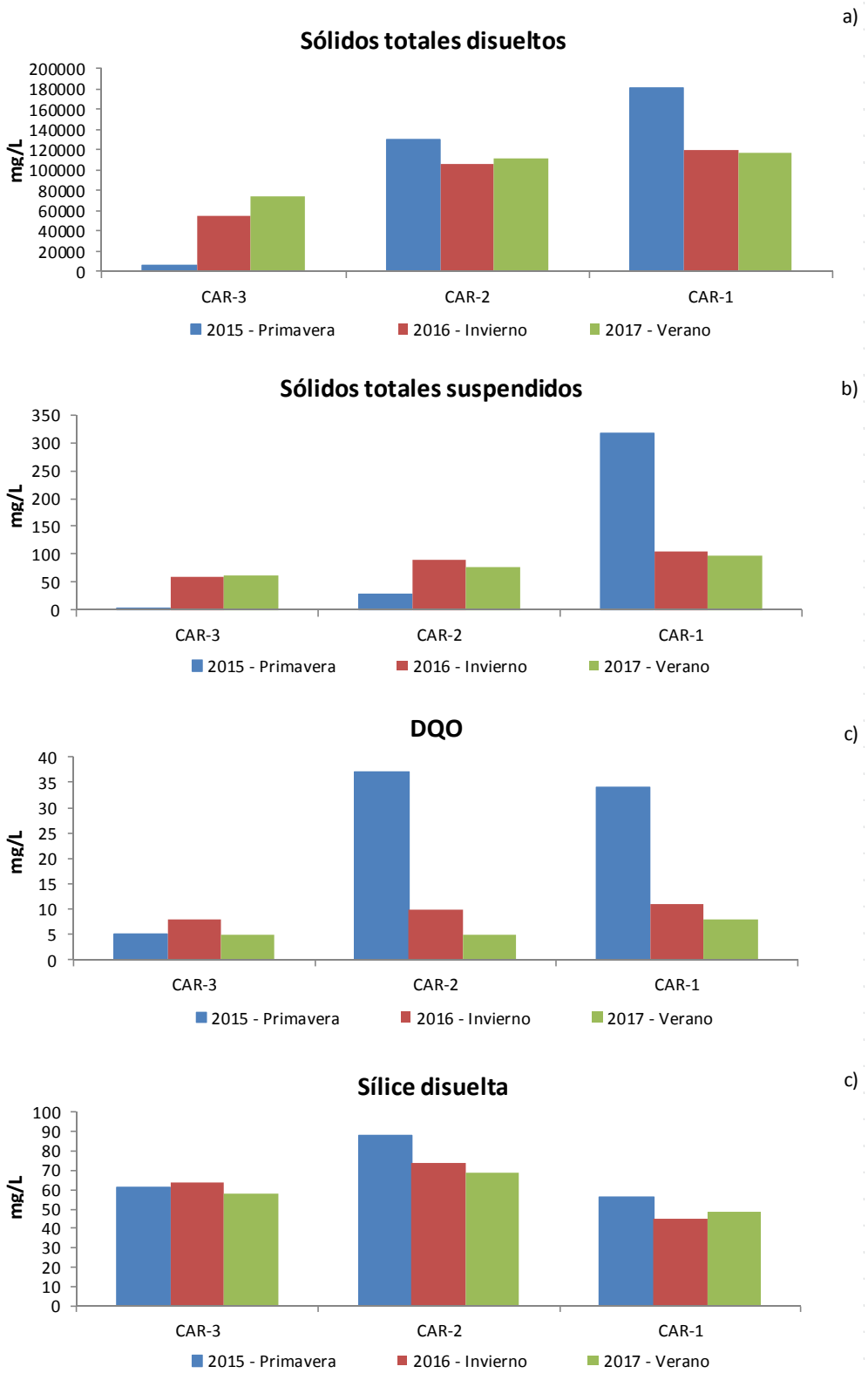


Figura 2-42 Parámetros físico-químicos. Sólidos totales disueltos (a), sólidos totales suspendidos (b), DQO (c) y sílice disuelta (d), salar de Carcote.

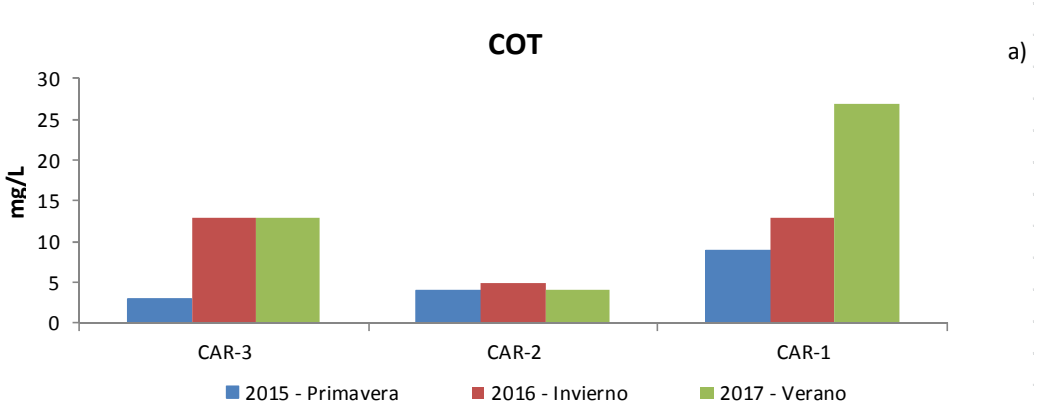


Figura 2-43 Carbono orgánico total, salar de Carcote.

i) Metales

En base a los metales evaluados el bismuto, galio, itrio, renio, telurio, torio y zirconio presentaron valores inferiores a los límites de detección en todos los sectores y campañas realizadas. Por otro lado, el antimonio, berilio, cromo, estaño, mercurio, níquel, plata, selenio, titanio y tungsteno registraron concentraciones que alcanzaron al menos el 60% de valores inferiores a los límites de detección en todo el periodo de estudio. Los parámetros de mayores concentraciones en las aguas del salar fueron boro, estroncio, litio y manganeso, en todos los sectores y campañas realizadas (Tabla 2-212).

Algunos de los metales como aluminio, bario, cobre, estroncio, manganeso y hierro presentaron un comportamiento espacial similar, con mayores concentraciones en la laguna de evaporación (CAR-1), principalmente en la campaña de primavera 2015, como también aumentos en el sector vega-vertiente (CAR-3) en la campaña de verano 2017, a excepción de aluminio. Las concentraciones de aluminio fluctuaron entre valores inferiores al límite de detección en la laguna permanente (CAR-2, invierno 2016) y 1,572 mg/L en la laguna de evaporación (CAR-1, primavera 2015), bario entre 0,069 mg/L en la vega vertiente (CAR-3) y 1,536 mg/L (CAR-1) ambos en primavera 2015, estroncio entre 4,33 mg/L (CAR-3) y 230,61 mg/L (CAR-1) ambos en primavera 2015, manganeso entre 0,014 mg/L (CAR-3), y 63,211 mg/L (CAR-1) ambos en primavera 2015, y concentraciones de hierro entre 0,028 mg/L (CAR-3) y 1,479 mg/L (CAR-1) ambos en primavera 2015 (Figura 2-44, Tabla 2-212).

El boro y litio fueron uno de los elementos de mayor abundancia en las aguas del salar, los cuales presentaron un comportamiento espacial similar entre ellos, con mayores concentraciones en la laguna permanente (CAR-2), condición que se repitió en las tres campañas, siendo más acentuado en verano 2017. Las concentraciones de arsénico y vanadio también registraron mayores concentraciones en el sector de la laguna permanente (CAR-2), observándose una mayor diferencia en relación al resto de los sectores. Las concentraciones de boro variaron entre valores inferiores al límite de detección en la laguna de evaporación y permanente (CAR-2 y CAR-1, primavera 2015) y 463,0 mg/L en la laguna permanente (CAR-2, verano 2017), litio entre valores inferiores al límite de detección en la laguna de evaporación y permanente (CAR-2 y CAR-1,

Folio007031

primavera 2015) y 158,0 mg/L en la laguna permanente (CAR-2, verano 2017), arsénico entre 0,03 mg/L en la vega-vertiente (CAR-3, primavera 2015) y 10,40 mg/L en la laguna de evaporación (CAR-1, verano 2017) y vanadio entre 0,0181 mg/L en la laguna de evaporación (CAR-1, invierno 2016) y 0,0578 mg/L en la laguna permanente (CAR-2, verano 2017). Por otro lado, el zinc presentó mayores concentraciones en el sector de la laguna de evaporación en relación al resto de los sectores. Sus concentraciones fluctuaron entre valores inferiores al límite de detección en la vega-vertiente y laguna permanente (invierno 2016) y 0,0467 mg/L en la laguna de evaporación (verano 2017) (Figura 2-45, Tabla 2-212).

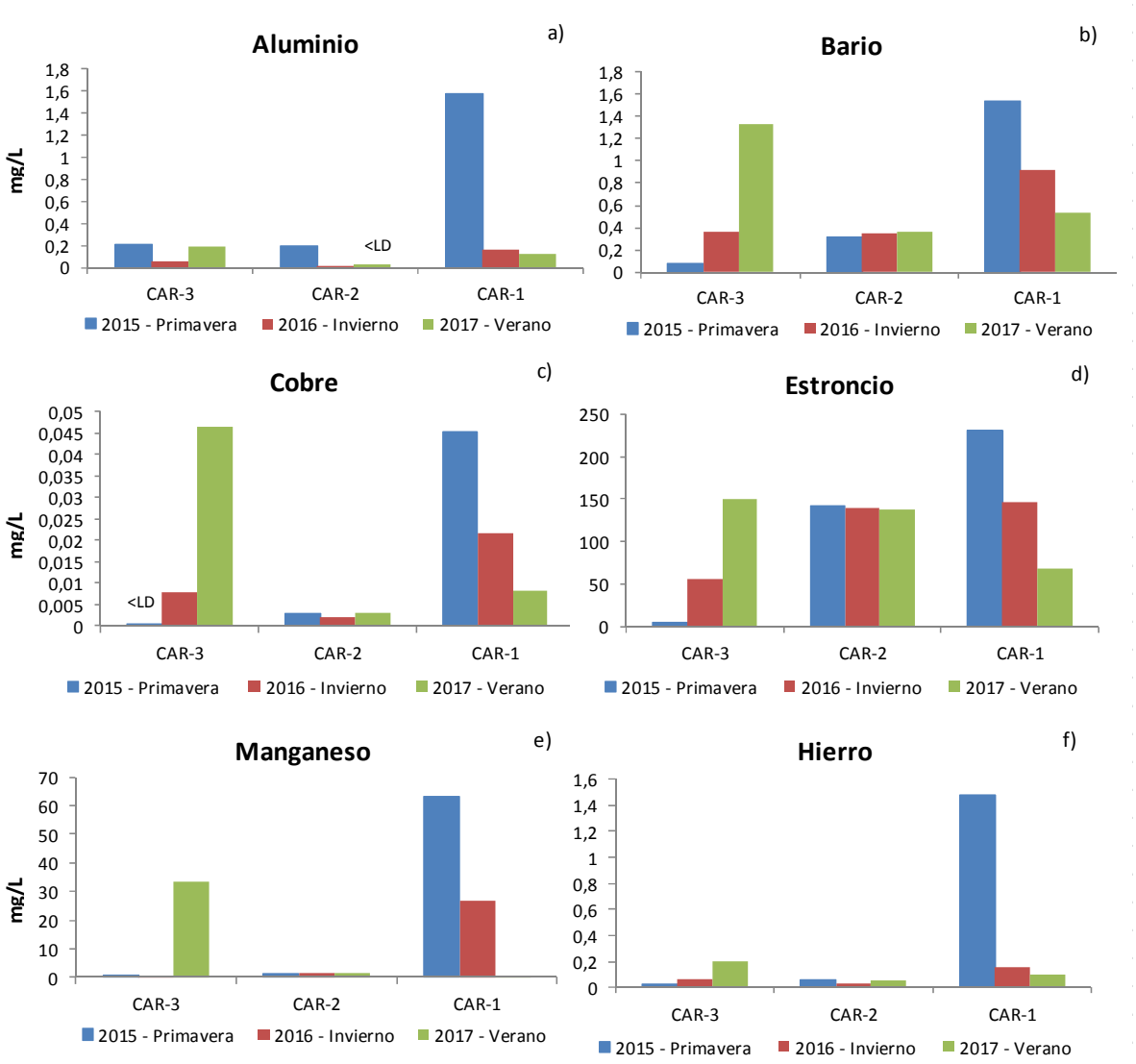


Figura 2-44 Metales totales. Aluminio (a), bario (b), cobre (c), estroncio (d), manganeso (e) y hierro (f), salar de Carcote. (<LD: menor al límite de detección).

Folio007032

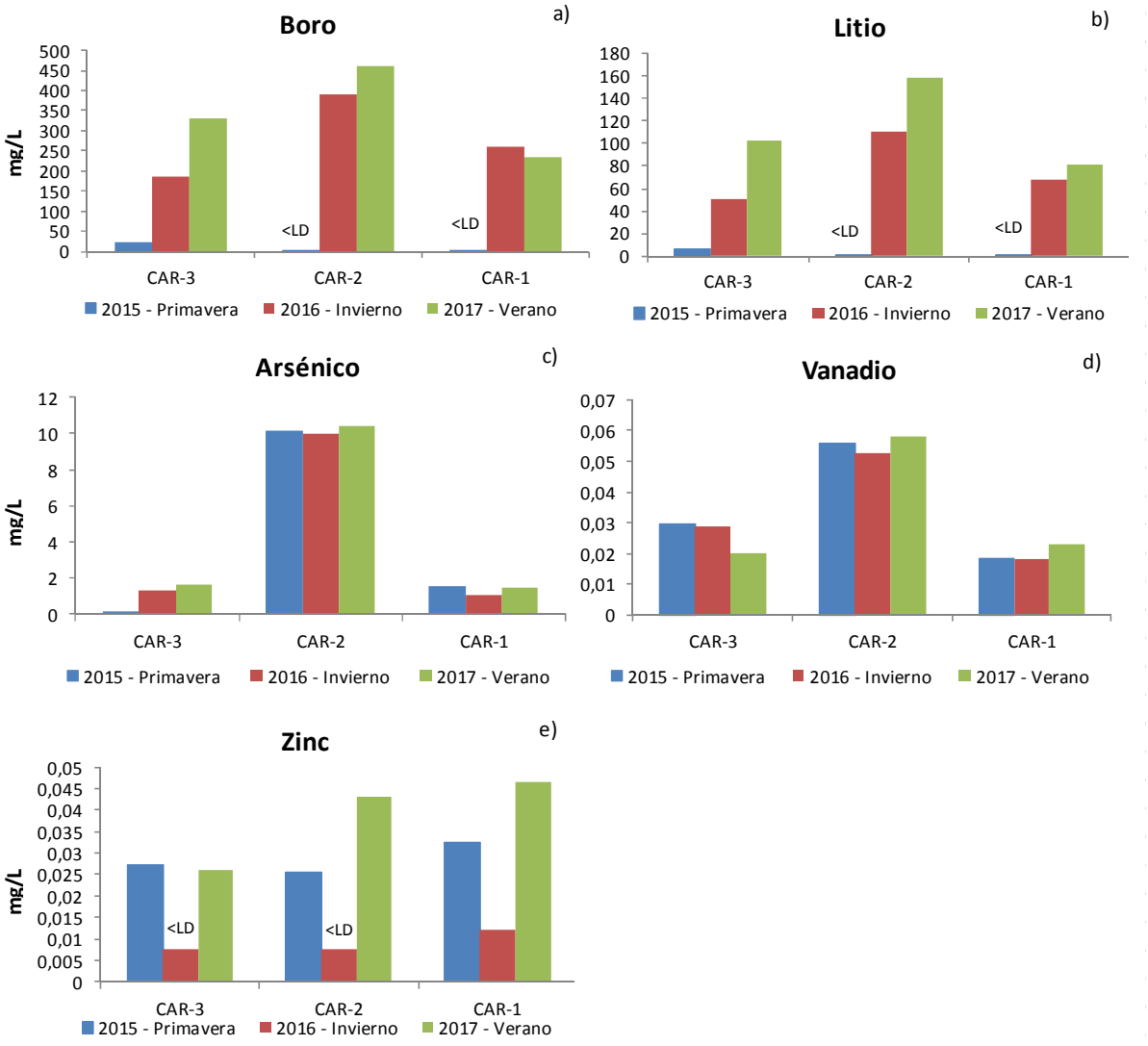


Figura 2-45 Metales totales. Boro (a), litio (b), arsénico (c), vanadio (d) y zinc (e), salar de Carcote. (<LD: menor al límite de detección).

Folio007033

2.2.4.4 Tapetes microbianos

En todos los márgenes de la laguna se pueden observar domos extremadamente duros, los mismos no presentan actividad microbiana visible. En sus alrededores hay parches donde se observan pequeños parches con evaporitas (Figura 2-46), que albergan una gran diversidad de invertebrados en estados larvarios (Figura 2-47).

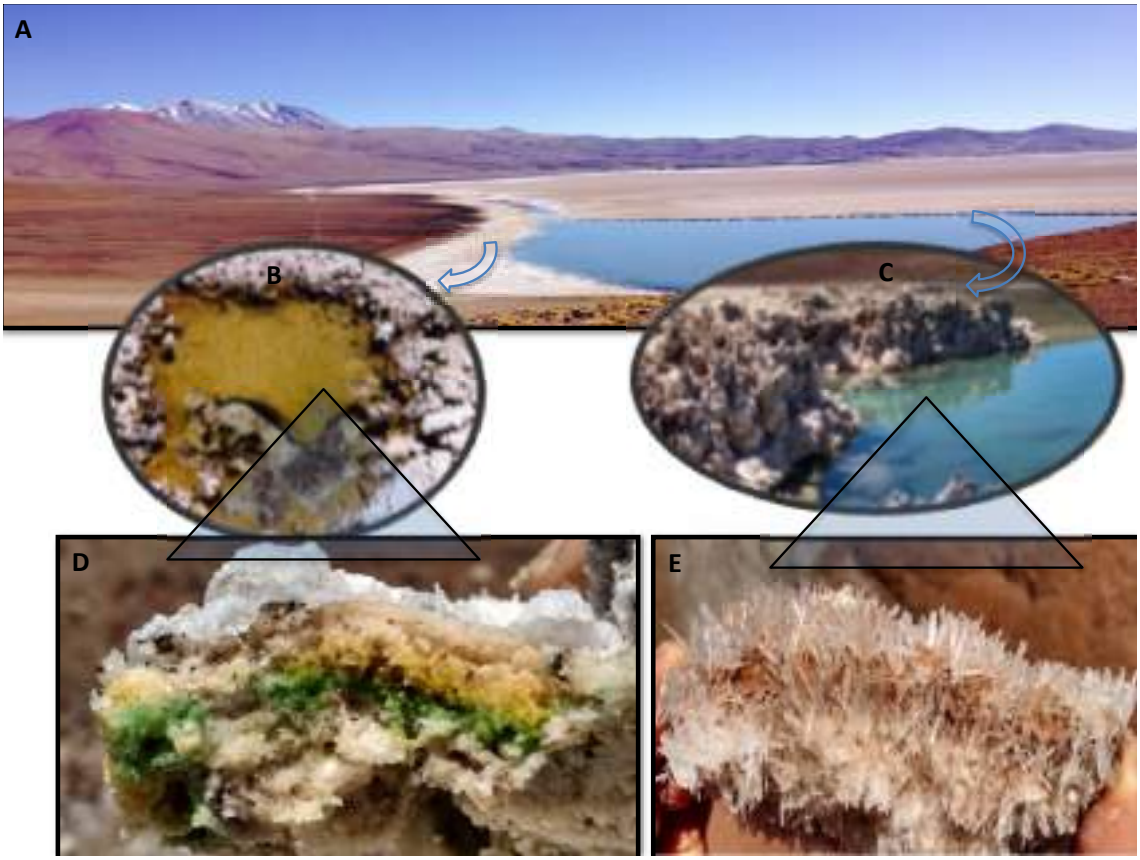


Figura 2-46. Laguna Verde en Salar de Carcote (A). Ecosistemas microbianos asociados a la laguna Verde: Parches de agua alrededor de la laguna que presentan tapetes evaporíticos simples (B, D), mientras que dentro de la laguna se pueden observar domos y arrecifes (C) formados por precipitaciones donde no se pudo detectar actividad microbiana visible (D). Octubre 2015.

Los piletones presentaron tapetes microbianos donde resultó visible la producción de O_2 (**Figura 2-47. A-B**) y donde se pudo observar larvas de invertebrados asociados a estos tapetes (Figura 2-47**. C-D**).

Folio007034

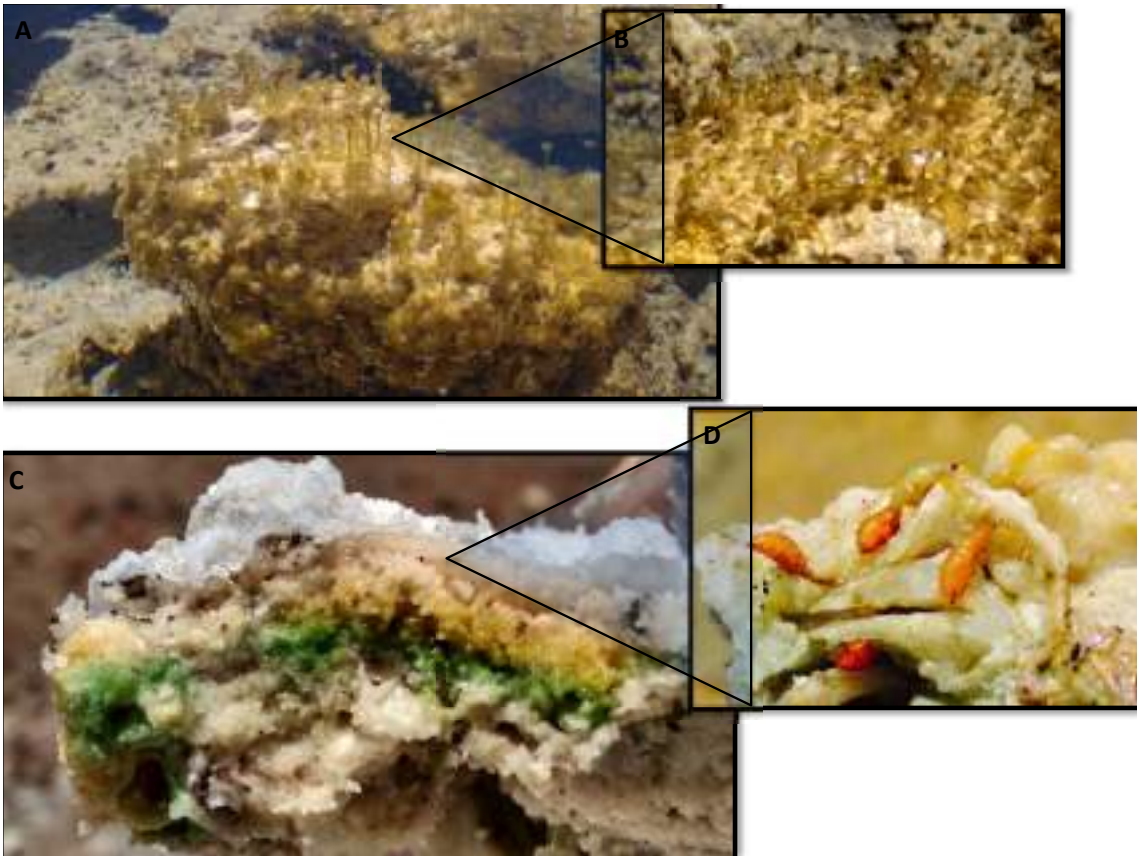


Figura 2-47. detalle de tapetes evaporíticos asociados a pequeños piletones que rodean la Laguna Verde en Salar de Carcote. Detalle de burbujas de O_2 (A-B) y asociación de larvas de invertebrados (C-D). Octubre 2015.

Continuando por las márgenes del salar hacia el norte se pueden encontrar otros humedales (**Figura 2-48**) con salinidad en aumento; en los mismos se encontraron tapetes microbianos con características distintas. Los tapetes negros son no litificantes, estaban en la región más salina y presentaron multilaminaciones de muy bajo espesor y color oscuro (Figura 2-48**.B-C**). En la región intermedia del humedal, se encontraron tapetes microbianos característicos con características litificantes y marcados estratos con pigmentos indicadores de fotosíntesis oxigénica y anoxigénica (Figura 2-48**. D-E**).

Folio007035

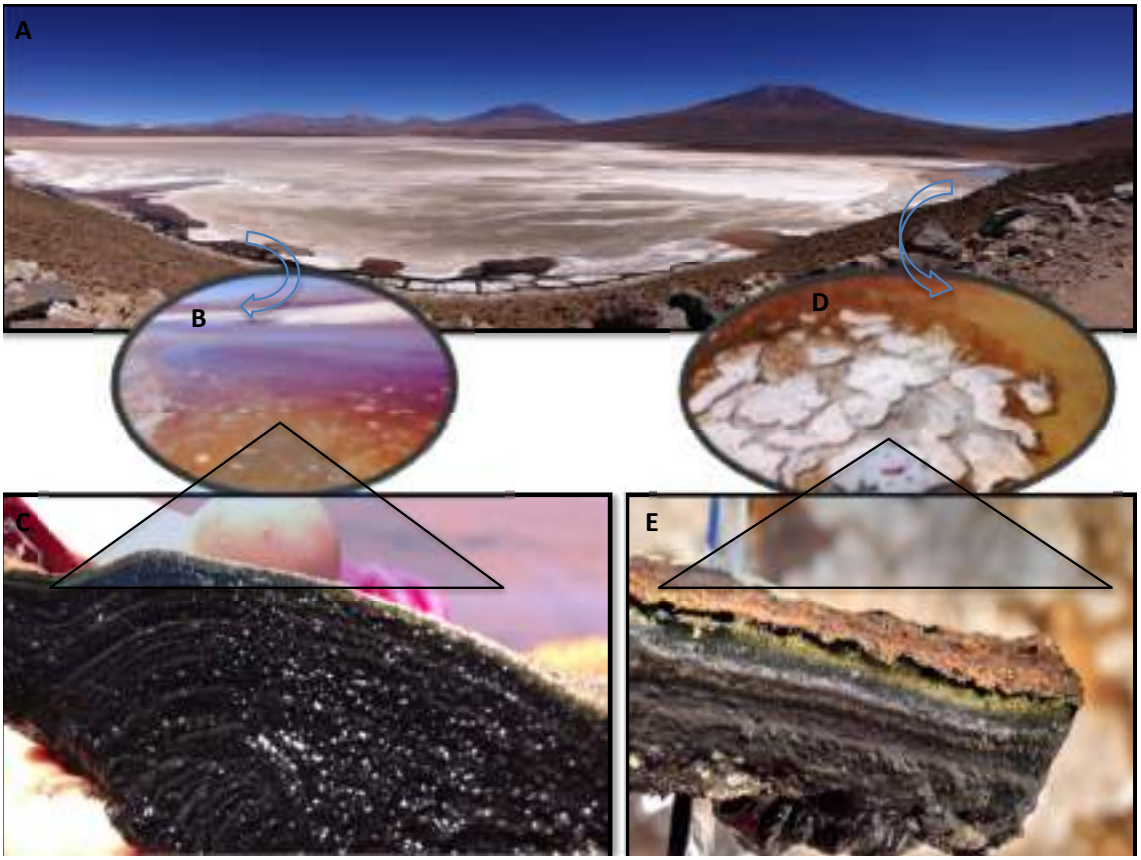


Figura 2-48. Salar de Carcote (A). Detalle de zonas de tapetes (B, D) y corte transversal de tapetes (C, E). Octubre 2015.

La descripción de las muestras y las características físico químicas del agua se pueden observar en las **Tabla 2-23** y en el acápite de calidad de agua , respectivamente.

Tabla 2-23. Descripción de las muestras de tapetes microbianos. Octubre 2015.

Muestra	Identificación Análisis químicos	Característica de la muestra
CAREV	CAR-3	Pozas en Alrededores de Laguna verde
CARTN	ND	Laguna Media. Tapete Rosado
CARTS	CAR-2	Salar Extremo Norte, tapete completamente Negro

a) Biodiversidad al Microscopio Electrónico

En las muestras de Carcote se pudo observar la presencia de Cianobacterias, Diatomeas y Procariotes (Bacterias) (**Figura 2-49**). Se observa también que las Diatomeas están destruidas y la mayoría son sólo frústulas planteándose la misma situación que en Aguas Calientes I, donde no se puede determinar si el desarrollo de las mismas es in situ o si son atrapadas en el exopolisacárido que producen las Cianobacterias.

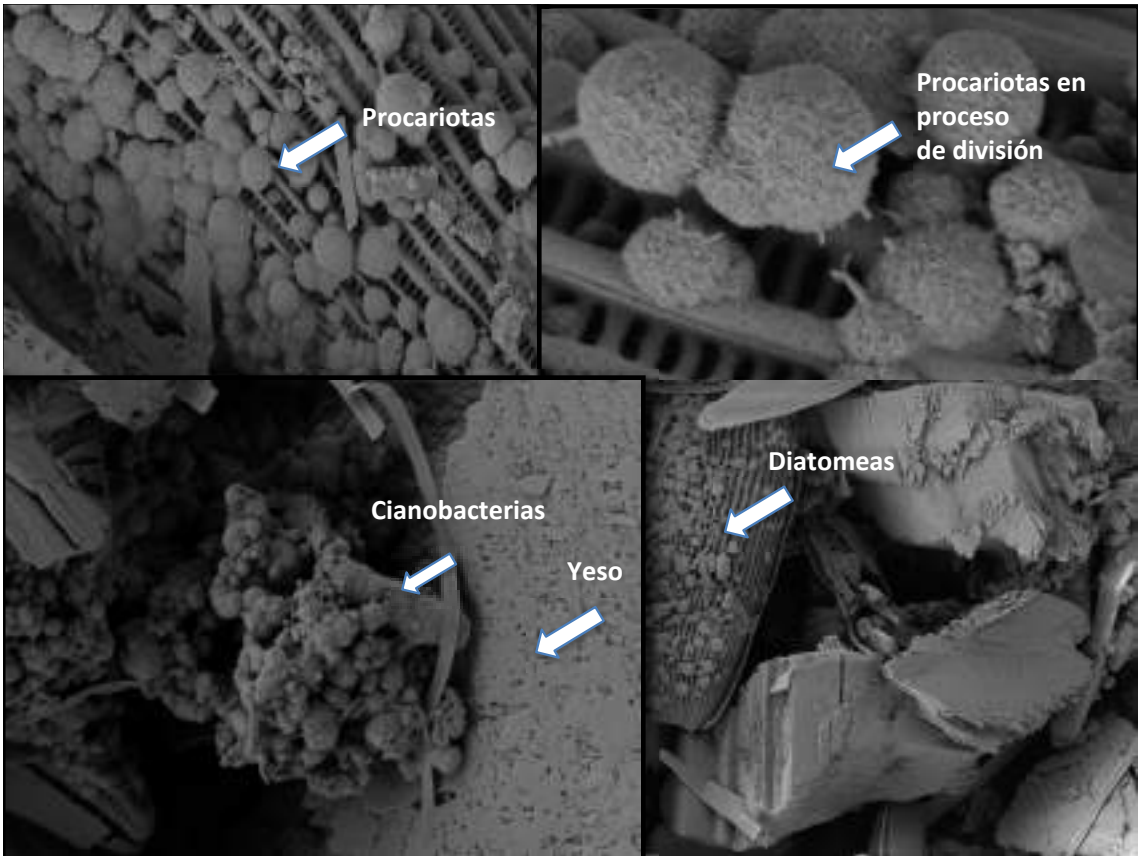


Figura 2-49. Muestras de Carcote al Microscopio electrónico las flechas indican los procariotes (Bacterias o Archeas) en proceso de conjugación (compartiendo genes) sobre una Diatomea, también se pueden observar una Cianobacteria y mineral de yeso. Octubre 2015.

b) Biodiversidad

Como se describió anteriormente, las diversidad de la Evaporita no pudo ser determinada por cuestiones técnicas y queda pendiente. La metodología para determinar la diversidad es la misma que en Aguas Calientes I (Rasuk y col., 2015). En la **Figura 2-50** se observa una mayor diversidad en el sedimento CARS que en CARN.

Folio007037

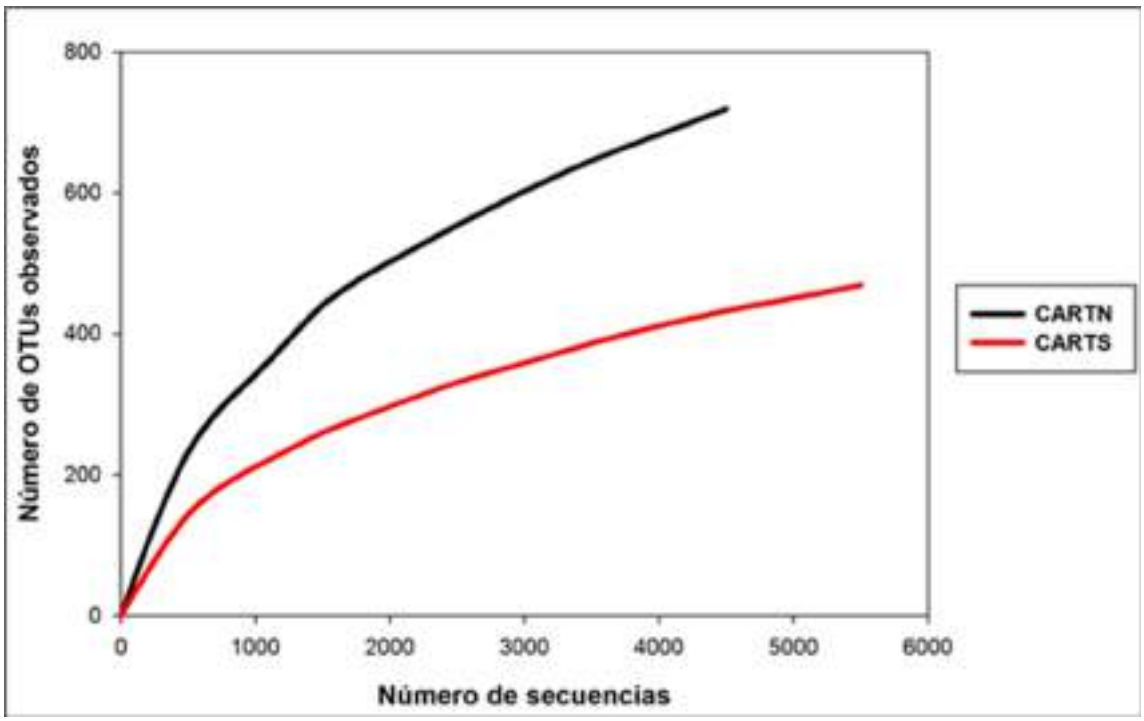


Figura 2-50. Número de Otus y diversidad comparativa en las dos muestras de tapetes microbianos evaluadas en Carcote. Octubre 2015.

A pesar de que en Carcote se establecieron tres ambientes de interés, se pudo acceder a la secuenciación de solo dos de ellos, el tercero que corresponde a la evaporita adyacente a Laguna Verde será secuenciado nuevamente e incorporado a este informe en su momento.

De la observación de las muestras de los dos tapetes de Carcote se puede determinar que el tapete negro presenta una mayor diversidad, con una predominancia de microorganismos anaerobios, por ejemplo se puede observar que las Cianobacterias están poco representadas (4%) por lo que la fijación de carbono debería esta apoyada en sistemas anaerobios como Chloroflexi (7%) y las bacterias púrpuras Rhodobacteraceae, que realizarían la producción primaria, sosteniendo al resto de la comunidad que consisten, principalmente, en heterótrofos aerobios (Bacteroidetes) y anaerobios (Spirochaetas) y sulfato reductores (Desulfobacteraceae). El desarrollo de esta biodiversidad esta sustentado por la abundante cantidad de sulfatos.

En el tapete CARS se puede observar una gran predominancia de Cianobacterias con Microcoleus (17,4%) y Gama Proteobacterias de la Familia Marinicellaceae (15.2%), como en Aguas Calientes, la abundancia de este grupo filogenético es reportado por primera vez en tanta abundancia en ambientes continentales.

La fotosíntesis aerobia que llevan a cabo las Cianobacterias estaría reforzada por fotosíntesis anaerobia a cargo de los Rhodobacteraceae. Al igual que en los tapetes correspondientes a la muestra CARTN la diversidad estaría distribuida entre heterótrofos aerobios y anaerobios (Bacteroidetes y Spirochaetas respectivamente), y sulforeductores (Desulfobactereaceae). Cabe destacar que entre los Bacteroidetes se detectó otro grupo no reportado previamente en tapetes como es el Rhodothermi (8,2), este grupo está

Folio007038

formado por anaerobios heterótrofos termófilos, aislados de fuentes hidrotermales a altas temperaturas. Los Géneros que pudieron ser clasificados se presentan en la **Tabla 2-24**.

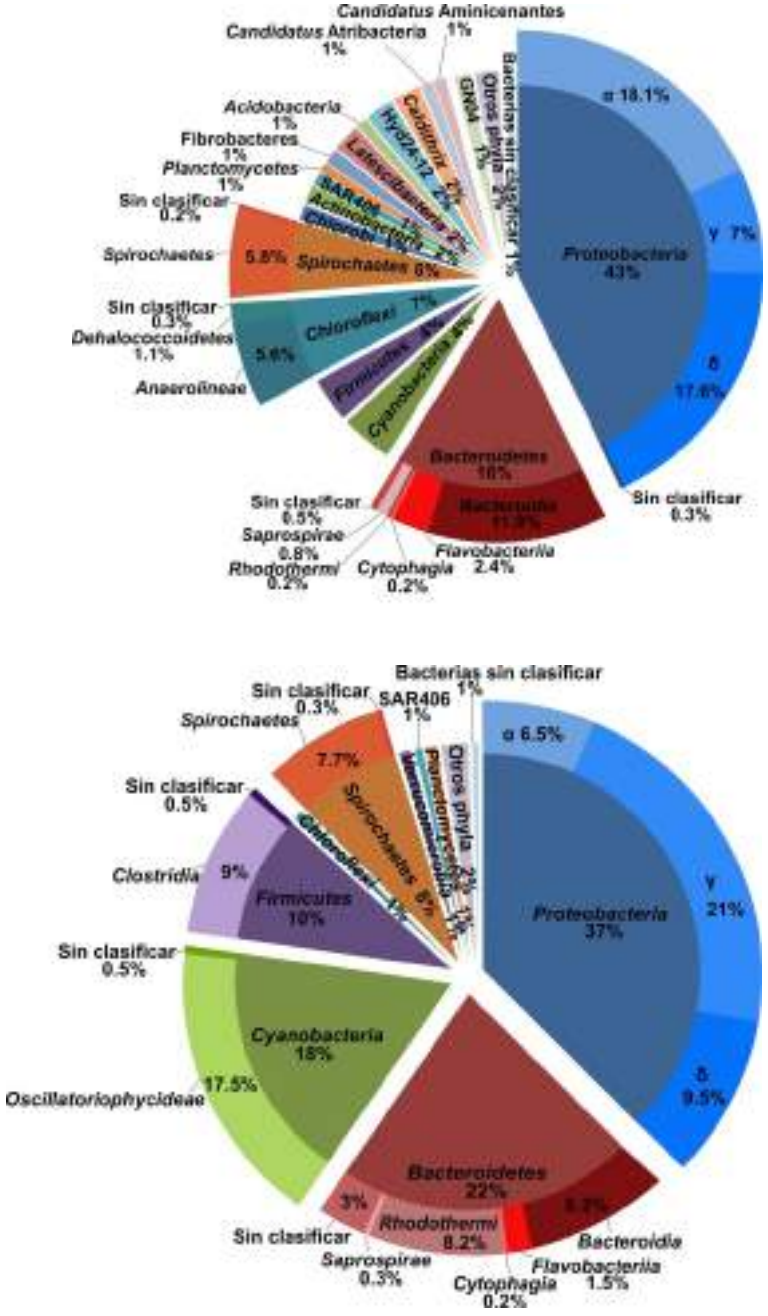


Figura 2-51. Diversidad microbiana en los tapetes de Carcote. Octubre 2015.

Tabla 2-24. Clasificación taxonómica al nivel más específicamente posible de los 10 OTUs más abundantes en muestras de Carcote. Octubre 2015.

Folio007039

CARTN		CARTS	
Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	8.8	Gen. *Microcoleus* (*Cianobacteria*)	17.4
Fam. *Rhodobacteraceae* (*Proteobacterias*)	7.9	Fam. *Marinicellaceae* (*Proteobacterias*)	15.2
Fam. *Desulfobacteraceae* (*Proteobacterias*)	3.2	Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	7.6
Fam. *Desulfarculaceae* (*Proteobacterias*)	3.1	Fam. *Balneolaceae* (*Bacteroidetes*)	7.1
Fam. *Spirochaetaceae* (*Spirochaetes*)	3.0	Gen. *Halanaerobium* (*Firmicutes*)	6.8
Fam. *Marinicellaceae* (*Proteobacterias*)	2.9	Fam. *Spirochaetaceae* (*Spirochaetes*)	5.0
Gen. *Spirochaeta* (*Spirochaetes*)	2.8	Fam. *Rhodobacteraceae* (*Proteobacterias*)	3.7
Gen. *Microcoleus* (*Cianobacteria*)	2.6	Fam. *Desulfobacteraceae* (*Proteobacterias*)	3.3
Fam. *Desulfobacteraceae* (*Proteobacterias*)	2.6	Phyl. *Bacteroidetes*	3.0
Gen. *Desulfococcus* (*Proteobacterias*)	2.4	Gen. *Spirochaeta* (*Spirochaetes*)	2.7

Folio007040

2.2.4.5 Biota Acuática

a) Fitobentos

Los ensambles Fitobentónicos presentaron una riqueza heterogénea para las campañas de octubre, Agosto y Marzo, con el mayor valor registrado en el punto CAR-2 en la campaña de octubre con un total de 16 taxa de diatomeas bentónicas y un grupo de Pennada indeterminada, mientras que el mínimo se registró en la campaña de Marzo en el punto CAR-1 con 6 taxa. Por su parte las riquezas promedios estuvieron entre los 10,7 ± 4,7 en octubre, 10,6 ± 3,7 taxa en Agosto y 8,3 ± 2,5 taxa en Marzo (Figura 2-52a, Tabla 2-25).

Respecto a la abundancia total de microalgas bentónicas, el promedio de los puntos muestreados en el Salar Aguas Carcote fue de 2908 ± 2858 cél•mm-² en la campaña de octubre, 186437,3 ± 248442,06 cél•mm-² en la campaña de Agosto y de 55161,49 ± 50422,28 cél•mm-² en la campaña de Marzo. El máximo valor de abundancia total se registró en el punto CAR-1 con 469024,8cél•mm-² en la campaña de Agosto, mientras que el mínimo se observó en CAR-2 con un valor de 220,59 cél•mm-² en la campaña de Marzo (Figura 2-52b,Tabla 2-25).

Por su parte, la abundancia relativa demostró que en el Salar de Carcote dominaron (>10%) distintas especies. Destacando los géneros *Denticula spp*., *Halamphora sp*. y *Nitzschia spp*. En la campaña de octubre en el punto de muestreo CAR-1 dominó la especie *Nitzschia pusilla* (17%), en el punto CAR-2 fue *Navicula salinicola* (26%), y en CAR-3 domino el género *Denticula* (53%), para la campaña de Agosto en CAR-1 dominó *Navicula salinicola* (31%), en CAR-2 *Denticula valida* (25%), y en CAR-3 *Halamphora carvajaliana* (25%), finalmente en la campaña de Marzo dominó en CAR-1 *Nitzschia epithemoides* (47%), en CAR-2 *Denticula spp.* (56%) y en CAR-3 *Halamphora carvajaliana* (40%) (Figura 2-52c,Tabla 2-25).

Folio007041

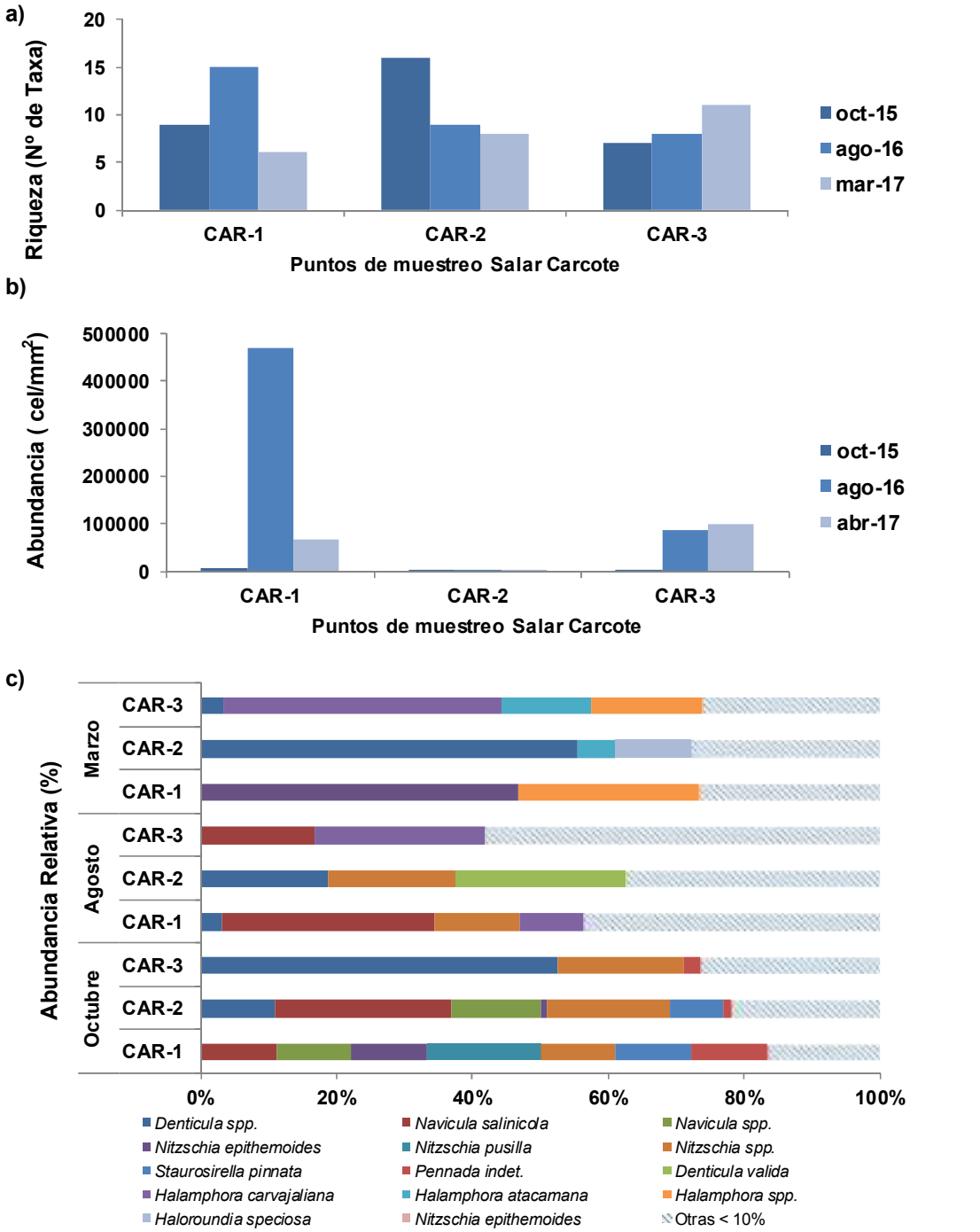


Figura 2-52 a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/mm^2) y c) Abundancia Relativa (%) de Fitobentos registrada en la campaña octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar Carcote.

Folio007042

Tabla 2-25. Abundancia (cél/mm^2) de taxa Fitobentos registrados en la campaña de octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar Carcote. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón.

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (cél·mm^{-2})	CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Achnanthes inflata	0,0	0,0	0,0	0,0	114,5	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Achnanthes thermalis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	146,6	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Achnanthidium exiguum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4396,2	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Achnanthidium spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	146,6	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	5,6	0,0	0,0
Adlafia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cavinula sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis euglypta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14657,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis lineata	0,0	0,0	4,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis neodiminuta	0,0	0,0	4,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cymbellonitzschia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cymbella pusilla	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14657,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Denticula kuetzingii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14657,0	3,1	146,6	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Denticula spp.	0,0	0,0	53,5	11,0	1144,8	52,6	14657,0	3,1	439,7	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	122,6	55,6	3256,4	3,3
Denticula thermalis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	146,6	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Denticula valida	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	586,3	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diploneis smithii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diploneis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eunotia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	114,5	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fallacia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	57,2	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fragilaria sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gomphonema parvulum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gomphonema sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	114,5	5,3	29314,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gyrosigma sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4396,2	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Halamphora atacamana	336,7	5,6	4,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	5,6	13025,7	13,1
Halamphora carvajaliana	0,0	0,0	4,9	1,0	0,0	0,0	43971,1	9,4	0,0	0,0	21985,5	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40705,4	41,0
Halamphora spp.	0,0	0,0	14,6	3,0	171,7	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17584,7	26,7	0,0	0,0	16282,2	16,4

Folio007043

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (cél·mm^{-2})	CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Haloroundia speciosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,5	11,1	0,0	0,0
Karayevia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7328,5	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lemnicola hungarica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3256,4	3,3
Mastogloia smithii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	5,6	0,0	0,0
Mastogloia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	5,6	0,0	0,0
Navicula cryptotenella	336,7	5,6	9,7	2,0	0,0	0,0	14657,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1628,2	1,6
Navicula salinicola	673,4	11,1	126,5	26,0	0,0	0,0	146570,3	31,3	0,0	0,0	14657,0	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula radiosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7328,5	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia amphibia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1628,2	1,6
Navicula spp.	673,4	11,1	63,3	13,0	0,0	0,0	14657,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6512,9	6,6
Nitzschia epithemoides	673,4	11,1	4,9	1,0	0,0	0,0	14657,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	30773,3	46,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia latens	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58628,1	12,5	439,7	18,8	0,0	0,0	4396,2	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia halloyii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	146,6	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia pusilla	1010,1	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	29314,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia spp.	673,4	11,1	87,6	18,0	400,7	18,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4396,2	6,7	12,3	5,6	1628,2	1,6
Pinnularia spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium biporomum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium delicatulum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29314,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium lanceolatum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium spp.	0,0	0,0	19,5	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pseudostaurosira brevistriata	0,0	0,0	19,5	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9769,3	9,8
Pseudostaurosira sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Staurosira venter	0,0	0,0	19,5	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Staurosirella pinnata	673,4	11,1	38,9	8,0	0,0	0,0	14657,0	3,1	146,6	6,3	7328,5	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stauroneis atacamae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7328,5	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Scoliopleura peisonis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1628,2	1,6
Staurosirella sp.	336,7	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Folio007044

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (cél·mm^{-2})	CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Surirella sella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rhopalodia musculus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7328,5	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tryblionella hungarica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14657,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tryblionella compressa	0,0	0,0	4,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7328,5	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ulnaria ulna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	5,6	0,0	0,0
Pennada indet.	673,4	11,1	4,9	1,0	57,2	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	7328,5	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Riqueza Total	9		16		7		15		9		8		6		8		11	
Abundancia Total	6060,7		486,5		2175,1		469024,8		2345,1		87942,2		65942,7		220,6		99321,2	
Riqueza Promedio	10,7 ± 4,7						10,6 ± 3,7						8,3 ± 2,5					
Abundancia Promedio	2908 ± 2858						186437 ± 248442						55161 ± 50422					

b) Fitoplancton

Para el ensamble Fitoplanctónico las riquezas fueron heterogéneas para las diferentes campañas, el mayor valor registrado para la riqueza total fue de 13 taxa en el punto CAR-3 en Marzo y el menor valor fue de 3 taxa en el punto CAR-3 en octubre. Las riquezas promedios estuvieron entre los 6,3 ± 4,2 taxa en octubre, 7,6 ± 1,15 taxa en Agosto y 9,6 ± 5,4 taxa en Marzo (Figura 2-53a, Tabla 2-26).
La abundancia fitoplanctónica también presentó una tendencia irregular entre los puntos de muestreo en las diferentes campañas, con un promedio de 1336 ± 1950 cél/L en octubre, 393, 4 ± 432,4 cél/L en Agosto y 6,03 ± 5,43 cél/ L en Marzo. El máximo valor se registró en CAR-1 con 3576,8 cél/L en octubre, mientras que el mínimo se registró en el punto de muestreo CAR-2 con 2,15 cél/L en Marzo (Figura 2-53b, Tabla 2-26).
En cuanto a la abundancia relativa, las especies dominantes en el Salar Carcote fueron Halamphora carvajaliana, Pseudostaurosira brevistriata y Denticula valida. Para la campaña de octubre en el punto CAR-1 dominó Pseudostaurosira sp. (25%), en CAR-2 Halamphora carvajaliana (56%), y en CAR-3 Nitzschia spp. (79%). Por su parte, en la campaña de Agosto en CAR-1 dominó Planothidium spp. (29%), en CAR-2 Denticula valida (53%), y en CAR-3 Pseudostaurosira spp. (50%). Finalmente en la campaña de Marzo dominó en CAR-1 Pseudostaurosira brevistriata (47%), en el punto CAR-2 Denticula valida (17%) y en CAR-3 Halamphora carvajaliana (41%) (Figura 2-53c, Tabla 2-26).

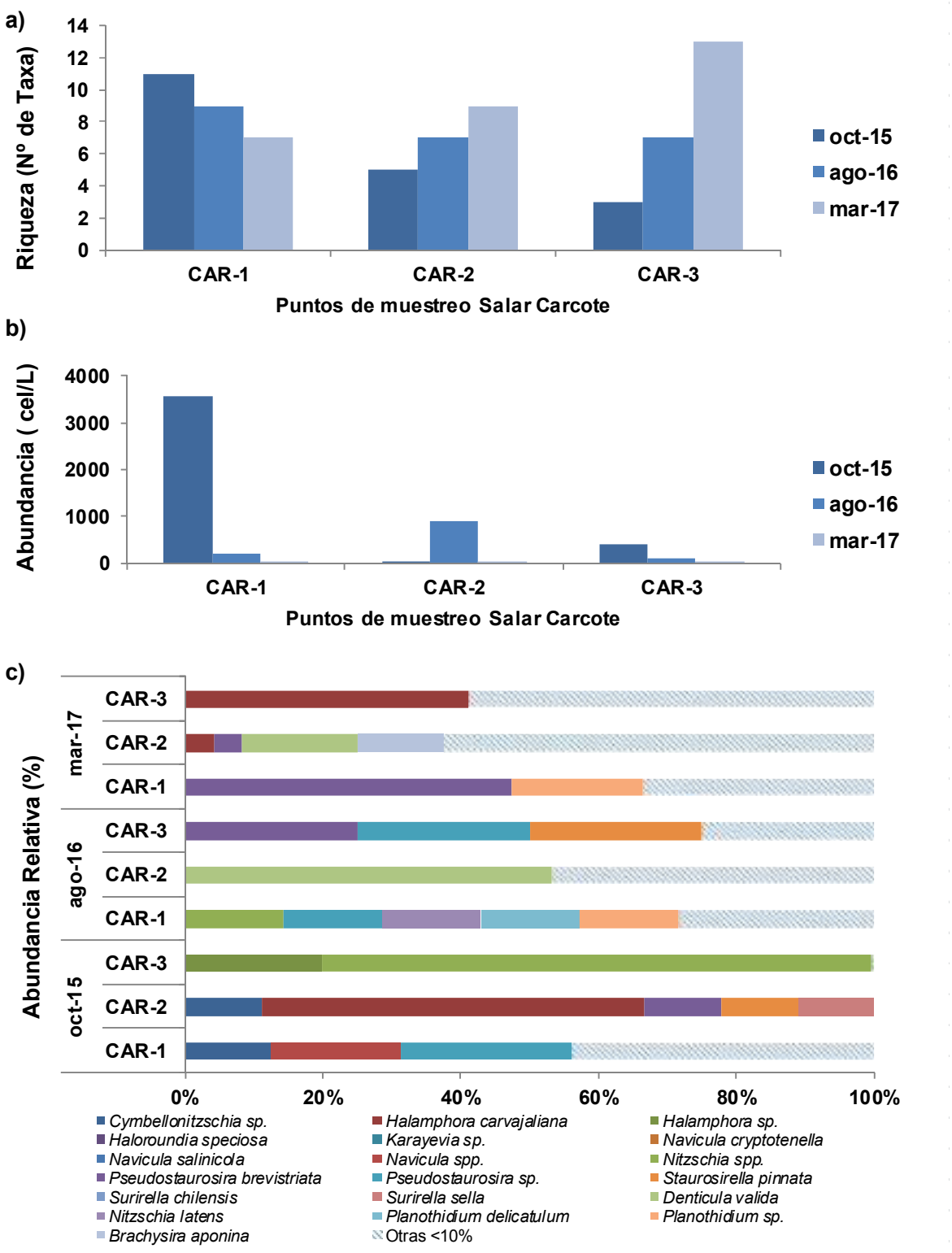


Figura 2-53 a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/L) y c) Abundancia Relativa (%) de Fitoplancton registrada en la campaña octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar Carcote.

Folio007046

Tabla 2-26. Abundancia (cél. L-¹) de taxa fitoplanctónicos registrados en la campaña de octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar Carcote. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón.

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Cél·L⁻¹)	CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Chlorophyceae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oedogonium sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Conjugatophyceae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Closterium sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Spirogyra sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zygnema sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cyanophyceae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Anabaena sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nodularia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oscillatoria limosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oscillatoria sp.	5,1	0,1	0,0	0,0	2,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,5	3,8
Otras diatomeas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mediophyceae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cyclotella ocellata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bacillariophyceae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Achnanthes sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	8,3	0,6	4,6
Achnanthidium exiguum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,6
Achnanthidium sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,6
Brachysira aponina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	12,5	0,0	0,0
Brachysira sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	4,2	0,0	0,0
Cocconeis euglypta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis neodiminuta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis sp.	223,2	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Caloneis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cymbella pusilla	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,6

Folio007047

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Cél·L^{-1})	CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Cymbellonitzschia sp.	446,5	12,5	3,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Denticula spp.	223,2	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	16,7	0,6	4,6
Denticula kuetzingii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	470,0	53,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diploneis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Euglena sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,6	0,0	0,0	0,0	0,2
Fallacia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fragilaria capucina var. vaucheriae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fragilaria sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gomphonema parvulum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gomphonema sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Halamphora atacamana	223,2	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	9,1
Halamphora carvajaliana	223,2	6,2	14,8	55,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	120,0	6,3	0,0	0,0	0,1	4,2	5,0	41,1
Halamphora sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	80,6	19,9	10,0	7,1	0,0	0,0	120,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Haloroundia speciosa	223,2	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Karayevia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lemnicola hungarica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,6
Mastogloia braunii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula cryptotenella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	9,5	0,1	4,2	0,6	4,6
Navicula salinicola	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	7,1	60,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula spp.	669,7	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,6
Nitzschia latens	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	14,3	60,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,6
Nitzschia halloyii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia spp.	223,2	6,2	0,0	0,0	322,6	79,5	30,0	14,3	0,0	0,0	120,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pinnularia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium biporomum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	14,3	0,0	0,0	120,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium lanceolatum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium hauckianum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0

Folio007048

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Cél·L^{-1})	CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Planothidium sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	14,3	60,0	6,7	0,0	0,0	0,7	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pseudostaurosira brevistriata	0,0	0,0	3,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	490,0	25,0	1,8	47,4	0,1	4,2	0,0	0,0
Pseudostaurosira sp.	892,9	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	14,3	0,0	0,0	490,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stauroneis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Staurosira venter	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Staurosirella pinnata	0,0	0,0	3,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	490,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Surirella chilensis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Surirella sella	0,0	0,0	3,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	9,5	0,2	8,3	0,0	0,0
Rhopalodia acuminata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,6
Tryblionella compressa	223,2	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ulnaria ulna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pennada indet.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Riqueza Total	11		5		3		9		7		7		7		9		13	
Abundancia Total	3576,8		26,7		405,6		190,0		890,0		100,2		3,7		2,2		12,2	
Riqueza Promedio	6,3 ± 4,2						7,6 ± 1,15						9,6 ± 5,4					
Abundancia Promedio	1336 ± 1950						393, 4 ± 432,4						6,03 ± 5,4					

c) Zooplancton

La riqueza total de la comunidad de zooplancton varío con un máximo de 6 taxa en la campaña de Agosto en el punto CAR-1 y un mínimo de cero taxa en el punto CAR-1 y CAR-2 en octubre, CAR-2 en Agosto, CAR-2 y CAR-3 en Marzo. Para la campaña de octubre la riqueza promedio fue de 0,3 ± 2,8 taxa, 3 ± 3 taxa en Agosto y 0,33 ± 0,57 taxa en Marzo (Figura 2-54a, Tabla 2-27).

La abundancia zooplanctónica, presentó un promedio de 42,7 ± 64 ind/L en la campaña de Octubre, 0,000509 ± 0,00053 ind/L en Agosto y 0,00116 ± 0,002 ind/L en Marzo. El máximo valor se registró en CAR-3 con 128 ind/L en la campaña de Octubre, mientras que los mínimos se registraron en los puntos de muestreo CAR-1 y CAR-2 en octubre, CAR-2 en agosto, CAR-2 y CAR-3 en Marzo con cero individuos. (Figura 2-54b, Tabla 2-27).
En cuanto a la abundancia relativa, los resultados indicaron que para el Salar CArcote dominaron los Copepoda Harpacticoida y Canthocamptidae indet. En la campaña de octubre en el punto CAR-3 dominó Canthocamptidae indet. (100%), en Agosto en el punto CAR-1 Halacaridae (25%) y en CAR-3 Copepoda Harpacticoida (84%). Finalmente en la

Folio007049

campaña de Marzo en Car-1 dominó Copepoda Harpacticoida (100%) (Figura 2-54c, Tabla 2-27).

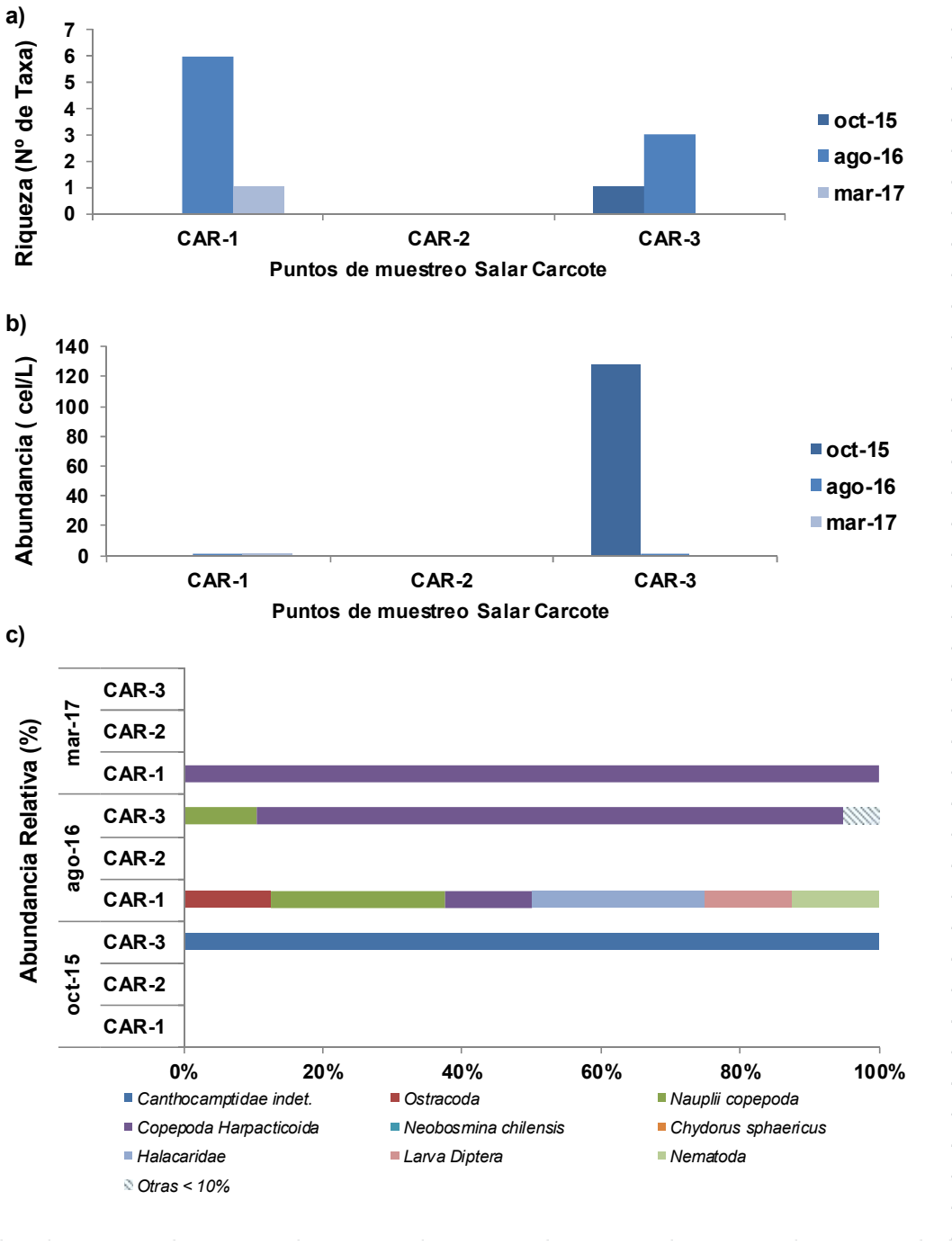


Figura 2-54. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/L) y c) Abundancia Relativa (%) de Zooplancton registrada en la campaña octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 en el Salar Carcote.

Folio007050

Tabla 2-27. Abundancia (cél. L^{-1}) de taxa Zooplanctónicos registrados en la campaña de octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar Carcote. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón.

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Ind·L^{-1})	CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Canthocamptidae indet.	0	0	0	0	128	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nauplii copepoda	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
Acartia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
Copepoda Harpacticoida	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	84	0	0	0	0	0	0
Halacaridae	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva Diptera	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Harpacticoida indet.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Abundancia Total	0		0		128		0,0004		0		0,001		0,003		0		0	
Riqueza Total	0		0		1		6		0		3		1		0		0	
Abundancia Promedio	42,7 ± 64						0,0005 ± 0,00053						0,001 ± 0,002					
Riqueza Promedio	0,3 ± 2,8						3 ± 3						0,33 ± 0,57					

Folio007051

d) Macroinvertebrados Bentónicos

Los ensambles de macroinvertebrados bentónicos presentaron una riqueza heterogénea para las campañas de sucesivas de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017, sin embargo destaca el punto CAR-1 donde en las campañas de Octubre y agosto ny en el punto CAR-2 en octubre y marzo no se han registrado individuos. Para la campaña de octubre el promedio de riquezas fue de 0,3 ± 0,6 taxa, en agosto 0,67 ± 1,15 taxa y en marzo fue de 1,6 ±5,1 taxa. El mayor valor de riqueza en los puntos anteriormente señalados donde no se registraron individuos (Figura 2-82a, Tabla 2-28).

Respecto a la abundancia total de zoobentos, el promedio de los puntos muestreados en el Salar Carcote fue de 11,1 ± 19,2 ind•m-² en la campaña de octubre, 7071 ± 12030 ind•m-² en la campaña de agosto y de 673,4 ± 956,1 ind•m-² en la campaña de marzo. El máximo valor de abundancia total se registró en el punto CAR-3 con 20961,5 ind•m-² en la campaña de agosto, mientras que el mínimo se observó en los puntos anteriormente señalados donde no se registraron individuos (Figura 2-82b, Tabla 2-28).

Por su parte, la abundancia relativa demostró que en el Salar Carcote destacan principalmente los Insectos de la familia Chironomidae, Canthocamptidae y los Amphipodos de la familia Hylalellidae. Destacan principalmente los Chironomidae indeterminados (larva) con dominancia en las 3 campañas, en octubre en el punto CAR-1, en agosto en el punto CAR-2 y en marzo en los puntos CAR-1 y CAR-3. (Figura 2-82c, Tabla 2-28).

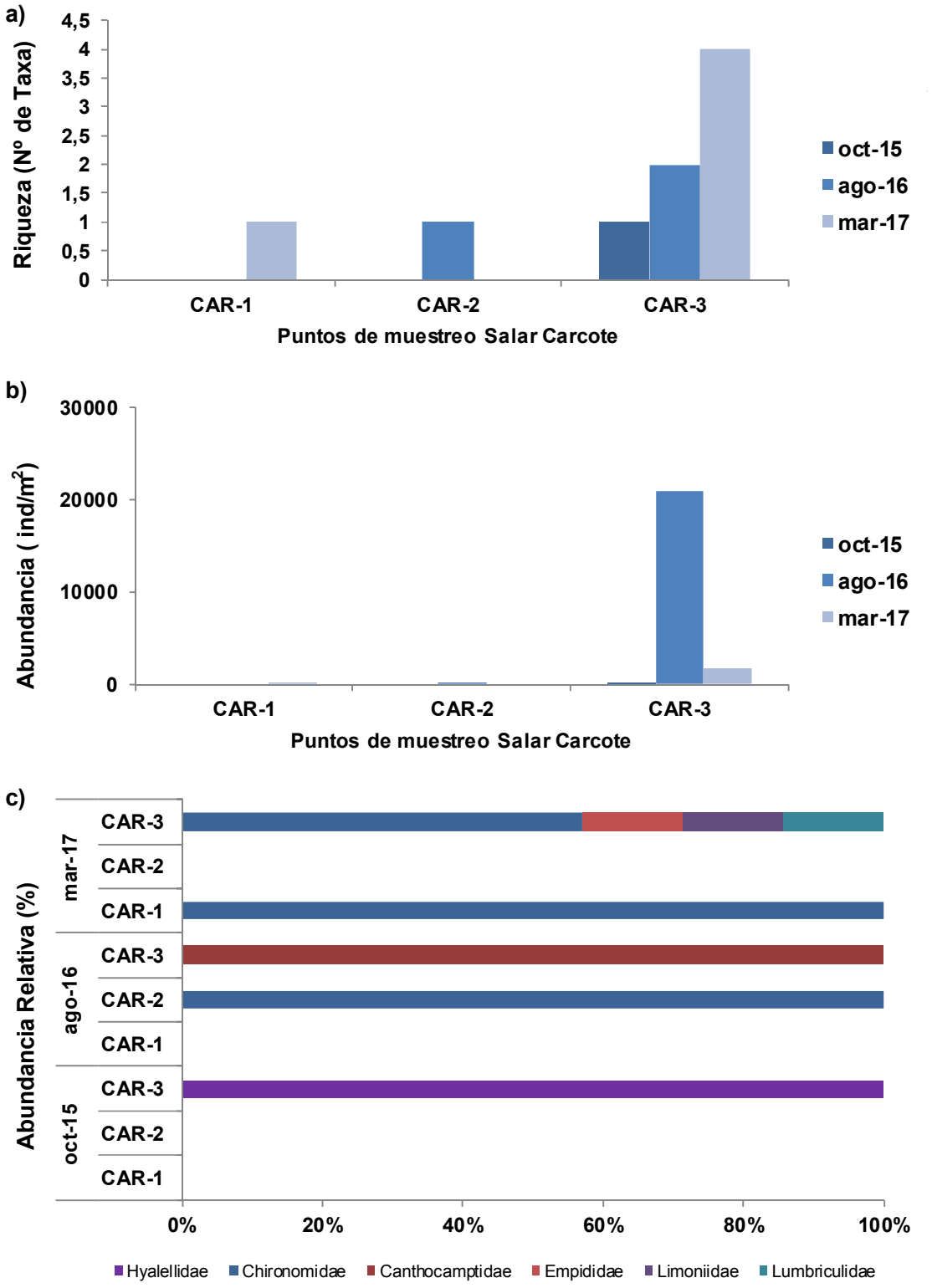


Figura 2-55. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (ind/m^2) y c) Abundancia Relativa (%) de Zoobentos registrada en la campaña octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 en el Salar Carcote.

Folio007053

Tabla 2-28. Abundancia (ind/m^2) de taxa Zoobentos registrados en la campaña de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en el Salar Carcote. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón.

Clase / Familia (Ind m-²)	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
	CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3		CAR-1		CAR-2		CAR-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Hirudinea	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Elmidae	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chironomidae	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	252,5	0,0	0,0	0,0	252,5	100,0	0,0	0,0	1010,1	57,1
Empididae	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	252,5	14,3
Limoniidae	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	252,5	14,3
Simuliidae	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hydroptilidae	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dolichopodidae	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	252,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hyalellidae	0	0,0	0,0	0,0	33,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hyalellidae	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20707,1	98,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nematoda (Filo)	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dugesiidae	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lumbriculidae	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	252,5	14,3
Riqueza Total	0		0		1		0		0		2		1		0		4	
Abundancia Total	0,0		0,0		33,3		0,0		252,5		20961,6		252,5		0,0		1767,7	
Riqueza Promedio	0,3 ± 0,6						0,67 ± 1,15						1,6 ±5,1					
Abundancia Promedio	11,1 ± 19,2						7071 ± 12030						673,4 ± 956,1					

Folio007054

2.2.4.6 Flora y Vegetación

a) Flora terrestre

La riqueza florística registrada a lo largo de las 3 campañas de monitoreo realizadas en el Salar de Carcote alcanzó un total de 6 especies, las cuales pertenecen a 5 familias diferentes (Tabla 2-29). Las 6 especies encontradas tienen un origen nativo y un hábito de crecimiento herbáceo. Cabe mencionar que dentro del sector del Salar de Carcote no se encontraron especies en categoría de conservación.

Tabla 2-29. Riqueza florística del Salar de Carcote.

Nombre científico	Familia	Origen fitogeo.	Tipo biológico	Estado de Conservación	Registro de especies por temporada		
					Prim. 2015	Inv. 2016	Ver. 2017
Baccharis acaulis	Asteraceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría	x	x	x
Sarcocornia pulvinata	Chenopodio-aceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría	x	x	x
Zameioscirpus atacamensis	Cyperaceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría		x	x
Triglochin concinna	Juncagina-ceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría	x	x	x
Distichlis humilis	Poaceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría	x	x	x
Puccinellia frigida		Nativo	Herbácea	Sin categoría	x	x	x

b) Vegetación terrestre

La formación vegetal que domina al interior de esta unidad corresponde a una Vega, donde dominan las hierbas *Sarcocornia pulvinata* y *Triglochin concinna*. Algunas de las especies participantes registradas dentro de la formación vegetal correspondieron a *Puccinellia frigida*, *Distichlis humilis* y *Baccharis acaulis.*

Folio007055

Figura 2-56. Vega Salina Salar de Carcote.

En relación al aporte de cobertura vegetal por especie registrado en los transectos vegetacionales (Tabla 2-30) fue posible observar que el mayor valor se encontró en T6 (98,68%), valor correspondiente a la temporada Verano 2017, mientras que el valor de cobertura más bajo se registró en T5 (42,62%), el cual se registró durante la temporada Primavera 2015. Al comparar las diferentes temporadas de monitoreo, se observó que el mayor valor de cobertura vegetal promedio se registró durante la última campaña de monitoreo (Verano 2017), valor que correspondió a un 77,17% de cobertura vegetal.

En consideración a la participación de las especies y la composición florística dentro de los transectos, las hierbas *Sarcocornia pulvinata* y *Triglochin concinna* fueron las que presentaron los mayores valores de cobertura vegetal dentro de los transectos realizados, siendo esta última la única especie que se presentó en todos los transectos realizados a lo largo de las 3 campañas de monitoreo, mientras que las especies *Puccinellia frigida* y *Zameioscirpus atacamensis* fueron las que obtuvieron la menor presencia dentro de los transectos realizados durante los monitoreos (Tabla 2-30).

Folio007056

Tabla 2-30. Resultados de cobertura (%) en transectos por temporada, sector Carcote.

Especie	Transectos por temporada																				
	Primavera 2015						Invierno 2016								Verano 2017							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Baccharis acaulis	1,64	1,64	1,64	0,00	p	p	0,00	0,00	0,00	0,00	p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	p	0,00	0,00	0,00
Distichlis humilis	0,00	1,64	1,64	0,00	p	p	p	p	0,00	0,00	p	0,00	0,00	0,00	1,37	p	0,00	0,00	p	0,00	0,00	0,00
Puccinellia frigida	0,00	0,00	21,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sarcocornia pulvinata	19,67	31,15	45,90	21,31	26,23	3,28	16,90	24,76	35,71	19,05	22,39	0,00	31,07	6,98	38,36	51,40	49,40	41,24	30,26	25,00	52,21	25,29
Triglochin concinna	62,30	14,75	14,75	19,67	16,39	91,80	70,42	57,14	20,00	51,19	37,31	98,36	33,98	50,00	46,58	30,84	12,05	31,96	19,74	65,79	24,78	37,93
Zameioscirpus atacamensis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,89	0,00	25,29
Rastrojo	0,00	0,00	3,28	3,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Riqueza	3,00	4,00	6,00	3,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	2,00	4,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	4,00	3,00	2,00	3,00
Cobertura	83,61	49,18	88,52	44,26	42,62	95,08	87,32	81,90	55,71	70,24	59,70	98,36	65,05	83,72	86,31	82,24	61,45	73,20	50,00	98,68	76,99	88,51
Riqueza promedio	4,00						2,63								2,88							
Cobertura promedio (%)	67,21						75,25								77,17							

Folio007057

c) Plantas Acuáticas

En el sector de Carcote no se registraron plantas acuáticas.

2.2.4.7 Fauna Terrestre

Los sectores prospectados durante las campañas de octubre de 2015 (primavera), agosto de 2016 (invierno) y marzo de 2017 (verano), presentaron los siguientes ambientes:

- Sector 1: Lagunas y bofedal. Laguna entre 100-120 m aproximadamente de ancho. Cobertura vegetacional media, bofedal. Matorral al lado del camino.
- Sector 2: Lagunas y bofedal. Laguna de 300 m de ancho aproximadamente. Cobertura vegetacional baja, bofedal. Ladera sustrato pedregoso, presencia de rocas y matorral.

Durante las campañas de terreno se detectaron un total de 27 especies de fauna en los tres sectores prospectados, correspondientes a 19 especies aves, siete mamíferos, y un reptil. Respecto a la abundancia, se contabilizó un total de 342 individuos, valor entregado principalmente por la avifauna del sector (Tabla 2-31).

Folio007058

Tabla 2-31. Abundancia (número de individuos) y riqueza (número de especies) detectadas durante la campaña de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el salar de Carcote.

Nombre científico	Nombre común	Primavera 2015		Invierno 2016		Verano 2017	
		Sector 1	Sector 2	Sector 1	Sector 2	Sector 1	Sector 2
Clase Aves							
Anatidae							
Anas flavirostris	Pato jergón chico				2		
Lophonetta specularioides	Pato juarjual	4	2	2			2
Oressochen melanopterus	Piuquén	4				2	1
Charadriidae							
Charadrius alticola	Chorlo de la puna	5	1		6		
Columbidae							
Metriopelia aymara	Tortolita de la puna	10				12	
Falconidae							
Falco femoralis	Halcón perdiguero		1				
Fringillidae							
Carduelis atrata	Jilguero negro					1	
Furnariidae							
Geositta punensis	Minero de la puna	2		1	2	10	
Laridae							
Chroicocephalus serranus	Gaviota andina	3		3			
Motacillidae							
Anthus correndera	Bailarín chico	1					
Phoenicopteridae							
Phoenicoparrus andinus	Parina grande			26			
Phoenicoparrus jamesi	Parina chica		1				1
Phoenicopterus chilensis	Flamenco chileno	22		7		5	1
Recurvirostridae							
Recurvirostra andina	Caití	15	2	16			
Scolopacidae							
Calidris bairdii	Playero de Baird	27	41		5		
Steganopus tricolor	Pollito de mar tricolor	19					
Thraupidae							
Phrygilus unicolor	Pájaro plomo					5	
Tyrannidae							
Lessonia oreas	Colegial del norte						2
Muscisaxicola rufivertex	Dormilona nuca rojiza		2				
Subtotal Abundancia		112	50	55	15	35	7
Subtotal Riqueza		11	7	6	4	6	5
Clase Mammalia							

Folio007059

Nombre científico	Nombre común	Primavera 2015		Invierno 2016		Verano 2017	
		Sector 1	Sector 2	Sector 1	Sector 2	Sector 1	Sector 2
Camelidae							
Lama glama	Llama						p
Vicugna vicugna	Vicuña	9	6	44		2	
Canidae							
Lycalopex culpaeus	Zorro culpeo	2	p		p		p
Cricetidae							
Abrothrix andinus	Ratón andino			1			
Akodon albiventer	Raton de vientre blanco						1
Eligmodontia puerulus	Ratón de pie sedoso	2					
Ctenomyidae							
Ctenomys fulvus	Tuco-tuco de Atacama		p		p		p
Subtotal Abundancia		13	6	45	0	2	1
Subtotal Riqueza		3	3	2	2	1	3
Clase Reptilia							
Liolaemidae							
Liolaemus andinus	Lagartija andina						1
Subtotal Abundancia		0	0	0	0	0	1
Subtotal Riqueza		0	0	0	0	0	1

*p= corresponde a la detección por evidencia indirecta, como la presencia de cuevas, fecas y/o huellas, lo que no permite asignar una abundancia específica.

Folio007060

En relación a la estacionalidad de los registros, considerando los dos sectores, la campaña de primavera fue la que presentó mayor riqueza, detectándose un total de 18 especies de vertebrados, mientras que en invierno se registró el menor valor de 13 especies. De acuerdo a la representatividad de cada sector, en primavera e invierno, el sector 1 presentó la mayor cantidad de especies pertenecientes al grupo de aves y mamíferos, mientras que en verano, el sector 2 se mostró como el más diverso, registrándose además de los grupos señalados, un reptil (Figura 2-57).

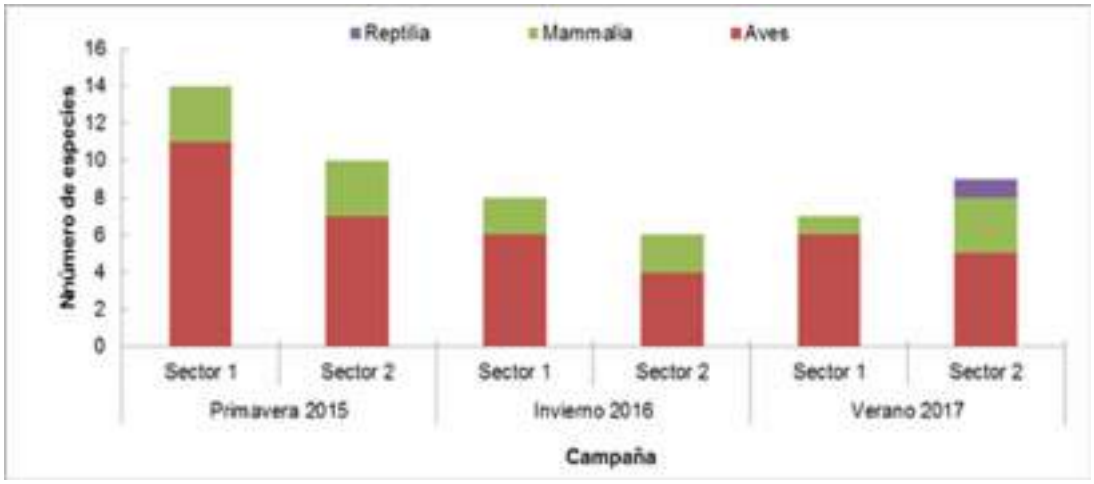


Figura 2-57 Riqueza (número de especies) registradas durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017, según sector de prospección, en el salar Carcote.

El grupo más diverso y abundante en las campañas realizadas correspondió a la avifauna. Durante la campaña de primavera, el playero de Baird se muestra como la especie más abundante de forma relativa (n=68; 42,8%), seguida del flamenco chileno (n=22; 13,8%) y el pollito de mar tricolor (n=19; 11,9%). Durante la campaña de invierno, la parina grande (n=26; 37,1%) se muestra como la especie dominante, seguida por el caití (n=16; 22,9%), y el flamenco chileno (n=7; 10%)(Figura 2-58). De esta forma, el grupo más numeroso en primavera e invierno correspondió al de las aves acuáticas, las que se asocian directamente con el cuerpo de agua existente. El resto de las especies corresponderían a especies de hábitos terrestres como ocurrió en temporada de verano. Respecto a los sectores donde se registró a esta clase, en todas las campañas, el sector 1 presentó la mayor cantidad de evidencias directasy número de especies.

Folio007061

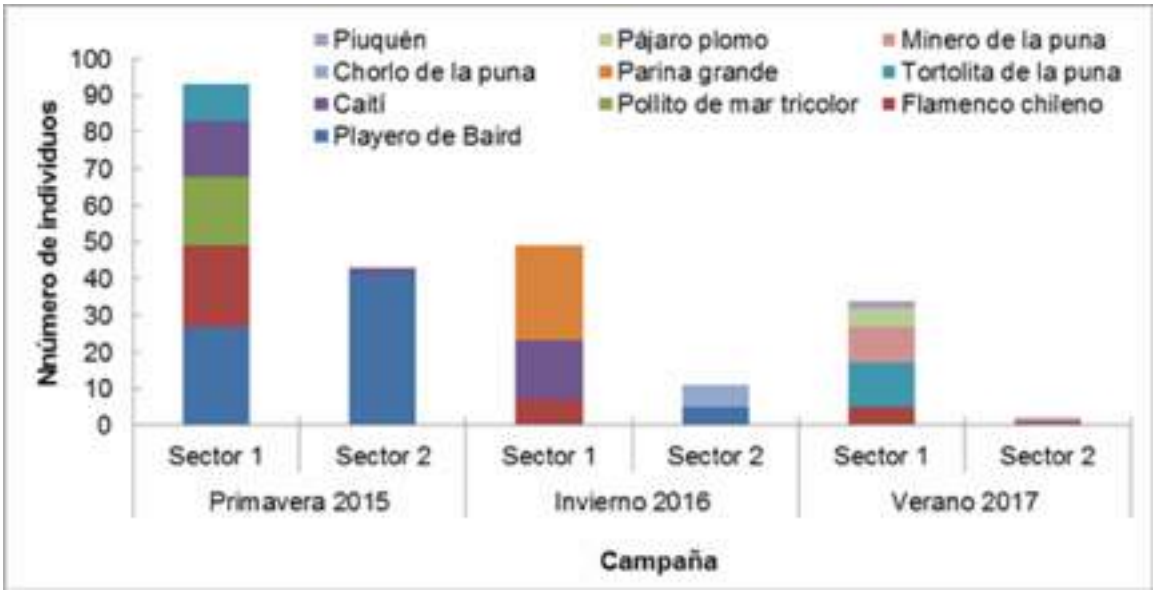


Figura 2-58 Abundancia (número de individuos) de las aves con valores sobre el 75% de forma relativa detectada durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el salar de Carcote.

Respecto a los mamíferos, la campaña de verano muestra la mayor riqueza, con cinco especies detectadas, mientras que en primavera e invierno se detectaron cuatro especies. Los registros directos están entregados principalmente por la presencia de vicuñas, las que presentaron mayores abundancias en invierno, luego en verano y finalmente en primavera, detectándose 44, 15, y dos individuos, respectivamente (Tabla 2-31). Esta especie concentró sus registros en el sector 1 en temporada de invierno. La detección de micromamíferos como el ratón andino, el ratón de vientre blanco y el ratón de pie sedoso, aparecen en el sector 1 (matorral asociado al salar) durante las épocas de primavera e invierno, y en el sector 2, (matorral y pedregal asociado a salar) con abundancias que no superan a los dos indviduos.primavera y verano). En relación a los carnívoros, se destaca la presencia directa de dos individuos de zorro culpeo en el sector 1 durante la campaña de primavera, luego, esta especie, se registra sólo de forma indirecta (huellas y/o fecas) en el sector 2 del salar de Carcote.

En relación a los reptiles, sólo se identificó la presencia de una especie correspondiente a la lagartija andina, detectándose un ejemplaren el sector 2 durante la campaña de verano (Tabla 2-31).
Durante las tres campañas no se detectaron anuros.
En cuanto al estado de conservación de las especies detectadas en el salar de Carcote, la Tabla 2-32muestra las especies que se encuentran categorizadas según legislación nacional vigente. Las especies en categoría de amenaza, es decir, En Peligro o Vulnerable, corresponden a cuatro especies de aves (flamenco chileno, parina chica, parina grande y gaviota andina), y dos especies de mamíferos (vicuña y tuco-tuco de Atacama).

Folio007062

Tabla 2-32 Especies de vertebrados detectadas durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el salar de Carcote, según origen, estado de conservación y legislación nacional vigente.

Nombre científico	Nombre común	Origen	Estado de Conservación	Documento de referencia
Clase Ave				
Phoenicopteridae				
Phoenicopterus chilensis	Flamenco chileno	Nativo	Vulnerable	DS 5/1998 MINAGRI
Phoenicoparrus jamesi	Parina chica	Nativo	Vulnerable	DS 5/1998 MINAGRI
Phoenicoparrus andinus	Parina grande	Nativo	Vulnerable	DS 38/2015 MMA
Laridae				
Chroicocephalus serranus	Gaviota andina	Nativo	Vulnerable	DS 5/1998 MINAGRI
Anatidae				
Oressochen melanopterus	Piuquén	Nativo	Preocupación Menor	DS 16/2016 MMA
Clase Mammalia				
Cricetidae				
Eligmodontia puerulus	Ratón de pie sedoso	Nativo	Preocupación Menor	DS 13/2013 MMA
Ctenomyidae				
Ctenomys fulvus	Tuco-tuco de Atacama	Nativo	Vulnerable	DS 5/1998 MINAGRI
Camelidae				
Vicugna vicugna	Vicuña	Nativo	En Peligro	DS 5/1998 MINAGRI
Canidae				
Lycalopex culpaeus	Zorro culpeo	Nativo	Preocupación menor	DS 33/2012 MMA

Folio007063

2.2.4.8 Flujo de gases de efecto invernadero (GEI)

De forma tal de comprender el contexto de los resultados que se presentan a continuación , en la sección 2.2.3.8 se explicitó la información teórica que permite dar sentido a éstos resultados.

Figura 2-59 Monitoreo de GEI en distintas matrices en Salar de Carcote, arriba durante primavera de 2015 y abajo en verano de 2017.

Folio007064

La zona de estudio se ubicó en el extremo sur del salar donde se presenta una serie de lagunas hipersalinas de tamaños variables. Además de una zona de afloramientos en el borde del salar, el resto es costra salina con distintos grados de dureza y matriz arenosa. Se aprecian microbialitos en toda la extensión y vegetación azonal dispersa en núcleos y cojines al borde (Figura 2-59 y Figura 2-60).

Se distribuyeron 4 sitios de medición, ubicándose 3 anillos en la matriz suelo y escogiéndose 1 zona acuática, abarcando así formaciones representativas de un área del borde del salar, ubicadas en una zona de surgencia, con costra salina y parches de vegetación, además de una zona de laguna permanente. La ubicación y altitud geográficas de los puntos de monitoreo de gases se presentan en Tabla 2-209 y en Figura 2-60.

Debido a que en este sistema estudiado se realizaron curvas diarias de los flujos de CO_2 y CH_4 en los 4 puntos de monitoreo, los flujos estimados si pueden ser considerados como representativos del aporte del ecosistema completo en términos cualitativos y en las condiciones particulares que se realizó el estudio.

Tabla 2-33. Puntos de monitoreo de gases en matrices terrestre y acuática en salar de Carcote.

Sector de estudio	Puntos de muestreo	Coordenadas (UTM, WGS84, Huso 19K)		
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (msnm)
Salar Carcote	CAR-1	559708	7631801	3704
	CAR-2	559723	7631792	3703
	CAR-3	559723	7631776	3702
	CAR – Acuática	559727	7631763	3702

Figura 2-60 Ubicación de puntos de monitoreo de gases de efecto invernadero en Salar de Carcote. Derecha, vista completa del ecosistema e izquierda, zona ampliada del área estudiada (imagen satelital de Google Earth, 2016).

Folio007065

- **Punto CAR – 1**

Este punto de monitoreo se observó vegetación azonal de aproximadamente 5 cm de altura cercana a un pequeño afloramiento de agua salobre y estancada. La vegetación se ocupa ¾ de la superficie encerrada por el anillo (Figura 2-223-A). El sustrato observado fue costra salina con microbialitos. El nivel del agua se encontró a menos de 5 cm de la superficie.

- **Punto CAR – 2**

Este sitio fue dispuesto sobre la matriz de costra salina, con nula presencia de vegetación. El sustrato se observó duro y seco, probablemente de halita y yeso (Figura 2-223-B).

- **Punto CAR – 3**

Este punto de monitoreo se situó aproximadamente a 20 cm del borde de una pequeña laguna hipersalina sobre un formación de tipo cojín compuesto por individuos de 2 o 3 especies distintas que no superaban los 5 cm de altura. La vegetación se observó homogénea en la totalidad del anillo (Figura 2-223-C). El agua se encontró a escasos centímetros de la superficie (1 – 2 cm).

- **Estación acuática**

La zona acuática sobre la cual se realizaron las mediciones presentó un altura de la columna de agua de 15 cm (invariable entre campañas) y estuvo ubicada a 30 cm de la orilla (Figura 2-223-D). Se observó un fondo fangoso blando de color negro - pardo del cual se desprende olor a descomposición probablemente por producción de sulfuro de hidrógeno (H_2S) y metano (CH_4).

Folio007066

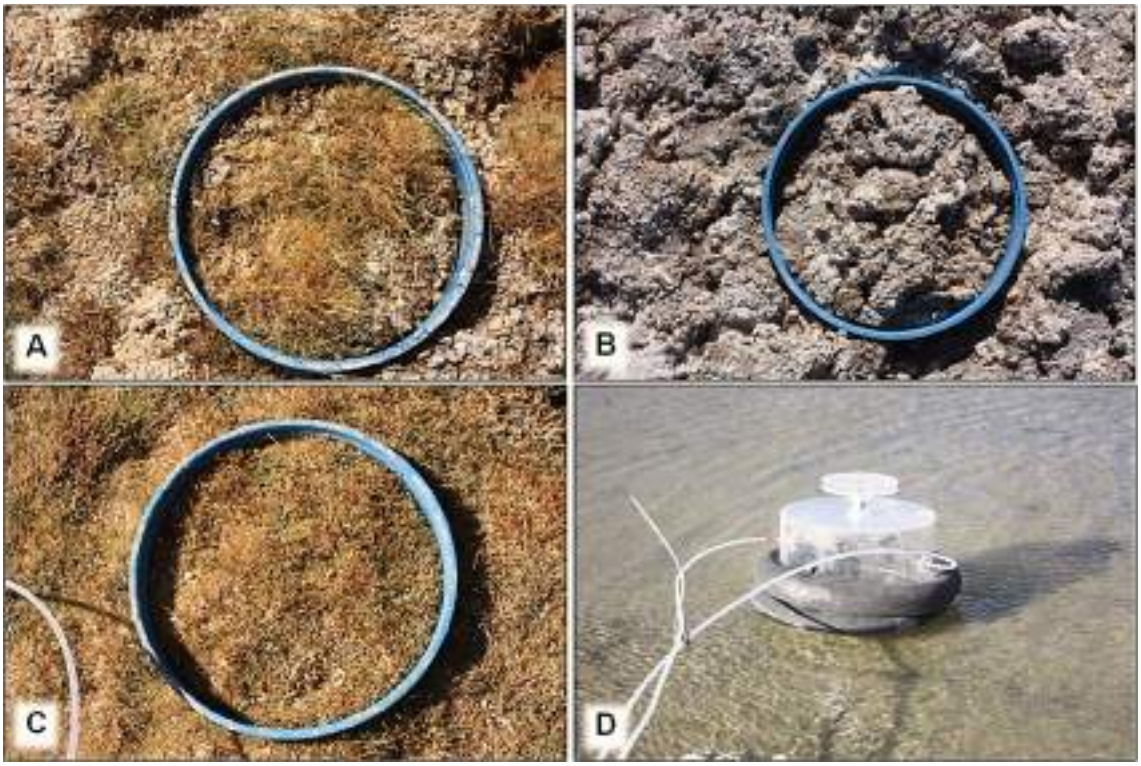


Figura 2-61. Vista de los sitios de medición de gases en el Salar de Carcote (en octubre 2015). A) CAR – 1, B) CAR – 2, C) CAR – 3 y D) CAR – Acuática.

a) Flujos en matriz terrestre

- **CAR – 1**

El flujo superficial de dióxido de carbono (CO_2) en este sitio fue negativo, es decir, en todas las campañas se observó absorción, en promedio, fue de -3001 ± 2223 mg/m^{2}d, oscilando entre un mínimo de -1107 mg/m^{2}d durante invierno y un máximo de -5448 mg/m^{2}d registrado en verano (**Tabla 2-34** y **Figura 2-62-A**).

En lo que respecta al flujo superficial de Metano (CH_4) en este sitio, fue muy bajo durante todas las campañas, en promedio -0.87 ± 0.95 mg/m^{2}d, variando entre una baja absorción de -1.82 mg/m^{2}d en verano y una muy baja emisión de 0.07 mg/m^{2}d durante el invierno (**Tabla 2-34** y **Figura 2-63-A**).

- **CAR – 2**

El flujo de dióxido de carbono en este punto de monitoreo fue variable entre las campañas, con un valor promedio de baja absorción de -66 ± 187 mg/m^{2}d, variando entre una absorción de -229 mg/m^{2}d en primavera y emisión de 139 mg/m^{2}d registrada en invierno (**Tabla 2-34** y **Figura 2-62-A**).
Por otra parte, el flujo de metano en este sitio, fue muy bajo durante todas las campañas, con una baja absorción promedio de -0.35 ± 0.37 mg/m^{2}d, la cual varió entre absorción de -0.69 mg/m^{2}d en verano y una casi nula emisión de 0.04 mg/m^{2}d durante el invierno (**Tabla 2-34** y **Figura 2-63-A**).

- **CAR – 3**

Folio007067

El flujo superficial de dióxido de carbono en este sitio fue variable a través de las campañas con absorción y emisión, en promedio fue absorción de -568 ± 1789 mg/m^{2}d, oscilando entre absorción de -2620 mg/m^{2}d durante el verano y emisión de 667 mg/m^{2}d registrado en primavera (**Tabla 2-34** y **Figura 2-62-A**).
En lo que respecta al flujo superficial de metano en este sitio, se registró un flujo promedio de -0.78 ± 0.85 mg/m^{2}d, variando entre una baja absorción de -1.55 mg/m^{2}d en verano y una escasa emisión de 0.14 mg/m^{2}d durante el invierno (**Tabla 2-34** y **Figura 2-63-A**).

b) Flujos en matriz acuática

El flujo superficial de CO_2 en la superficie del cuerpo de agua fue variable entre los monitoreos y en promedio fue de -268 ± 567 mg/m^{2}d, variando entre un máximo de absorción de -912 mg/m^{2}d registrado en verano y de emisión de 156 mg/m^{2}d medido en primavera (**Figura 2-32-A** y **Tabla 2-34**).
Por otra parte, el flujo superficial de CH_4 también fue variable, con un bajo promedio de -0.03 ± 0.39 mg/m^{2}d, variando entre absorción de -0.47 mg/m^{2}d en verano y emisión de 0.29 mg/m^{2}d registrado en primavera (**Figura 2-33-A** y **Tabla 2-34**).

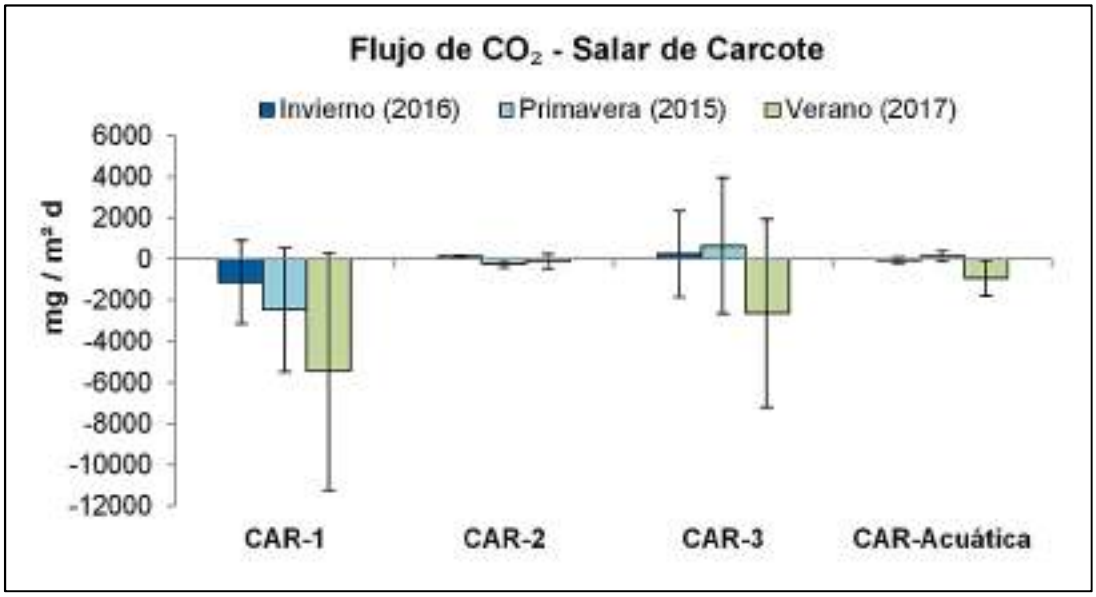
Folio007068

Tabla 2-34. Flujo superficial de CO2 y CH4 registrado en los puntos de monitoreo emplazados en el Salar de Carcote.

Monitoreo		Flujo CO_2		Flujo CH_4	
Estación	**Punto**	**mg/m² x d**	**Promedio ± DS**	**mg/m² x d**	**Promedio ± DS**
Primavera (2015)	CAR-1	-2449 ± 3021	-464 ± 1373	-0,86 ± 0,91	-0,48 ± 0,56
	CAR-2	-229 ± 194		-0,41 ± 0,43	
	CAR-3	667 ± 3309		-0,92 ± 0,65	
	CAR-Acuática	156 ± 277		0,29 ± 0,28	
Invierno (2016)	CAR-1	-1107 ± 2030	-192 ± 622	0,07 ± 0,13	0,08 ± 0,04
	CAR-2	139 ± 43		0,04 ± 0,07	
	CAR-3	249 ± 2079		0,14 ± 0,06	
	CAR-Acuática	-49 ± 148		0,08 ± 0,17	
Verano (2017)	CAR-1	-5448 ± 5749	-2272 ± 2363	-1,82 ± 2,35	-0,90 ± 1,03
	CAR-2	-107 ± 339		-0,69 ± 0,57	
	CAR-3	-2620 ± 4570		-1,55 ± 2,83	
	CAR-Acuática	-912 ± 863		-0,47 ± 1,04	
Promedio	**CAR-1**	**-3001 ± 2223**	**-975 ± 1366**	**-0,87 ± 0,95**	**-0,51 ± 0,39**
	CAR-2	**-66 ± 187**		**-0,35 ± 0,37**	
	CAR-3	**-568 ± 1789**		**-0,78 ± 0,85**	
	CAR-Acuática	**-268 ± 567**		**-0,03 ± 0,39**	

Folio007069

A



B

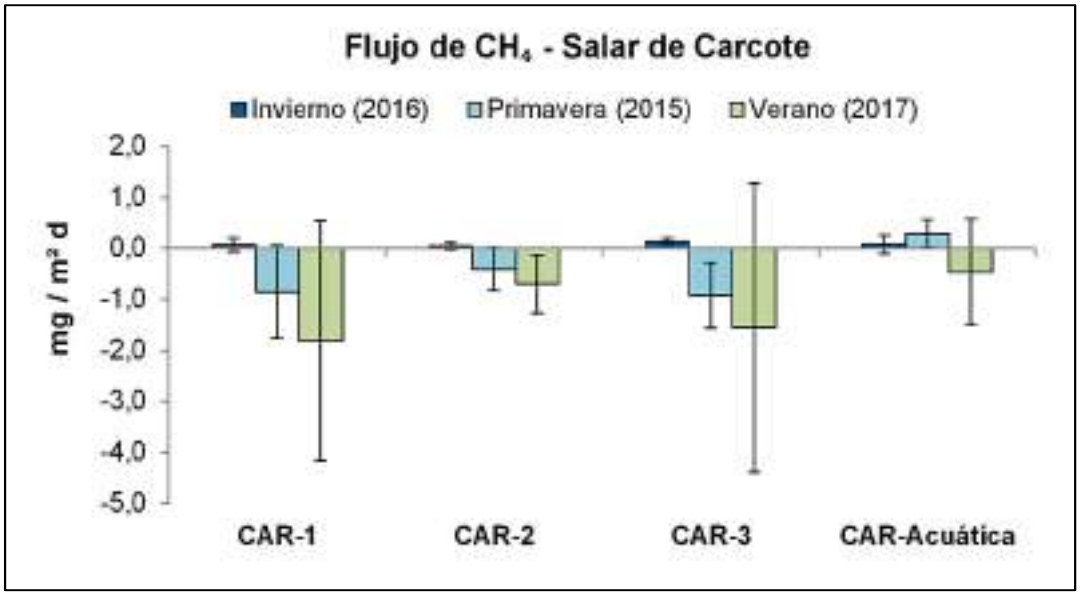


Figura 2-62. Flujo superficial promedio de GEI por punto de muestreo en Salar de Carcote durante las tres campañas de monitoreo, CO_2 (A) y CH_4 (B). Las barras de error representan la desviación estándar.

Folio007070

c) Estimación de flujos en escala espacial

Al igual que en Salar de Aguas Calientes I y en base a la información obtenida del análisis de imágenes hiperespectrales (cálculo de NDVI y NWI) realizó un cálculo estimativo del aporte de cada matriz estudiada, extrapolando el flujo de gas (tasa espacio – temporal) de cada área representada y así obtener la tasa de intercambio de gas del sistema completo.

Para este análisis se atribuyó a cada punto de monitoreo una categoría en base a la ubicación geográfica de dicho punto y a la clasificación asistida de la imagen hiperespectral. De esta forma al punto de monitoreo CAR-1 se atribuyó el carácter de *Vegetación Media Vigorosa*, CAR-2 fue considerado como *Sal (Costra)*, CAR-3 como *Vegetación Altamente Vigorosa* y CAR-Acuática como *Agua* (**Tabla 2-35**).

Una vez estimadas las áreas ya clasificadas se procedió a multiplicar el factor de superficie por el flujo de cada gas obtenido en cada punto de monitoreo. De estos cálculos se obtuvo que el sistema completo del Salar de Carcote fija diariamente 22651 Ton de CO_2 en primavera y 11696 en verano (**Tabla 2-35**) y absorbe 38.75 Ton de CH_4 desde la atmósfera en primavera y 65.74 en verano (**Tabla 2-36**).

Tabla 2-35. Estimación del flujo total de CO_2 desde el Salar de Carcote en primavera (2015) y verano (2017).

Cobertura	Superficie (m^2)		Sitio representativo	Flujo CO_2 (mg/m²d)			
	Primavera (2015)	Verano (2017)		Primavera	Verano	Total (Ton/d)	
						Primavera	Verano
Vegetación Poco Vigorosa	94161000	94161000	CAR-1	-229	-10427	-21563	-10075
Vegetación Media Vigorosa	514575	70200	CAR-2	-2449	-9820	-1260	-382
Vegetación Altamente Vigorosa	8687	25100	CAR-3	667	-14749	6	-66
Agua	1065497	1285300	CAR-Acuática	156	433675	166	-1172
TOTAL	**95749759**	**95541600**				**-22651**	**-11696**

Folio007071

Tabla 2-36. Estimación del flujo total de CH_4 desde el Salar de Carcote en primavera (2015) y verano (2017).

Cobertura	Superficie (km^2)		Sitio representativo	Flujo CH_4 (mg/m^2d)			
	Primavera (2015)	Verano (2017)		Primavera	Verano	Total (Ton/d)	
						Primavera	Verano
Vegetación Poco Vigorosa	94161	94161	CAR-1	-0,41	-0,69	-38,61	-64,97
Vegetación Media Vigorosa	514,6	70,2	CAR-2	-0,86	-1,82	-0,44	-0,13
Vegetación Altamente Vigorosa	8,7	25,1	CAR-3	-0,92	-1,55	-0,01	-0,04
Agua	1065,5	1285,3	CAR-Acuática	0,29	-0,47	0,31	-0,60
TOTAL	**95749,8**	**95541,6**				**-38,75**	**-65,74**

d) Comportamiento estacional de los flujos de GEI

En términos de la tasa intercambio gaseoso medido en los puntos de monitoreo emplazados en la matriz terrestre del Salar de Carcote y como promedio de dicha matriz pudo observarse que respecto del flujo de CO_2 se observó un carácter "Captador" (sumidero) en todas las campañas, con una capacidad creciente desde el invierno hacia el verano (Tabla 2-37 y Figura 2-63-A). En lo que respecta al flujo de CH_4 en la matriz terrestre, el comportamiento fue "Emisor" (fuente) en primavera y captador durante las otras dos estaciones, sin embargo los valores fueron muy bajos (Tabla 2-37 y Figura 2-63-B).

Por otro lado, en el ecosistema acuático del salar y en base a valores promedio pudo observarse que, en lo que se refiere al flujo de CO_2, durante invierno y verano el ecosistema fue "Captador" con una alta capacidad en verano, durante primavera fue emisor (Tabla 2-37 y Figura 2-63-A). En lo que respecta al flujo de CH_4 en la matriz acuática, vale señalar que los flujos fueron muy bajos (cercanos a cero) variando entre emisor durante invierno y primavera y captador durante verano (Tabla 2-37 y Figura 2-63-B).

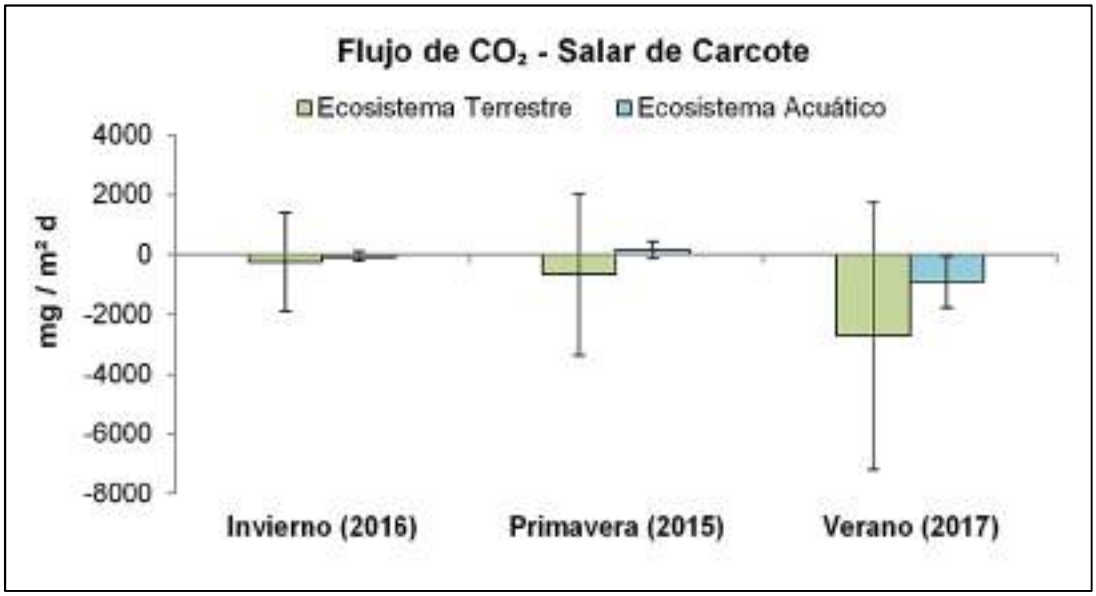
Tabla 2-37. Variación entre monitoreos del carácter emisor/captador de GEI de los ecosistemas presentes en el Salar de Carcote.

Gas	Ecosistema	Flujos	Invierno (2016)	Primavera (2015)	Verano (2017)
CO_2	Terrestre	Flujo promedio	-240	-670	-2725
		Carácter	**Captador**	**Captador**	**Captador**
	Acuático	Flujo promedio	-49	156	-912
		Carácter	**Captador**	**Emisor**	**Captador**
CH_4	Terrestre	Flujo promedio	0,08	-0,73	-1,35

Folio007072

		Carácter	**Emisor**	**Captador**	**Captador**
	Acuático	Flujo promedio	0,08	0,29	-0,47
		Carácter	**Emisor**	**Emisor**	**Captador**

A



B

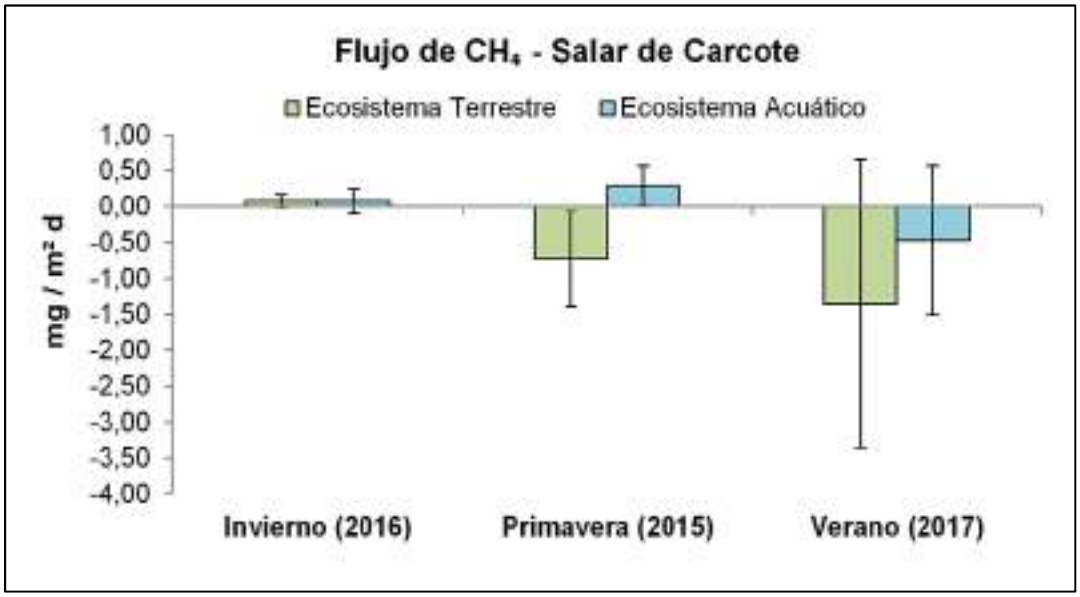


Figura 2-63. Flujo superficial promedio de GEI por campaña de muestreo en ecosistemas del Salar de Carcote, CO_2 (A) y CH_4 (B). Las barras de error representan la desviación estándar.

Folio007073

2.2.4.9 Conclusiones

La cuenca del Salar Carcote tiene una superficie de 561 Km^2. Es un salar tipo playa, conformados por suelos de limos salinos y costras de sales. Posee varias lagunas superficiales generalmente ubicadas cerca de las orillas y alimentadas por vertientes al borde del salar. Al igual que fue mencionado en para el caso del Salar Aguas Calientes I, en Carcote el aporte de agua ocurre de la misma manera (precipitaciones, escorrentías superficiales y afloramientos subterráneos). Asimismo, se ha reportado la existencia de diversos afloramientos de aguas en las zonas suroeste, centro y noreste del salar (Risacher *et al*., 1999). Esto es coincidente con los resultados sobre la ubicación de las zonas de mayor superficie para ambas campañas de muestreo (Figura 4.5). Del mismo modo se denota una relación entre la estacionalidad climática y la mayor superficie de agua registrada en las imágenes capturadas en el verano 2017, por lo que es posible deducir que el efecto de las lluvias y una mayor evaporación durante de los meses de diciembre y Marzo son causes de la acumulación de agua dentro del salar.

Respecto a la vegetación se puede mencionar que Carcote, se ha reportado que en época seca la vegetación en estas lagunas alcanza solo 4% de la superficie del salar (Risacher *et al*., 1999). En ese sentido, es posible establecer relaciones directas entre la disponibilidad de fuentes hídricas y la vegetación, debido a que los resultados muestran que para la primavera del 2015 la cobertura general calculada fue menor en un 12% respecto a la registrada para el verano del 2017. Se resalta además que agregación espacial de la vegetación en este tipo de ambientes áridos está regido por la cercanía de esta a cuerpos de agua.

En cuanto a las aguas del salar Carcote, estas fueron clasificadas desde neutras a moderadamente alcalinas, según Hounslow (1995), con valores de pH homogéneos en todo el sistema, una composición iónica catalogada como clorurada sódica con aportes secundarios de calcio, características típica de estos sistemas alto andinos del norte de Chile, y con metales que alcanzaron mayores concentraciones de boro, estroncio, litio y manganeso. Espacialmente, en los diferentes sectores se observaron diferencias en las características físico-químicas de agua, enfocadas principalmente en menores valores de sólidos disueltos en el sector vega-vertiente, a diferencia del sector de la laguna de evaporación, indicador de un mayor contenido de sales como bicarbonato, calcio, cloruro, sodio, lo que clasificaron las aguas desde hiposalinas a hipersalinas (Davis, 2003). Al igual que en el salar Aguas Calientes, la mayor concentración de iones disueltos en el sistema está directamente influenciada por la pérdida de agua, a causa de la evaporación, y la posterior acumulación de sales disueltas (Ahumada *et al.,* 2011). En el caso de metales y nutrientes, no se observaron comportamientos espaciales generalizados, a diferencia del boro, litio, arsénico, vanadio nitrito, ortofosfato y fósforo total, con mayores concentraciones en la laguna permanente, condición que se mantuvo desde el punto de vista temporal, en cada una de las campañas de monitoreo. El resto de los parámetros no presentaron mayor diferencia espacial y/o temporal, lo que indica la dinámica propia de las variables físico-químicas del sistema.

Los compontes bióticos al igual que el Salar de Aguas Calientes I son heterogéneos entre las campañas realizadas en Octubre, Agosto y Marzo. Sin embargo, el Salar de Carcote corresponde a uno de los remanentes del paleolago Tauca (Risacher et al., 2003) presenta 3 vertientes que son alimentadas por agua proveniente desde el salar de

Folio007074

Ascotán que a su vez recibe flujos de agua subterráneos de Pastos Grandes Caldera y se destaca por su menor contenido salino en relación a otros sistemas de la zona (Montti y col., 1970; Keller & Soto, 1998).

Los ensambles Fitobentónicos presentaron la mayor riqueza el punto CAR-2 en la campaña de Octubre, mientras que el mínimo se registró en la campaña de Marzo. Por su parte, la abundancia fue mayor en Agosto y mínima en Marzo. En tanto, la abundancia relativa demostró que en el Salar de Carcote dominaron distintas especies, destacando los géneros *Denticula spp*., *Halamphora sp*. y *Nitzschia spp*. Especies que presentarían una resistencia biótica que les permite persistir en ambientes con niveles más altos de estrés ambiental (Boersma y col., 2014).

En relación con lo señalado anteriormente, los grandes cambios geológicos y climáticos a los que se ha visto expuesta la región altiplánica, la han llevado a ser acreedora de condiciones ambientales muy particulares que han empujado a los organismos a adaptarse para sobrevivir dentro de una amplia gama de sistemas ecológicos con exposición a altos niveles de radiación, fuertes vientos, distribución irregular de precipitaciones con periodos de aridez y temperaturas con marcada variación diaria (Marquet et al., 1998).

Para el ensamble Fitoplanctónico el mayor valor registrado para la riqueza total fue en Marzo y el menor valor en Octubre. Por su parte, la abundancia también presentó una tendencia irregular entre los puntos de muestreo en las diferentes campañas, y a contraria a la riqueza de taxa obtuvo un máximo valor en Octubre, mientras que el mínimo se registró en Marzo. En cuanto a la abundancia relativa, las especies dominantes en el Salar Carcote fueron *Halamphora carvajaliana*, *Pseudostaurosira brevistriata* y *Denticula valida.* Estas especies han sido consideradas como especies tolerantes a la salinidad (Sczepocka y Szulc, 2009; Marohasy & Abbot, 2015), permitiendo su permanencia en el tiempo en este sistema.
La riqueza total de la comunidad de zooplancton varío con un máximo en la campaña de Agosto y un mínimo de cero taxa en el punto CAR-1 y CAR-2 en Octubre, CAR-2 en Agosto, CAR-2 y CAR-3 en Marzo. La abundancia zooplanctónica, presentó el máximo valor en la campaña de Octubre, mientras que los mínimos se registraron en los puntos mencionados anteriormente donde no se encontraron taxa. En cuanto a la abundancia relativa, los resultados indicaron que para el Salar Carcote dominaron los Copepoda Harpacticoida y Canthocamptidae indet. Sin embargo, esta baja diversidad y densidad de organismos es característica para salares alto andinos (Márquez-García *et al*. 2009).

Los ensambles de macroinvertebrados bentónicos presentaron una riqueza heterogénea para las campañas de sucesivas de Octubre, Agosto y Marzo, sin embargo destaca el punto CAR-1 donde en las campañas de Octubre y Agosto y en el punto CAR-2 en Octubre y Marzo no se han registrado individuos. Por su parte, la abundancia relativa destaca principalmente los Insectos de la familia Chironomidae, Canthocamptidae y los Amphipodos de la familia Hylalellidae.

Finalmente, estos sistemas límnicos que se encuentran en el altiplano, especialmente los salares que poseen cuencas evaporíticas, están expuestos además a fuertes presiones ligadas a la disponibilidad de agua, considerando además que la principal actividad económica de la zona, la minería, posee altas demandas de agua haciendo que su persistencia se vea amenazada y con ello la biodiversidad que subyace (Márquez-García et al.., 2009) Por otro lado, aquellos hábitats alimentados por vertientes son globalmente

Folio007075

reconocidos como hotspots de biodiversidad que permiten la existencia de comunidades únicas de organismos acuáticos y en regiones áridas se han convertido en una fuente de agua superficial que persiste a lo largo del año, siendo esenciales para el desarrollo de la vida acuática (Bogan y col., 2014)

Al igual que lo descrito para el sistema de Aguas Calientes I, el origen fitogeográfico de la totalidad de las especies identificadas en el Salar de Carcote corresponde a plantas nativas, comportamiento que podría deberse a la existencia de eventos de dispersión de larga distancia desde otros salares de Chile y Bolivia, mediados por la fauna (aves y camélidos) (Teillier, 2000). Además, no se encontraron especies de origen alóctono al interior de esta unidad, lo cual podría deberse a las características ambientales desfavorables del sector (alta salinidad) lo cual podría impedir la colonización de especies debido a que en este tipo de ecosistemas la frecuencia de perturbaciones es baja y los espacios abiertos son sólo micrositios con alta concentración de sales (Shumway & Bertness, 1992).

Las 6 especies de flora terrestre identificadas al interior del salar se encuentran descritas en el listado florístico descrito para el salar de Ascotán (Teillier, 2000), el cual colinda mediante el sector de las serranías con el salar de Carcote. Sin embargo en el este salar se describe un mayor número de especies (22 especies), lo cual probablemente se deba a la presencia permanente de agua en las vertientes presentes al interior del sector donde se llevó a cabo el mencionado estudio (salar de Ascotán).
Similar al comportamiento del sistema de Aguas Calientes I, el mayor valor de cobertura vegetal promedio por temporada se observó durante el verano del año 2017, lo cual podría explicarse por la mayor concentración de los periodos de lluvia en el verano, periodo descrito como invierno altiplánico. Dicho fenómeno podría estar asociado a los cambios originados por variaciones en la precipitación (Ahumada et al., 2011), lo cual podría estar favoreciendo el crecimiento de las plantas durante este periodo.
Respecto a la riqueza promedio en los transectos vegetacionales por temporada, la diferencia entre la primera campaña de monitoreo (4) y las dos siguientes campañas (2,63 y 2,88 respectivamente) probablemente se deba al aumento en el número de transectos realizados durante las últimas dos campañas (2 transectos adicionales).

En el salar de Carcote se registró un total de 27 especies de fauna vertebrada, correspondientes a 19 especies de aves, siete mamíferos, y un reptil. La avifauna se mostró como el grupo más diverso y abundante en las tres campañas realizadas. Las aves de hábitos acuáticos son las que dominan en este sistema, las que se asocian directamente con el curso de agua.

De las especies detectadas, el 22,2% se encuentra amenazada, es decir, categorizada en Peligro o Vulnerable por la legislación vigente. Estas especies corresponden al flamenco chileno, gaviota andina, parina chica, parina grande y tuco-tuco de Atacama catalogadas como Vulnerable, y la vicuña categorizada En Peligro.

En relación a la estacionalidad, la época de primavera muestra la mayor riqueza de fauna, mientras que en invierno se registra el menor valor.

En relación al sector prospectado, el sector 1 muestra la mayor cantidad de especies registradas, tanto en primavera e invierno, mientras que en verano, el sector 2 se registra todos los grupos encontrados en este sistema.

Folio007076

Al considerar los resultados de las campañas de terreno distribuidas en épocas del año diferentes a lo largo de años consecutivos, como una aproximación al comportamiento global promedio del ecosistema desde el punto de vista de la dinámica del CO_2 y del CH_4 a través de un ciclo anual completo, puede inferirse que en la zona terrestre del Salar de Carcote el CO_2 es absorbido a una tasa de 1212 ± 1570 mg/m^{2}d y el CH_4 lo es a 0.67 ± 0.28 mg/m^{2}d. En el ecosistema acuático del salar el CO_2 es también absorbido a una tasa de 268 ± 567 mg/m^{2}d y también el CH_4 a 0.03 ± 0.39 mg/m^{2}d.

Para estimar el aporte global del sistema del Salar de Carcote en términos de masa, los flujos se ponderaron por la superficie que cada matriz ocupa dentro del área total. Así, asumiendo que tanto la matriz terrestre como acuática se comportan de forma espacialmente homogénea en cuanto a su dinámica de GEI, puede inferirse que desde la superficie de la zona delimitada como el salar de Carcote fluyen hacia el suelo entre 22651 toneladas de dióxido de carbono por día en primavera; y 11696 toneladas por día en verano. En el caso del metano, el flujo espacial estimado es 38.75 toneladas de metano absorbidas por día en primavera y 65.74 toneladas por día en verano.

2.2.5 Caracterización Sistema Natural: vegas de Tocorpuri

2.2.5.1 Antecedentes

El sistema vega de Tocorpuri es un sistema categorizado como sitio prioritario de conservación 2010, el cual se sitúa a 4.350 m.s.n.m. Es un sistema que presenta una afectación antrópica directa, dado que es una zona de pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica inestable, con una variabilidad negativa en hectáreas por año de 0,18%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema sin intervención de extracción de agua, presentando un caudal de extracción de 0 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota. Además presenta una baja afectación por cercanía de poblados y/o comunidades. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de inestabilidad.

2.2.5.2 Superficie espejo de agua y cobertura vegetacional

La superficie del espejo de agua en marzo de 2017 fue de 3,92 ha, la cual representó una disminución del 28% de lo registrado en primavera de 2015, donde se calculó una superficie de 5,39 ha. Asimismo, es de notar que, del total de la superficie del agua, 3,39 ha tuvieron presencia de vegetación sumergida (Tabla 2-38, Figura 2-37).

Folio007077

Tabla 2-38 Superficie espejo de agua y macrófitas en Vegas de Tocorpuri (2015-2017).

Fecha	Superficie Total (ha)	Agua (ha)	Agua con vegetación sumergida o flotante (ha)
nov-15	5,39	1,14	4,25
mar-17	3,92	0,53	3,39

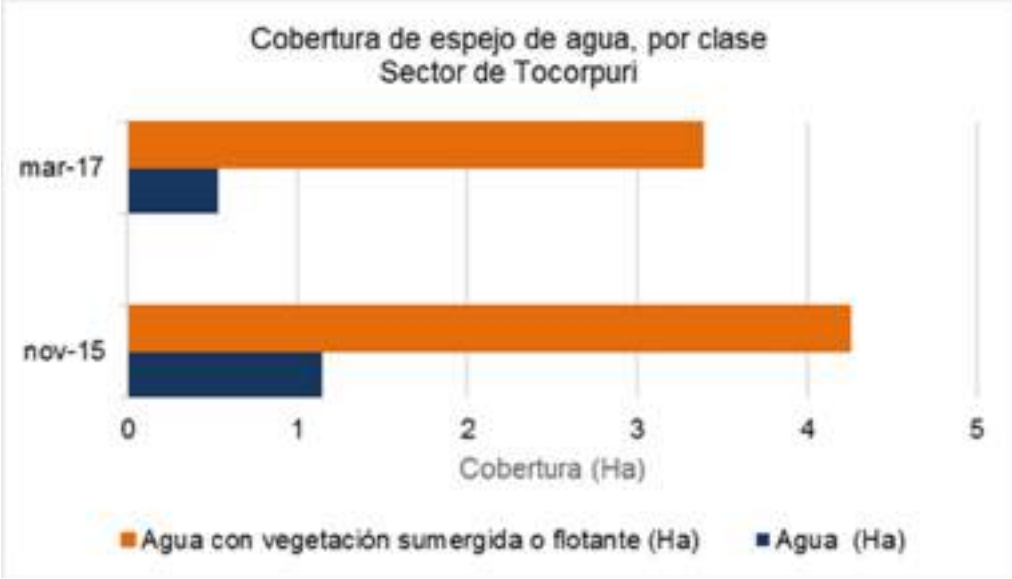


Figura 2-64 Comparación de las cobertura en el espejo de agua por clases para Vegas de Tocorpuri, noviembre 2015 – marzo 2017.

Con respecto al análisis espacial, se observó que los cuerpos de agua se concentraron para ambas campañas en el eje central del cauce en la vega, así como en sus ramificaciones. Destacándose para la campaña presente una mayor concentración de agua en la ramificación al noroeste de la vega (Figura 2-65)

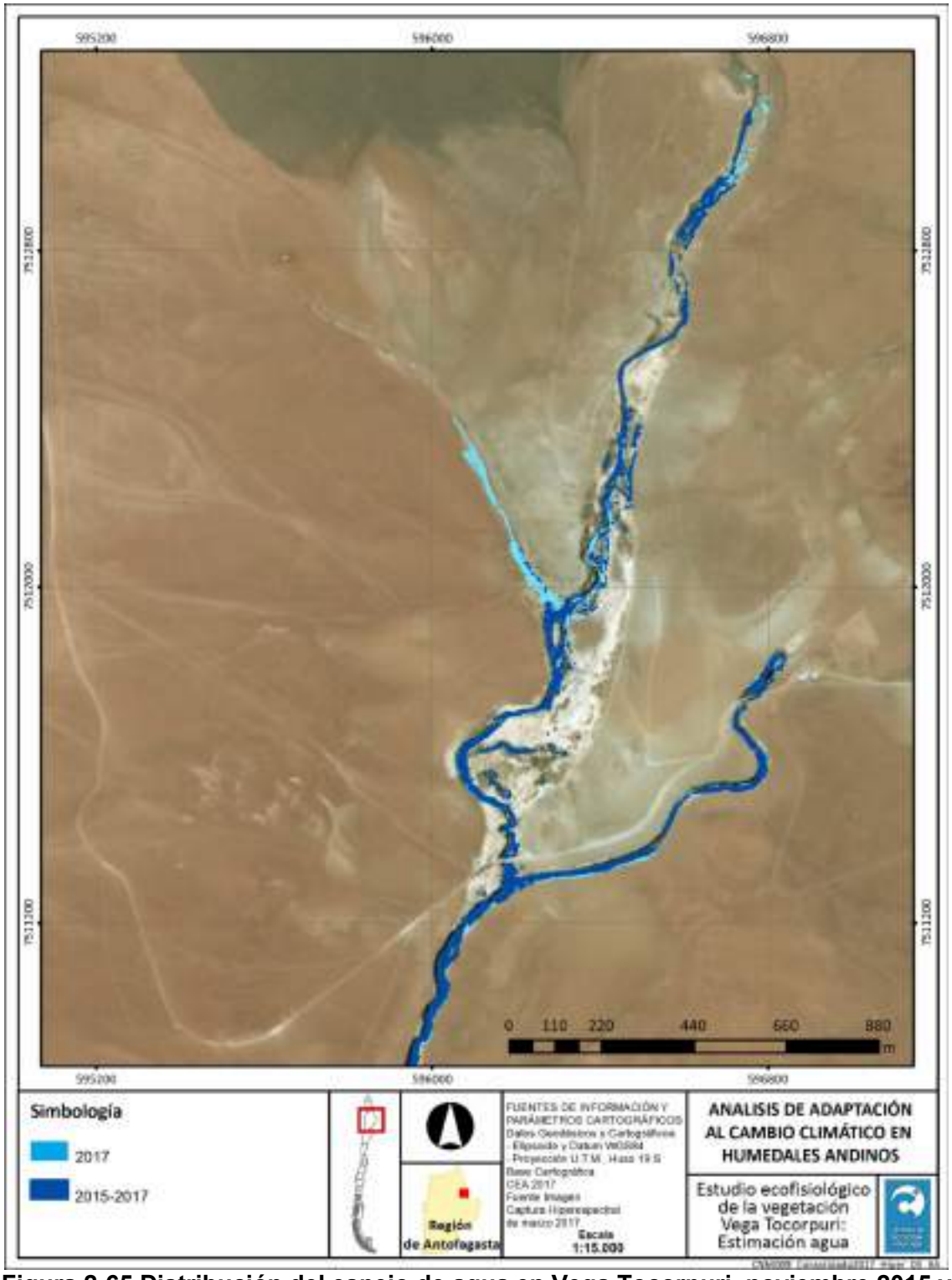


Figura 2-65 Distribución del espejo de agua en Vega Tocorpuri, noviembre 2015 y marzo de 2015.

Folio007079

Respecto a los resultados de la cobertura vegetacional, la vegetación calculada mediante el $NDVI_{705}$ fue de 24,96 ha, arrojando un incremento del 22% respecto a la campaña de primavera 2015, en la que se registró un área de 20,46 ha (Figura 2-66).

En comparación a noviembre de 2015 existió una mayor cobertura por parte de la vegetación de vigorosidad baja, conformando un área de solo 9,12 ha (37%), mientras que la vegetación con índices medios registró un área de 8,84 ha (35%), con lo que registra una disminución respecto a la campaña pasada, y por su parte la vegetación de vigorosidad alta evidenció un incremento, con 7,84 ha (28%).

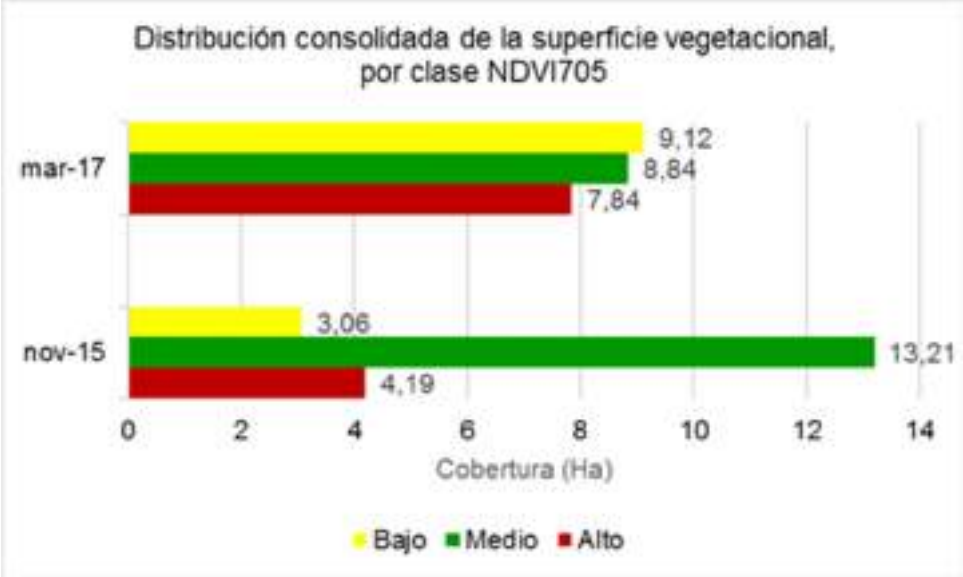


Figura 2-66 Distribución y comportamiento de la vegetación, Sector Vega de Tocorpuri, noviembre 2015 y marzo 2017.

En el caso de la distribución de las distintas clases de vigorosidad, los resultados muestran que para este ecosistema la vegetación se dispone en el eje y las ramificaciones de la vega. Asimismo, se observa que la vegetación con baja vigorosidad se localiza principalmente en la zona central de la vega, teniendo su mayor expresión para la presente campaña, donde existió una mayor cobertura de esta clase hacia la sección norte. Con respecto a la vegetación de vigorosidad media, fue posible observar que para el presente año esta se restringió fundamentalmente en la zona central y en la sección norte de la vega. Por su parte, la categoría de NDVI705 alta se mostró expandida a lo largo de toda la vega, lo que difiere de lo observado para la primavera del 2015 donde esta clase se limitó mayormente a la zona norte de la vega

Folio007080

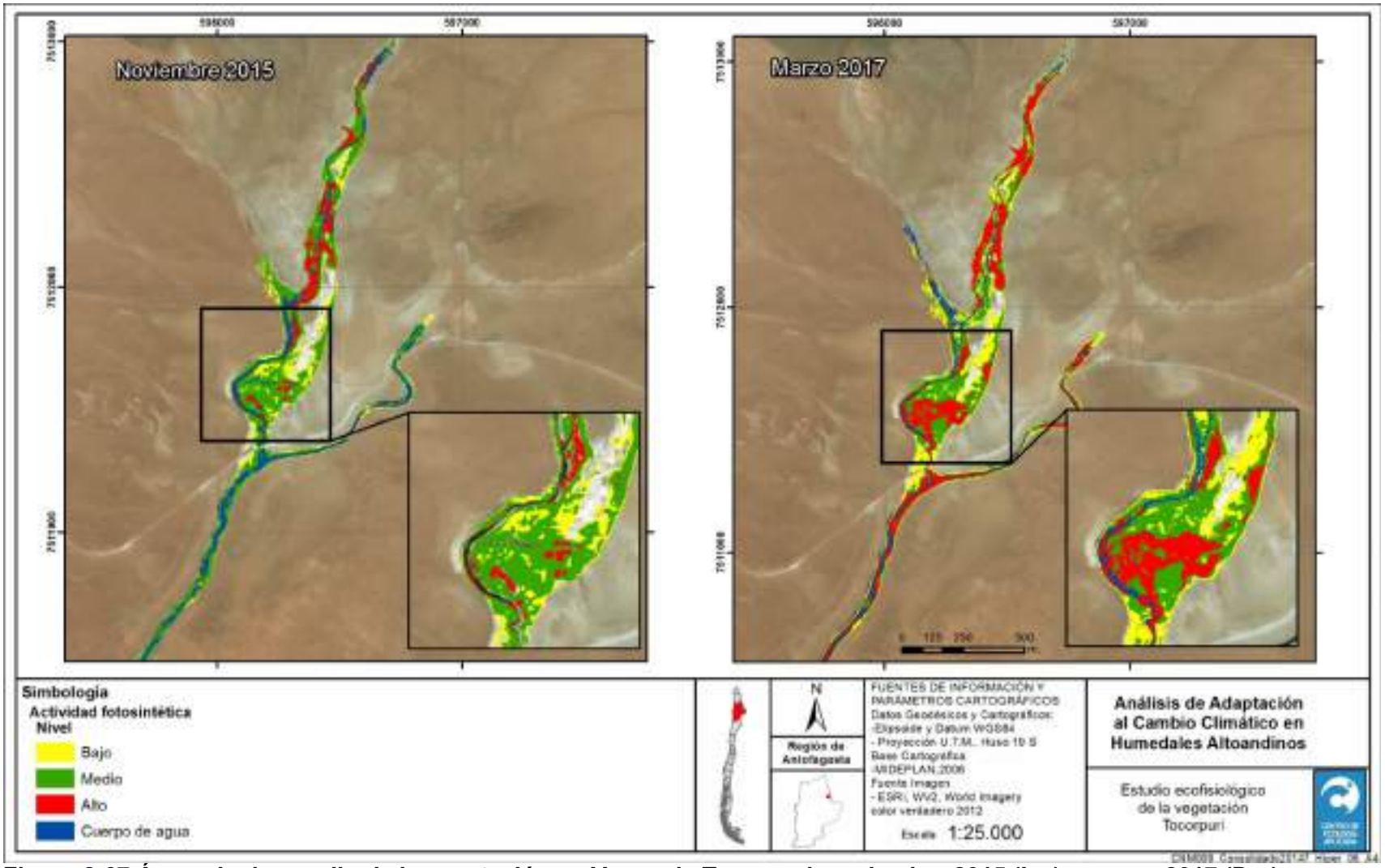


Figura 2-67 Áreas de desarrollo de la vegetación en Vegas de Tocorpuri, noviembre 2015 (Izq) y marzo 2017 (Der).

Folio007081

2.2.5.3 Calidad agua

a) Parámetros in situ

Las aguas de la vega Tocorpuri presentaron valores de pH homogéneos tanto espacialmente, en los diferentes sectores del sistema, como temporalmente, clasificando sus aguas como neutras (Hounslow, 1995) en todo el periodo de estudio. Los valores fluctuaron entre 6,6 unidades en el río norte (TOC-3, invierno 2016) y 7,61 unidades en el río norte (TOC-3, verano 2017) (Figura 2-68 a, Tabla 2-213).

Las aguas de la vega Tocorpuri, espacialmente, registraron valores de conductividad eléctrica homogéneos en los diferentes sectores evaluados. Este comportamiento se mantuvo en las tres campañas realizadas, lo que indica un sistema estable. Los valores de conductividad variaron entre 0,509 mS/cm en el sector río norte (TOC-3, verano 2017) y 0,578 mS/cm en el sector de confluencia de ambos ríos (TOC-1, invierno 2016) (Figura 2-68 b, Tabla 2-213).

Espacialmente, las concentraciones de oxígeno disuelto no presentaron diferencias entre los sectores evaluados. Temporalmente, destacan los valores levemente inferiores en invierno 2016 en relación al resto de las campañas. Las concentraciones fluctuaron entre 4,97 mg/L en el sector río sur (TOC-2, invierno 2016) y 10,51 mg/L en el sector río norte (TOC-3, verano 2017) (Figura 2-68 c, Tabla 2-213).

Espacialmente, el sector río sur presentó valores de temperatura levemente superiores en relación al resto de los sectores evaluados en la vega Tocorpuri. Temporalmente, se observaron diferencias entre campañas, sin una tendencia generalizada a lo largo del periodo de monitoreo. Cabe destacar que estos valores están sujetos a diversas condiciones, por ejemplo en cada campaña, la menor temperatura se registró en el primer punto evaluado durante ese día. Los valores estuvieron entre 8,3 °C en la confluencia de los ríos norte y sur (TOC-1) y 15,3 °C en el río sur (TOC-2, ambos en primavera 2015) (Figura 2-68 d, Tabla 2-213).

Folio007082

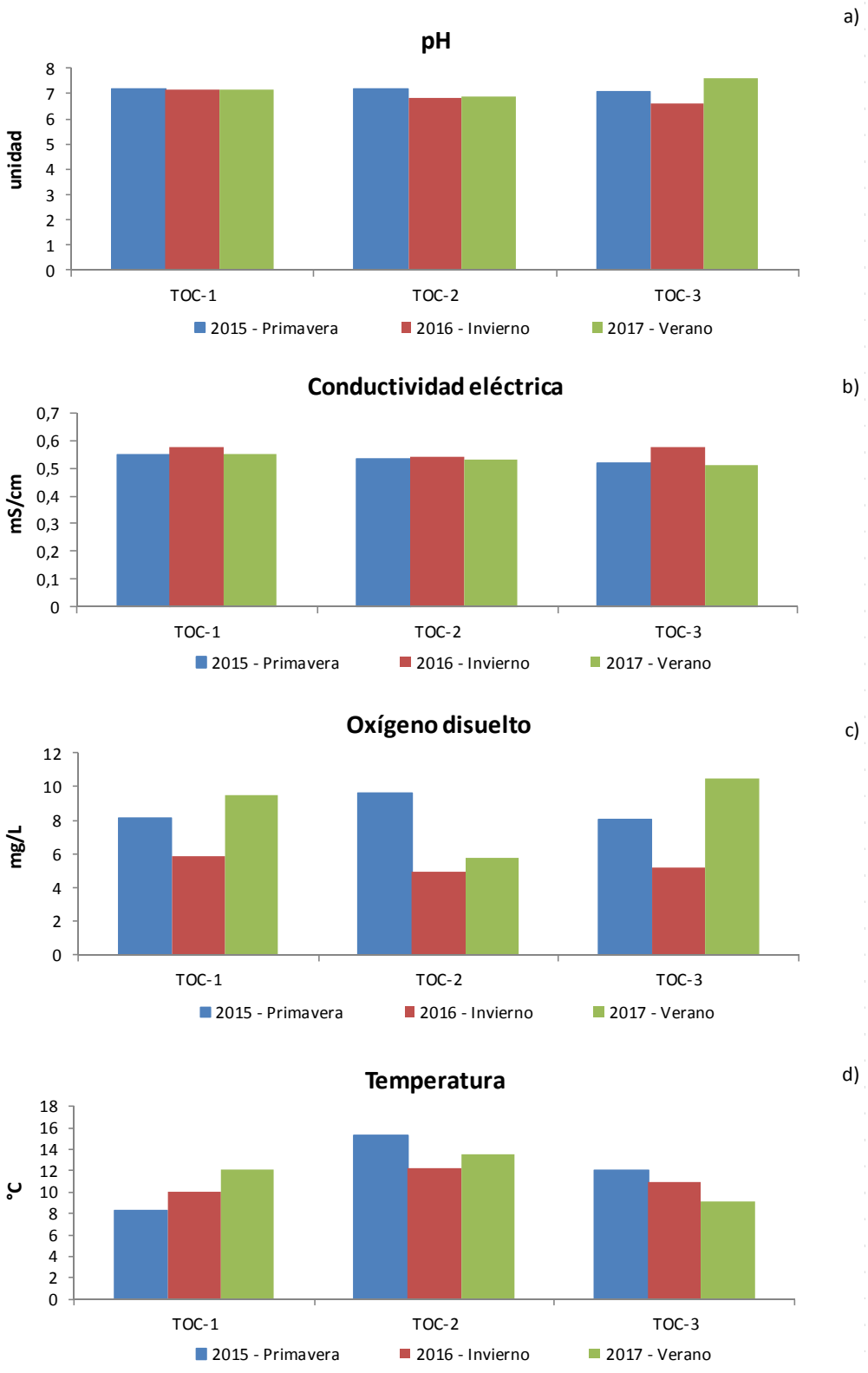


Figura 2-68 Parámetros in situ. pH (a), conductividad eléctrica (b), oxígeno disuelto (c) y temperatura (d), vega de Tocorpuri.

Folio007083

b) Nutrientes y clorofila a

En general, las aguas de la vega Tocorpuri presentaron concentraciones de nitrito sin diferencias que se destaquen entre sectores. Temporalmente, Cabe destacar el aumento de la concentración de nitrito en verano de 2017, principalmente en el sector del río norte y confluencia del río norte y sur. Las concentraciones de nitrito variaron entre 0,72 µg/L (primavera 2015) y 2,89 µg/L (verano 2017), ambos en el sector río norte (TOC-3) (Figura 2-69 a, Tabla 2-213).

Las aguas de la vega no presentaron grandes variaciones entre los diferentes sectores. Temporalmente, en cada sector se observó un aumento de las concentraciones desde primavera 2015 hasta verano 2017. Las concentraciones variaron entre 97,5 µg/L en el sector de confluencia de ambos ríos (TOC-1, primavera 2015) y 234,0 µg/L en el sector río sur (TOC-2, verano 2017) (Figura 2-69 b, Tabla 2-213).

Al igual que el nitrato y nitrito, las aguas no presentaron diferencias espaciales en relación al nitrógeno orgánico total. Temporalmente, se observaron mayores diferencias entre campañas en los sectores río sur y confluencia de ambos ríos. Las concentraciones estuvieron entre 120,0 µg/L en la confluencia de los ríos (TOC-1, verano 2017) y 408,8 µg/L en el río sur (TOC-2, primavera 2015) (Figura 2-69 c, Tabla 2-213).

Las aguas de la vega Tocorpuri presentaron variaciones en las concentraciones de fósforo total y ortofosfato, las cuales las cuales no presentaron un patrón definido en el tiempo. Las concentraciones de fósforo total fluctuaron entre 147 µg/L en el sector río norte (TOC-3) y 205 µg/L en la confluencia del río norte y sur (TOC-1) ambos en primavera 2015, mientras que las concentraciones de ortofosfato variaron 99 µg/L en el río norte (TOC-3) y 158 µg/L en el sector del río sur (TOC-3) ambos en verano de 2017 (Figura 2-70 a, Tabla 2-213).

En cuanto al contenido de clorofila a, sus concentraciones presentaron variaciones temporales en cada sector, destacando un aumento en la campaña de invierno 2016. Las concentraciones fluctuaron entre valores inferiores al límite de detección en todos los sectores (verano 2017) y un máximo de 1,869 µg/L en la confluencia del río norte y sur (TOC-1, invierno 2016). Por otro lado, las concentraciones de clorofila a perifiton variaron entre un valor inferior al límite de detección en el sector río norte (TOC-3) y 435,2 µg/cm^2 en la confluencia de los ríos norte y sur (TOC-1) ambos en verano 2017 (Figura 2-70 c y d, Tabla 2-213).

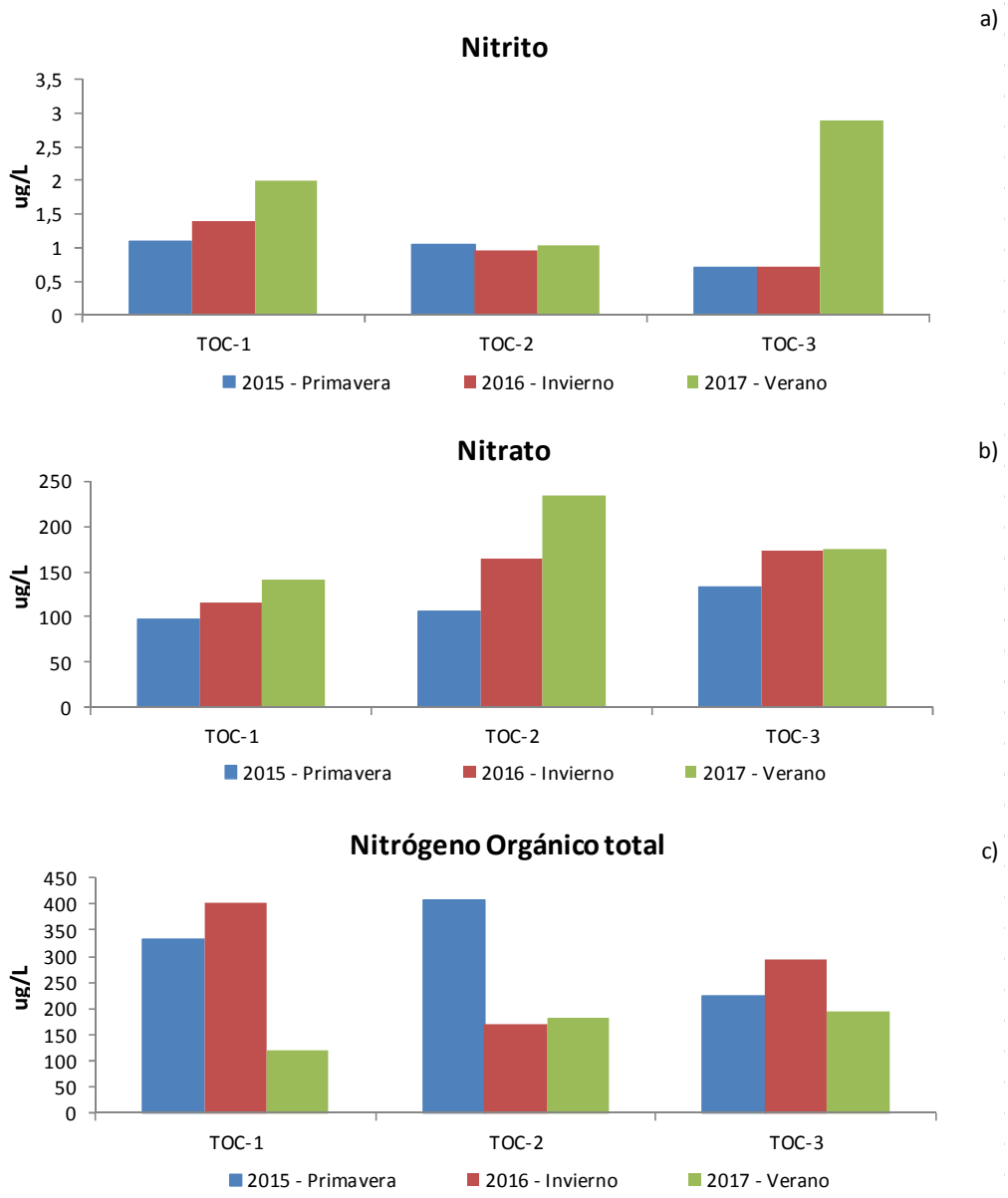


Figura 2-69 Nutrientes. Nitrito (a), nitrato (b) y nitrógeno orgánico total (c), vega de Tocorpuri.

Folio007085

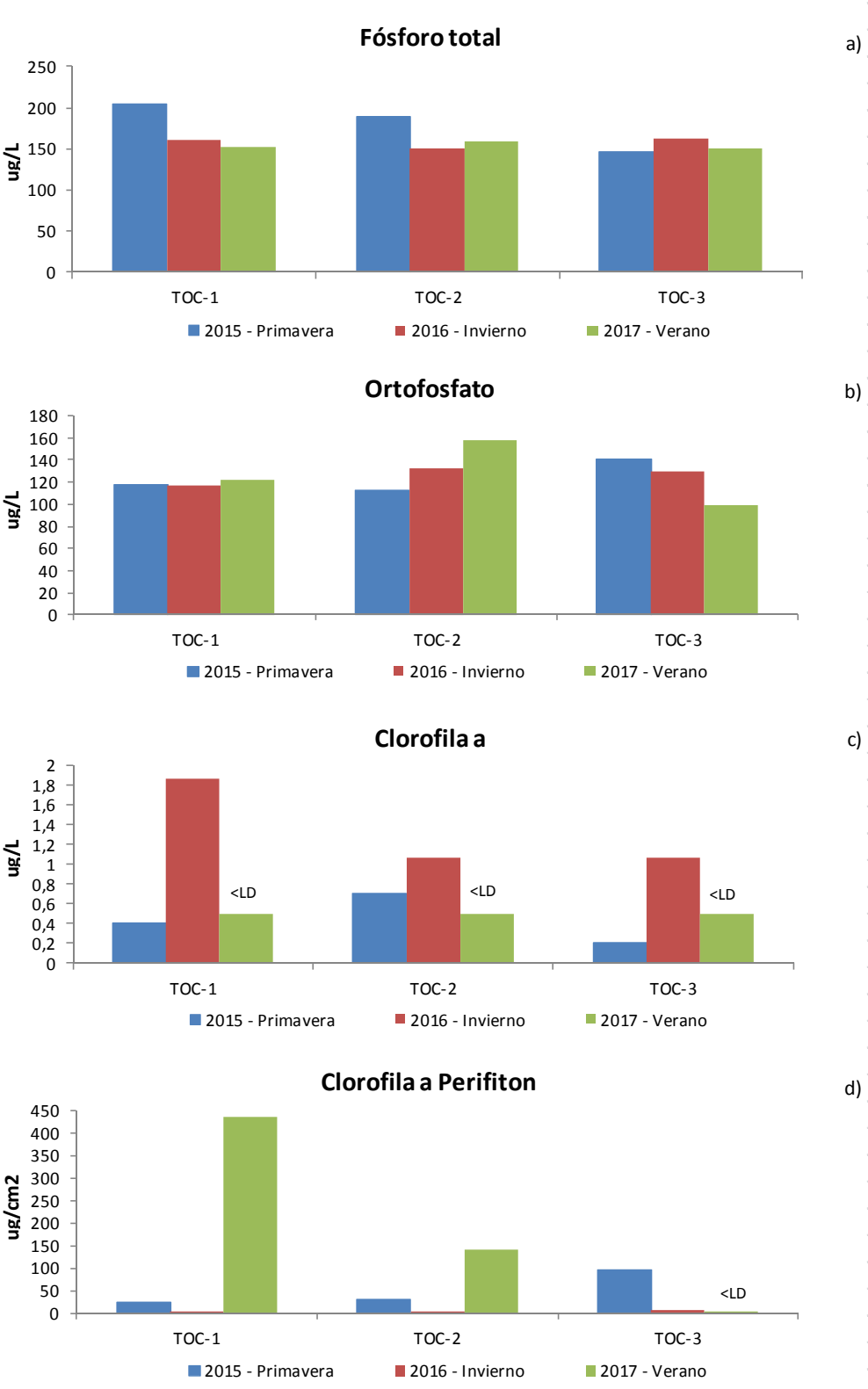


Figura 2-70 Fósforo total (a), ortofosfato (b), clorofila a (c) y clorofila a perifiton (d), vega de Tocorpuri.

Folio007086

c) Macroelementos

Las aguas de la vega Tocorpuri presentaron una composición iónica que varió levemente entre sectores, siendo bicarbonatada sódica con aportes secundarios de sulfato y calcio en el sector río sur (TOC-2), sulfatada cálcica con portes secundarios de magnesio y bicarbonato en la confluencia del río norte y sur (TOC-1), como también en el sector río norte (TOC-3). Cabe destacar que en los tres sectores, las aguas presentaron concentraciones de carbonato inferiores al límite de detección, en las tres campañas de monitoreo (Figura 2-71, Tabla 2-213).

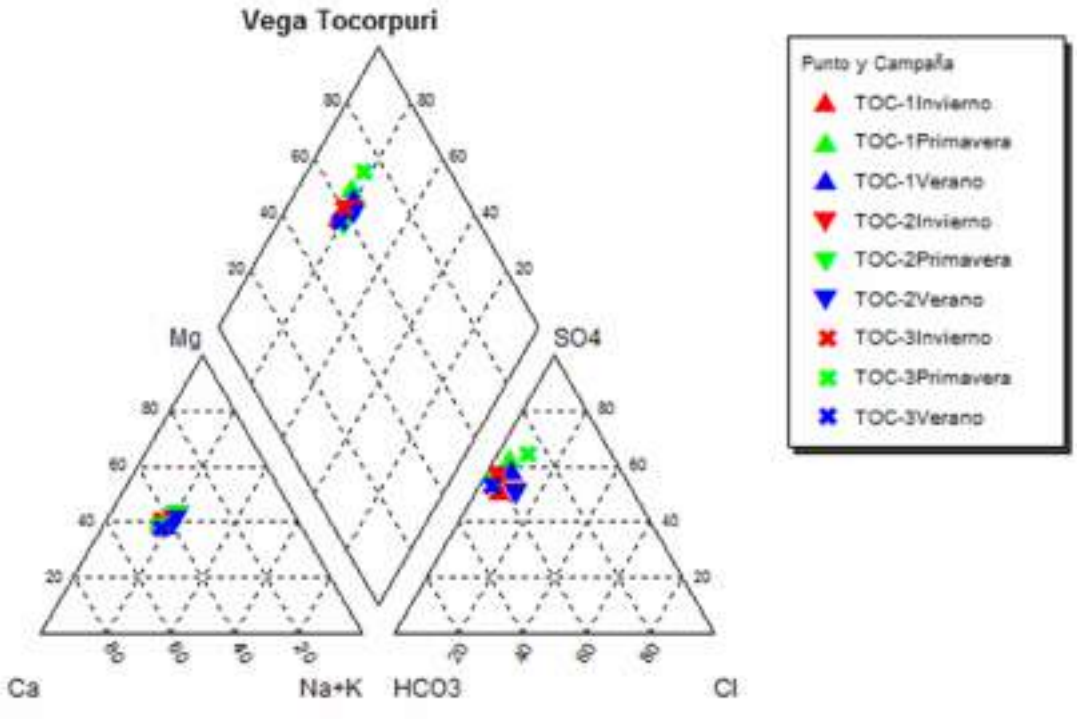


Figura 2-71 Diagramas de piper. Composición iónica en las aguas de la vega tocorpuri

d) Parámetros físico-químicos

El carbono orgánico total presentó al menos un 60% de valores inferiores al límite de detección, mientras que la mayor concentración alcanzó 16,0 mg/L en el sector río sur (TOC-2, verano 2017) (Figura 2-72, Tabla 2-213).

Espacialmente, las aguas de la vega Tocorpuri presentaron concentraciones de sólidos totales disueltos levemente superiores en el sector del río sur en relación al resto de los sectores, donde además se observó un aumento desde primavera 2015 a verano 2017. Las concentraciones variaron entre 238 mg/L en la confluencia de los ríos norte y sur (TOC-1, invierno 2016) y 775 mg/L en el sector río norte (TOC-2, verano 2017),

Folio007087

clasificando las aguas como dulces en base a este parámetro (Davis, 2003) (Figura 2-73 a, Tabla 2-213).

Espacialmente, las concentraciones de sólidos totales suspendidos fueron inferiores en el sector río sur, en relación al resto, lo cual se mantuvo en las tres campañas de monitoreo. Las concentraciones variaron entre 0,2 mg/L en el sector sur (TOC-2, primavera 2015) y 19,0 mg/L en el sector río norte (TOC-3, verano 2017) (Figura 2-73 b, Tabla 2-213).

Las aguas de la vega presentaron bajas concentraciones de DBO_5, alcanzando valores inferiores al límite de detección en los tres sectores (invierno 2016) y sector río norte (verano 2017). La mayor concentración registrada fue de 6,0 mg/L en el sector de confluencia de los ríos norte y sur (TOC-1, primavera 2015) (Tabla 2-213).

Espacialmente, las aguas presentaron variaciones en las concentraciones de DQO reportados, siendo menor en el sector río sur, principalmente en la campaña de primavera 2015. Las concentraciones estuvieron entre valores inferiores al límite de detección en la confluencia de los ríos y el sector norte (TOC-1 y TOC-3) en la campaña de invierno 2016, y una mayor concentración de 17,0 mg/L (TOC-1) en primavera 2015 (Figura 2-73 c, Tabla 2-213).

Las concentraciones de sílice disuelta determinadas en las aguas de la vega Tocorpuri, no indicaron diferencias espaciales. Temporalmente, cabe destacar leves diminuciones en la campaña de invierno 2016 en relación al resto de periodos. Las concentraciones variaron entre 51,3 mg/L en el sector río sur (TOC-2, invierno 2016) y 75,0 mg/L en el sector río norte (TOC-3, primavera 2015) (Figura 2-73 d, Tabla 2-213).

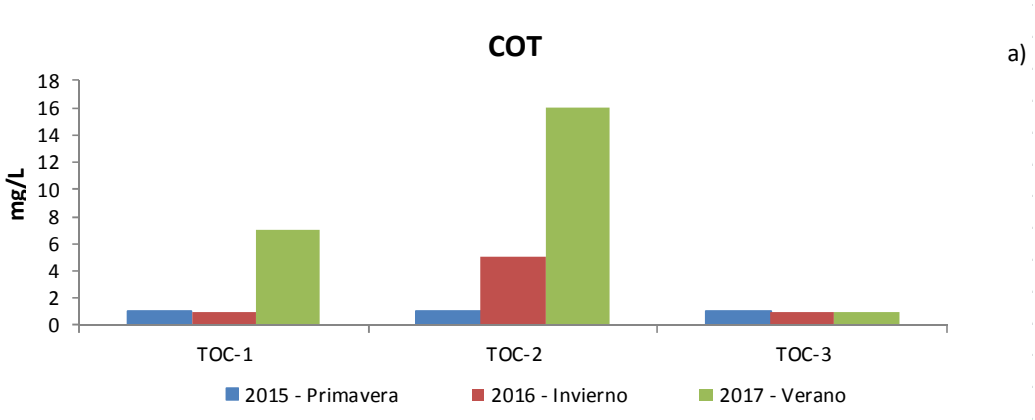


Figura 2-72 Carbono orgánico total, salar aguas Calientes.

Folio007088

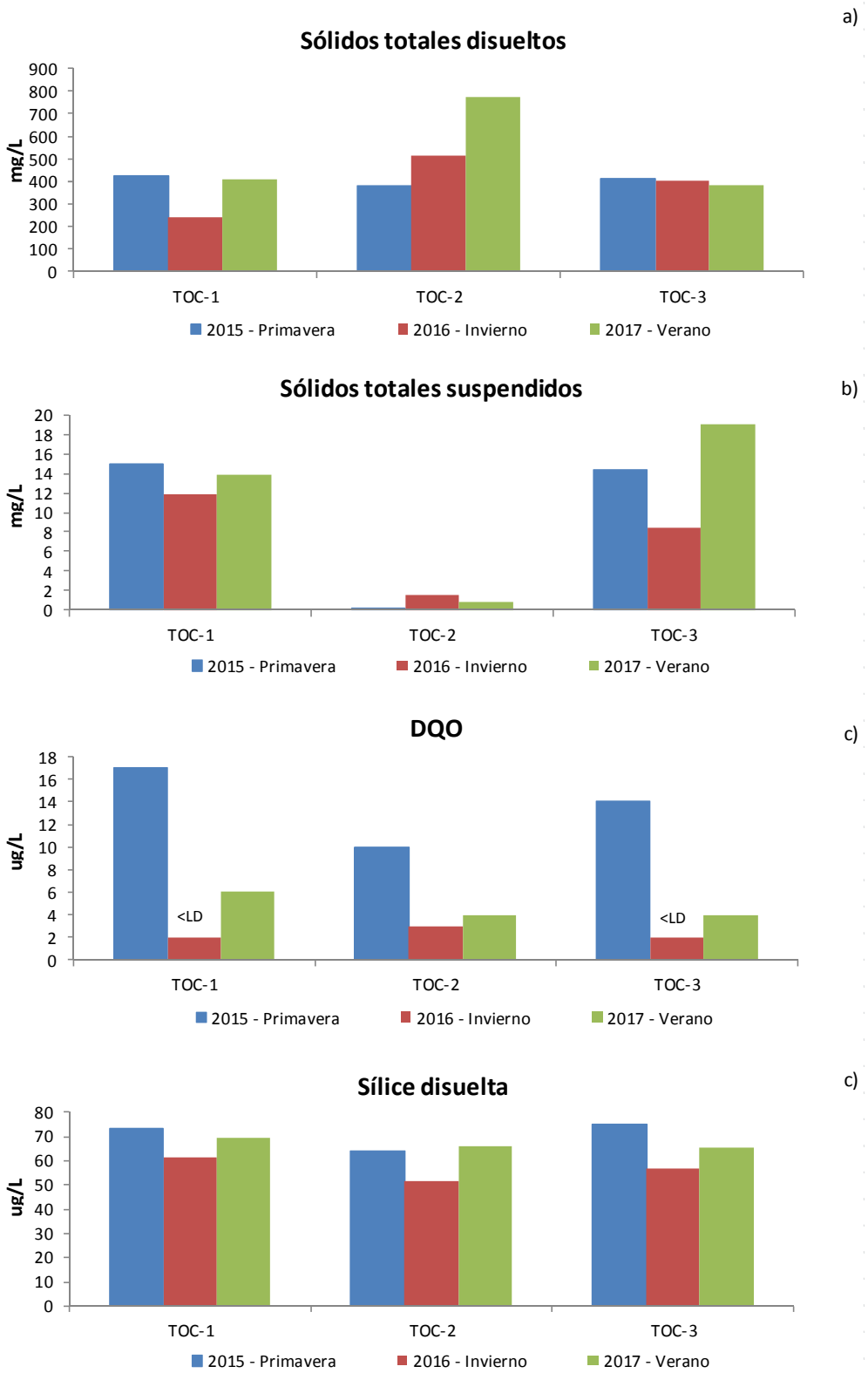


Figura 2-73 Parámetros físico-químicos. Sólidos totales disueltos (a), sólidos totales suspendidos (b), DQO (c) y sílice disuelta (d), vega de Tocorpuri.

Folio007089

e) Metales

En general, en este sistema se observaron bajas concentraciones de metales, alcanzado valores inferiores a los límites de detección de antimonio, galio, itrio, mercurio, plata, renio, selenio, telurio, torio, tungsteno y zirconio, en cada uno de los sectores y campañas realizadas. El berilio, bismuto, cadmio, cobalto, molibdeno, níquel, plomo y talio registraron al menos un 60% de valores inferiores a los límites de detección, en todo el periodo de estudio. Por otro lado, los parámetros que alcanzaron mayores concentraciones en las aguas de la vega Tocorpuri fueron boro, estroncio, litio y manganeso (Tabla 2-213).

Las aguas de la vega presentaron concentraciones de aluminio, bario, manganeso, hierro y cobre con un comportamiento espacial similar, alcanzando menores concentraciones en el sector río sur (TOC-2), en relación al resto de los sectores. Las concentraciones de aluminio variaron entre 0,027 mg/L (TOC-2) y 0,520 mg/L en el sector río norte (TOC-3) ambos en verano 2017, bario entre 0,003 mg/L (TOC-2, invierno 2016 y verano 2017) y 0,015 mg/L (TOC-3, verano 2017), manganeso entre 0,001 mg/L (TOC-2, invierno 2016) y 0,061 mg/L (TOC-3, verano 2017), hierro entre 0,017 mg/L (TOC-2) y 0,748 mg/L (TOC-3) ambos en verano 2017, y concentraciones de cobre con valores inferiores al límite de detección (TOC-2, invierno 2016 y verano 2017) y 0,0093 mg/L en la confluencia de los ríos norte y sur (TOC-1, primavera 2015). Al igual que el cobre, el cromo presentó mayores concentraciones en la campaña de primavera 2015, con una variación que se mantuvo entre una concentración bajo el límite de detección en el sector norte (TOC-3, verano 2017) y 0,0027 mg/L en la confluencia de los ríos norte y sur (TOC-1, primavera 2015) (Figura 2-74, Tabla 2-213).

El boro y litio fueron unos de los elementos de mayor abundancia en las aguas, los cuales se comportaron de manera similar, desde el punto de vista espacial, con concentraciones levemente menores en el sector río norte (TOC-3) y superiores en el sector río sur (TOC-2). Las concentraciones de boro fluctuaron entre 0,22 mg/L (primavera 2015) y 0,62 mg/L (verano 2017), y litio entre 0,069 mg/L (primavera 2015) y 0,137 mg/L (invierno 2016) (Figura 2-74, Tabla 2-213).

En la vega Tocorpuri, las concentraciones de estroncio, arsénico y vanadio presentaron leves variaciones espaciales y temporales, sin observar alguna tendencia a lo largo del periodo de estudio. Las concentraciones de estroncio variaron entre 0,19 mg/L en el sector río sur (TOC-2, verano 2017) y 0,26 mg/L en el sector río norte (TOC-3, invierno 2016), arsénico entre 00,053 mg/L en el sector río norte (TOC-3, verano 2017) y 0,090 mg/L en la confluencia de los ríos norte y sur (TOC-1, primavera 2015), y vanadio entre 0,014 mg/L en el sector río norte (TOC-3) y 0,022 mg/L en el río sur (TOC-2), ambos en verano 2017. Por otro las, las concentraciones de titanio y zinc presentaron un aumento en la campaña de verano 2017, en los tres sectores de la vega Tocorpuri. Las concentraciones de titanio variaron entre un valor inferior al límite de detección en el sector río sur (TOC-2, invierno 2016 y verano 2017) y 0,026 mg/L en el sector río norte (TOC-3, verano 2017), mientras que las concentraciones de zinc variaron entre 0,0035 mg/L en el sector río sur (TOC-2, invierno 2016) y 0,0560 mg/L (TOC-2, verano 2017) (Figura 2-73 c, Tabla 2-213) (Figura 2-75, Tabla 2-213).

Folio007090

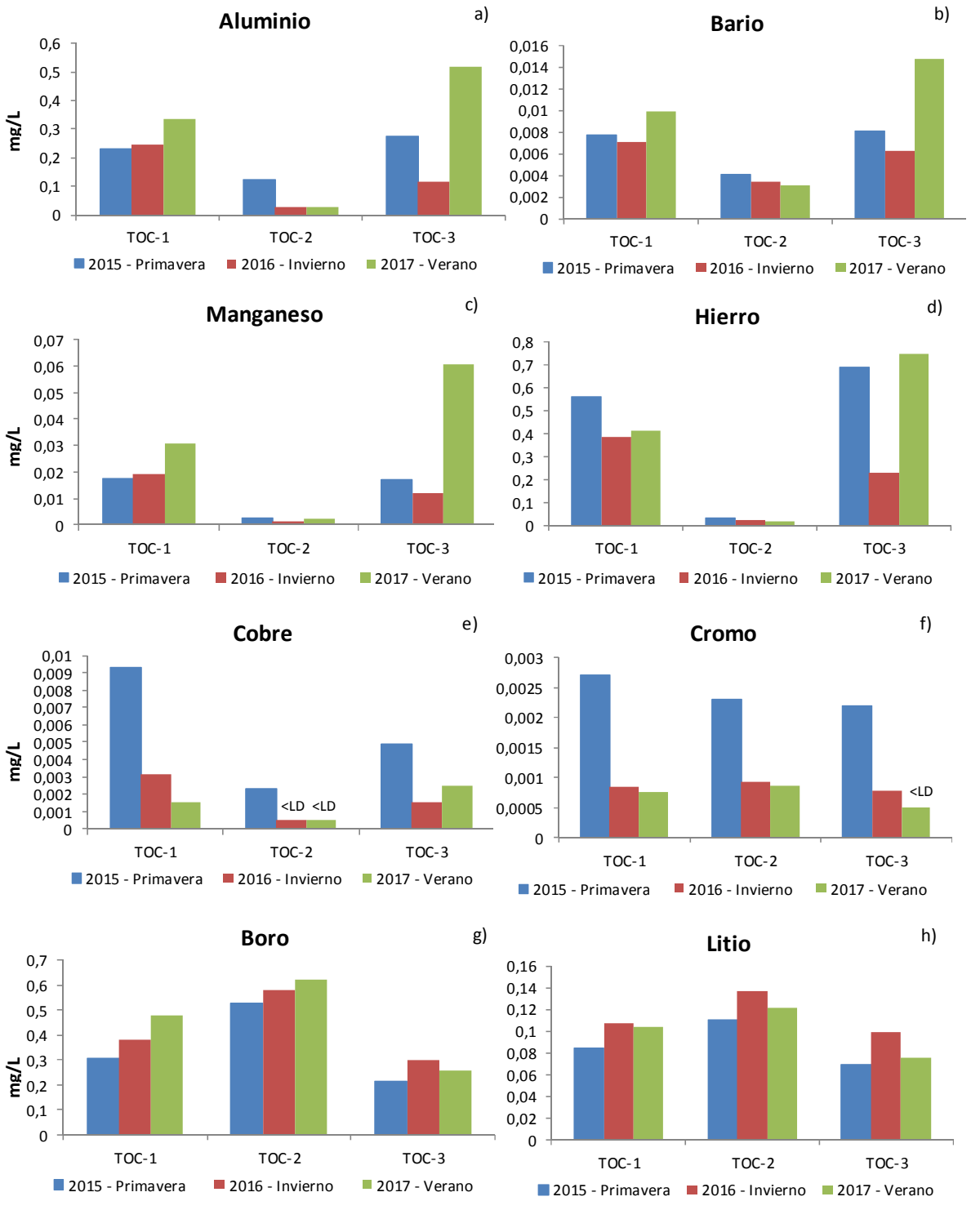


Figura 2-74 Metales totales. Aluminio (a), bario (b), manganeso (c) hierro (d), cobre (e), cromo (f), boro (g) y litio (h), vega de Tocorpuri. (<LD: valores inferiores al límite de detección).

Folio007091

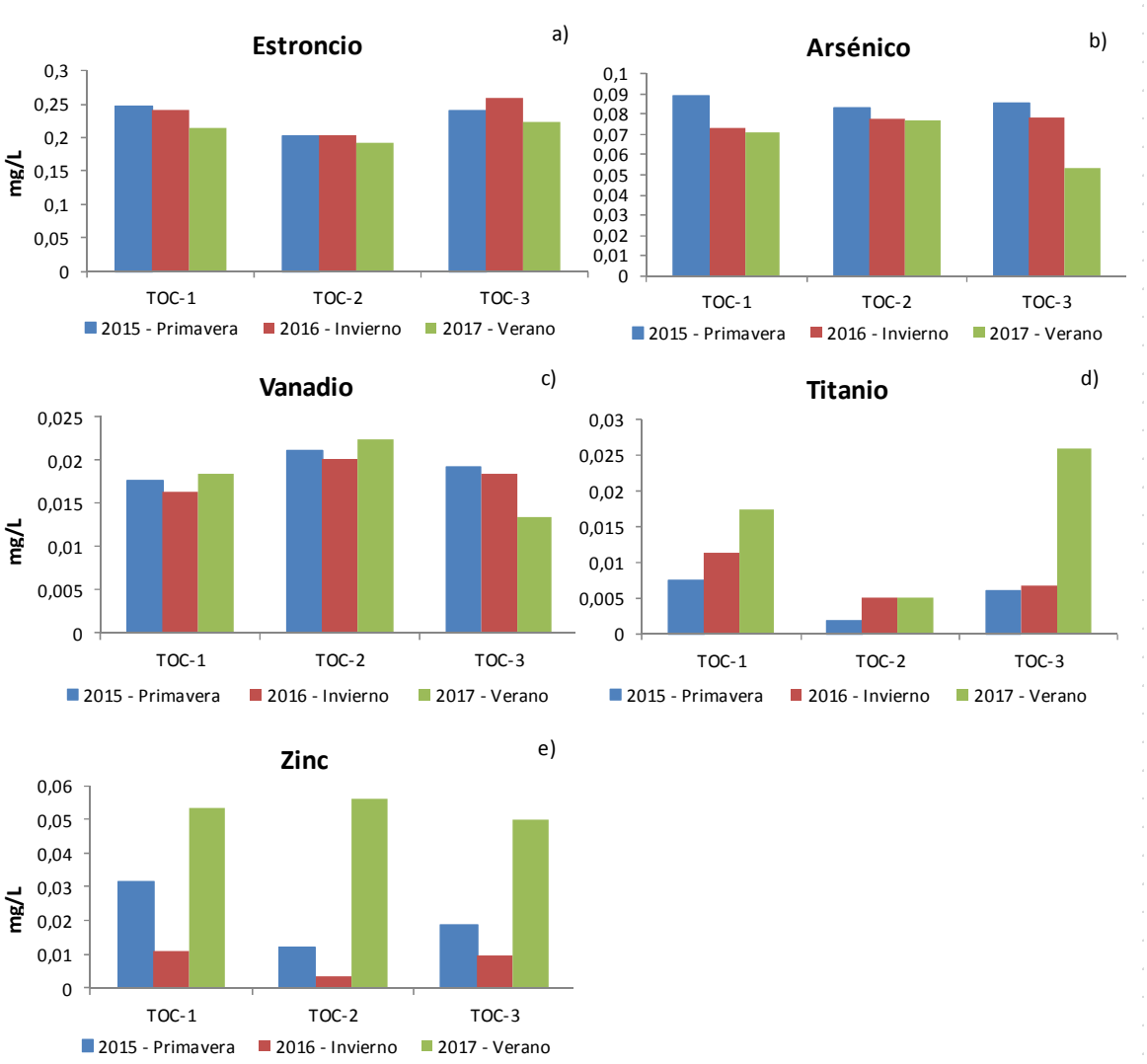


Figura 2-75 Metales totales. Estroncio (a), arsénico (b), vanadio (c) titanio (d) y zinc (e, vega de Tocorpuri. (<LD: valores inferiores al límite de detección).

Folio007092

2.2.5.4 Tapetes microbianos

En esta localización se estudió, en forma comparativa, la biodiversidad de los sedimentos asociados a la rizósfera de bofedales, en una vega en marcado estado de deterioro, (Figura 2-76) y se la comparó con los de una vega en buen estado (Figura 2-77). Los resultados podrían permitir determinar cuales son los componentes bióticos esenciales en la rizósfera y de esa forma poder implementar una tecnología de recuperación de vegas muertas.

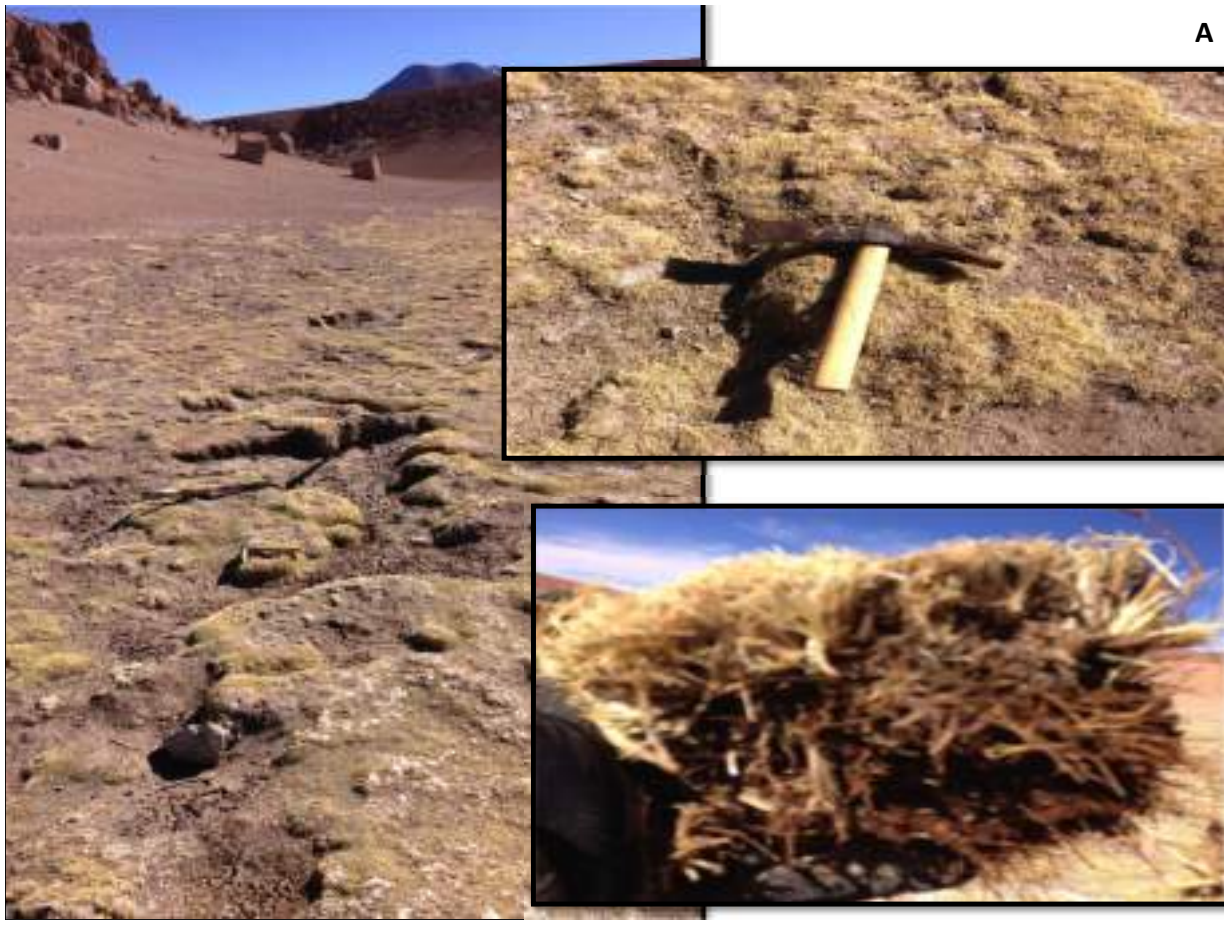


Figura 2-76: Estudios de comparación entre rizosfera de bofedales de dos vegas en distinto estado de preservación: A. Vega Muerta

Folio007093

Figura 2-77: Estudios de comparación entre rizosfera de bofedales de dos vegas en distinto estado de preservación: B. Vega activa

Tabla 2-39: Características de las muestras de tapetes microbianos.

Muestra	Identificación Análisis químicos	Humedad	Conductividad (uS-cm)	pH
VM Vega Muerta	TOC1	92%	249	7.9
VS Vega Sana	TOC2	47%	277	9.1

En el acápite 2.2.5.3 (Tabla 2-213), se puede encontrar la caracaterizacion fisicoquímica del agua donde fueron analizados los tapetes microbianos.

a) Biodiversidad al Microscopio electrónico

Las imágenes al microscopio electrónico se pueden observar en laFigura 2-78, donde se aprecia una clara diferencia entre los suelos de la vega viva (Figura 2-78 A-C) comparados con aquellos de las vegas muertas (Figura 2-78 D). En la primera se

Folio007094

observan claramente las raíces con Diatomeas y Cianobacterias asociadas, junto con un porcentaje mayor de humedad, menor pH y valores de conductividad eléctrica. Esto está respaldado por resultados de diversidades donde se observa que en las vegas sanas, hay un marcado porcentaje mayor de Cianobacterias que en las muestras de la vega muerta donde se observa mejor porcentaje de humedad, y mayor conductividad y pH.

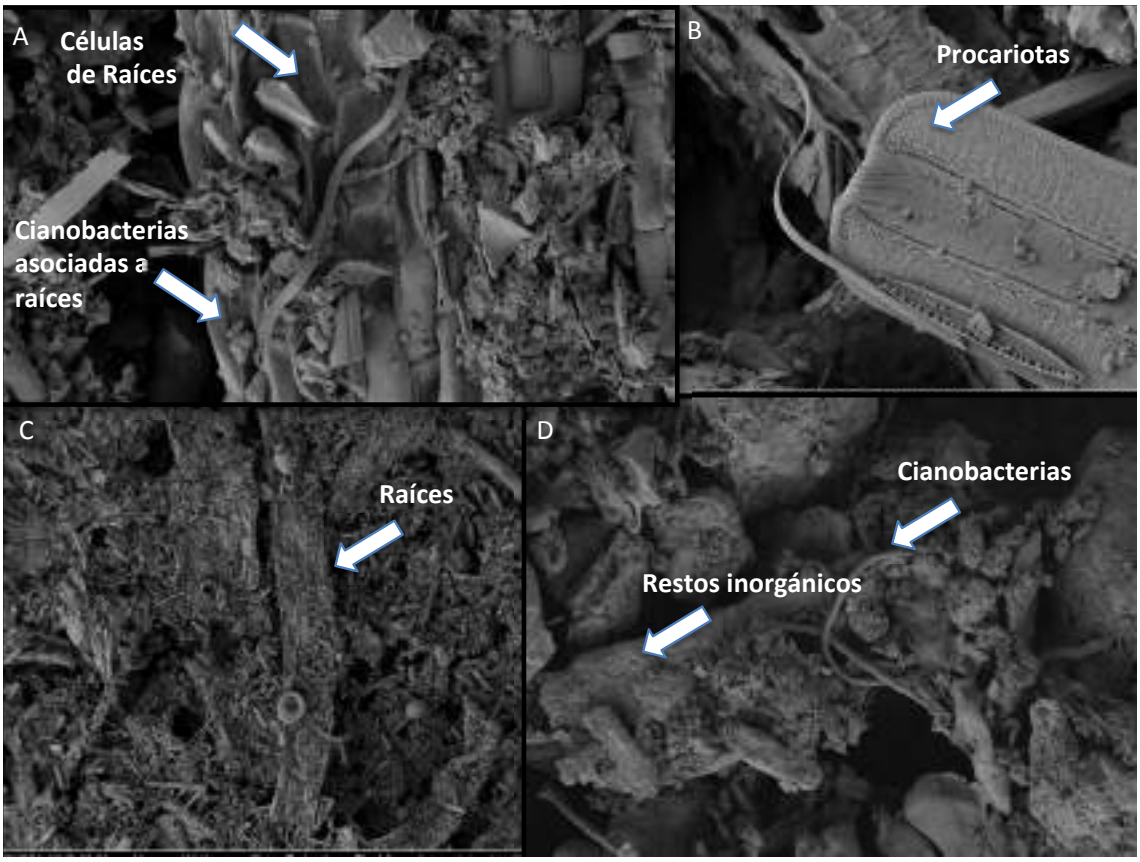


Figura 2-78: Imágenes al microscopio electrónico, en la vega sana (A-C) y vega muerta. (D) Se puede observar una marcada asociación entre las raíces y las Cianobacterias, (A) con la presencia de Diatomeas vivas (B-C), mientras que en vegas muertas no se observan raíces y solo se ven escasas Cianobacterias y restos de Diatomeas muertas.

b) Biodiversidad

Como se puede observar, la diversidad microbiológica asociada a las vegas sanas es más abundante que aquellas asociadas a vegas muertas. En ambos casos las secuenciaciones no alcanzan a cubrir toda la diversidad.

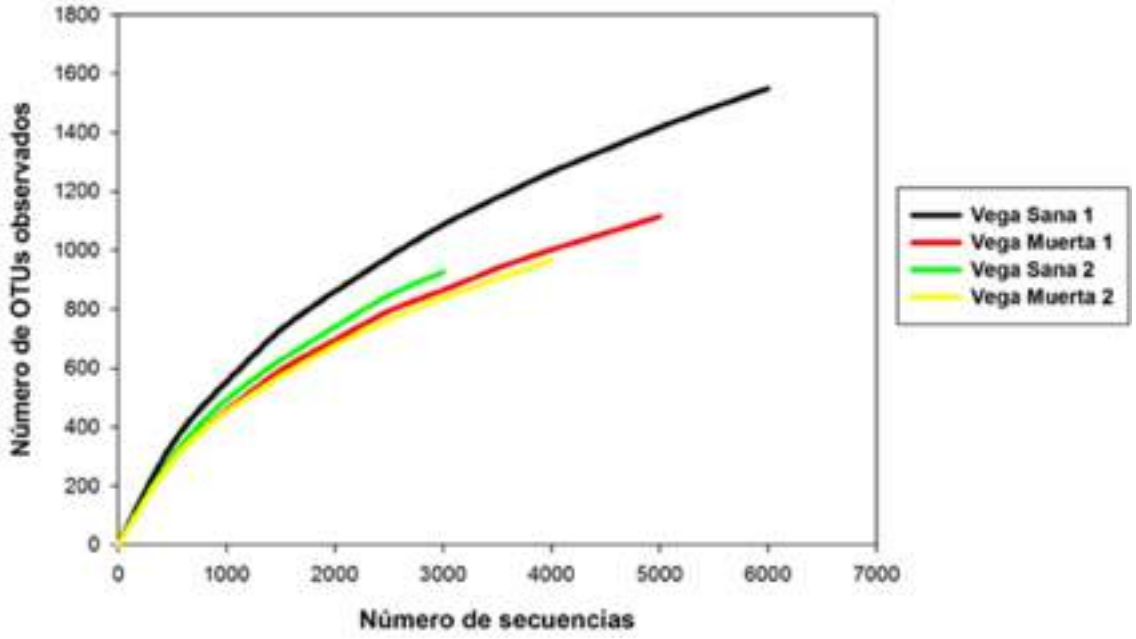


Figura 2-79: Cantidad de OTUs determinados para las muestras estudiadas.

En las muestras de suelo se puede observar la presencia de los grupos característicos de este tipo de ecosistema: Proteobacterias, Bacteroidetes, Acidobacterias, y Firmicutes. Sin embargo existe una marcada diferencia en la diversidad de una muestra de vega sana comparada con la muerta (Figura 2-80). En la primera se puede observar una predominancia de Cianobacterias y Spirochaetas y Bacteroidetes comparado con las muestras de la vega muerta donde se observan grupos que no están presentes en la vega sana como las Acidobacteria, Actinobacterias y las Beta Proteobacterias. En la Tabla 2-40 se puede observar la clasificación de los grupos que pudieron ser identificados a nivel de género.

Aparentemente existe una asociación entre la presencia de Cianobacterias y la ausencia de Acidobacterias en vegas sanas. Las primeras se desarrollan normalmente en sistemas húmedos mientras que las segundas entran en estado de latencia en condiciones de falta de humedad. Esto corrobora la observación de Acidobacterias más abundantes en las vegas muertas donde el contenido de humedad en el suelo es menor.

En forma preliminar se podría afirmar que las Cianobacterias, parecerían ser los mejores indicadores del estado de salud de los suelos asociados a bofedales.

Folio007096

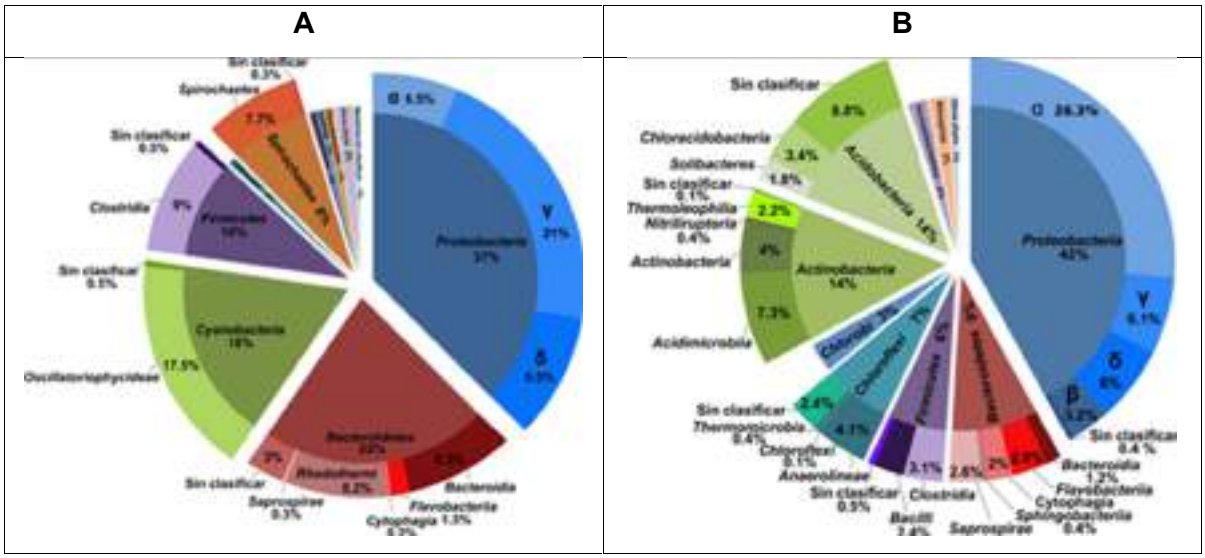


Figura 2-80: Diversidad microbiana de suelos asociados a bofedales sanos (A) y muertos (B).

Tabla 2-40. Clasificación taxonómica al nivel más específicamente posible de los 10 OTUs más abundantes en muestras de vegas.

Vega Sana 1		Vega Muerta 1		Vega Sana 2		Vega Muerta 2	
Ord. *Rhizobiales* (*Proteobacterias*)	5.4	Fam. *Hyphomicrobiaceae* (*Proteobacterias*)	8.5	Ord. *Rhizobiales* (*Proteobacterias*)	9.8	Ord. *Acidimicrobiales* (*Actinobacteria*)	4.1
Ord. *Bacteroidales* (*Bacteroidetes*)	3.5	Ord. *Rhizobiales* (*Proteobacterias*)	4.6	Phyl. *Acidobacteria*	4.1	Fam. *Hyphomicrobiaceae* (*Proteobacterias*)	3.8
Fam. *Desulfobulbaceae* (*Proteobacterias*)	3.3	Ord. *Acidimicrobiales* (*Actinobacteria*)	3.9	Fam. *Rhodospirillaceae* (*Proteobacterias*)	3.1	Phyl. *Chloroflexi*	3.5
Ord. *Solibacterales* (*Acidobacteria*)	2.4	Phyl. *Acidobacteria*	3.4	Gen. *Acinetobacter* (*Proteobacterias*)	2.7	Ord. *Rhizobiales* (*Proteobacterias*)	3.3
Fam. *Chitinophagaceae* (*Bacteroidetes*)	2.1	Class. *Anaerolineae* (*Chloroflexi*)	2.6	Fam. *Sinobacteraceae* (*Proteobacterias*)	2.7	Phyl. *Acidobacteria*	3.3
Phyl. *Chlorobi*	2.0	Ord. *Acidimicrobiales* (*Actinobacteria*)	2.2	Phyl. *Acidobacteria*	2.2	Phyl. *Acidobacteria*	2.9
Fam. *Sinobacteraceae* (*Proteobacterias*)	2.0	Phyl. *Chlorobi*	2.2	Phyl. *Acidobacteria*	2.1	Fam. *Syntrophobacteraceae* (*Proteobacterias*)	2.8
Phyl. *Acidobacteria*	1.7	Fam. *Syntrophobacteraceae* (*Proteobacterias*)	2.1	Fam. *Cytophagaceae* (*Bacteroidetes*)	2.1	Phyl. *Gemmatimonadetes*	2.7
Phyl.	1.7	Phyl.	2.0	Fam.	2.	Class.	2.

Vega Sana 1		Vega Muerta 1		Vega Sana 2		Vega Muerta 2	
Acidobacteria		*Acidobacteria*		*Chitinophagaceae* (*Bacteroidetes*)	1	*Chloracidobacteria* (*Acidobacteria*)	5
Gen. *Rhodobacter* (*Proteobacterias*)	1.7	Ord. *Solirubrobacterales* (*Actinobacteria*)	1.7	Fam. *Syntrophobacteraceae* (*Proteobacterias*)	1.9	Class. *Chloracidobacteria* (*Acidobacteria*)	2.2

Folio007098

2.2.5.5 Biota Acuática

a) Fitobentos

Los ensambles Fitobentónicos presentaron una riqueza heterogénea para las campañas de octubre, agosto y marzo, con el mayor valor registrado en el punto TOC-3 en marzo con un total de 14 taxa de diatomeas bentónicas y un grupo de Pennada indeterminada, mientras que el mínimo se registró en agosto en el punto TOC-3 con 5 taxa. Por su parte las riquezas promedios estuvieron entre los 9,3±3,1 en Octubre, 8 ± 2,6 taxa en Agosto y 10,33 ± 4,04 taxa en Marzo (Figura 2-81a,Tabla 2-41).

Respecto a la abundancia total de microalgas bentónicas, el promedio de los puntos muestreados en las Vegas de Tocorpuri fue de 344,6±280,6 cél•mm-² en octubre, 5710,8 ± 4319,3 cél•mm-² en agosto y de 23663 ± 34082 cél•mm-² en la campaña de marzo. El máximo valor de abundancia total se registró en el punto TOC-3 con 63011,94 cél•mm-² en la campaña de marzo, mientras que el mínimo se observó en TOC-2 con un valor de 23,7 cél•mm-² en la campaña de octubre (Figura 2-81b, Tabla 2-41).

Por su parte, la abundancia relativa demostró que en las Vegas de Tocropuri dominaron (>10%) distintas especies. Destacando los taxa Ulnaria ulna, *Planothidium lanceolatum* y *Nitzschia spp*. En la campaña de Octubre en el punto de muestreo TOC-1 dominaron las especies Ulnaria ulna y *Planothidium lanceolatum* (16,7% cada una), en el punto TOC-2 fue *Cavinula sp.* (58%), y en TOC-3 domino Ulnaria ulna (67%), para la campaña de Agosto en TOC-1 dominó *Achnanthidium helveticum* (21%), en TOC-2 *Planothidium delicatulum* (26%), y en TOC-3 *Staurosirella pinnata y Pseudostaurosira sp.* (33,3% cada una), finalmente en la campaña de Marzo dominó en TOC-1 *Ulnaria ulna* (28,5%), en TOC-2 *Planothidium lanceolatum* (18%) y en TOC-3 *Ulnaria ulna* (66%) (Figura 2-81c, Tabla 2-41).

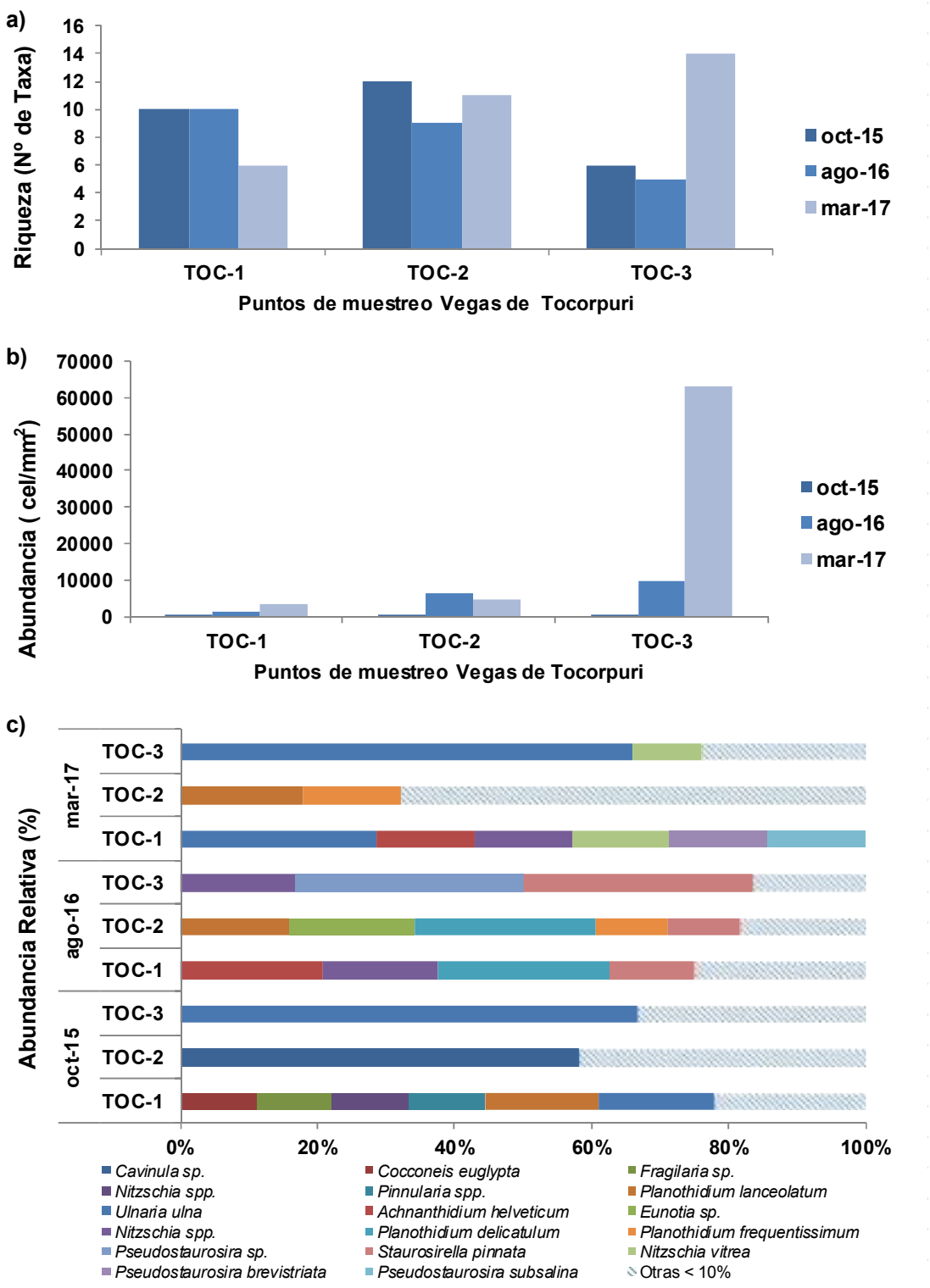


Figura 2-81. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/mm^2) y c) Abundancia Relativa (%) de Fitobentos registrada en la campaña octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 en Vegas de Tocorpuri.

Folio007100

Tabla 2-41. Abundancia (cél/mm^2) de taxa Fitobentos registrados en la campaña de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en Vegas de Tocorpuri. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón.

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (cél·mm^{-2})	TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Achnanthes inflata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Achnanthidium exiguum	0,0	0,0	0,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Achnanthidium spp.	0,0	0,0	1,9	8,2	0,0	0,0	48,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Achnanthidium helveticum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	244,3	20,8	0,0	0,0	0,0	0,0	488,5	14,3	325,6	7,1	0,0	0,0
Adlafia sp.	25,9	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cavinula sp.	0,0	0,0	13,8	58,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis euglypta	51,8	11,1	1,6	6,8	0,0	0,0	48,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	162,8	3,6	0,0	0,0
Cocconeis lineata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis neodiminuta	0,0	0,0	0,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis sp.	25,9	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	48,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	488,5	0,8
Cymbellonitzschia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cymbella aspera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	488,5	0,8
Cymbella tumida	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	162,8	3,6	0,0	0,0
Craticula sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	488,5	0,8
Denticula spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diadesmis confervacea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	162,9	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Discostella stelligera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diploneis smithii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diploneis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eunotia minor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1139,8	25,0	0,0	0,0
Eunotia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1140,0	18,4	0,0	0,0	0,0	0,0	325,6	7,1	0,0	0,0
Encyonema sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fallacia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fragilaria sp.	51,8	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gomphonema pseudoaugur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	325,7	5,3	814,3	8,3	0,0	0,0	325,6	7,1	0,0	0,0
Gomphonema parvulum	25,9	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gomphonema	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	325,7	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Folio007101

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (cél·mm⁻²)	TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
sp.																		
Hippodonta capitata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	325,7	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Halamphora atacamana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Halamphora carvajaliana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Halamphora spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Karayevia sp.	0,0	0,0	2,1	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lemnicola hungarica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	162,8	3,6	488,5	0,8
Mastogloia smithii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula veneta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	814,3	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	488,5	0,8
Navicula cryptotenella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula salinicola	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula spp.	0,0	0,0	0,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia epithemoides	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia halloyii	25,9	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia pusilla	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia vitrea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	488,5	14,3	0,0	0,0	6350,0	10,1
Nitzschia spp.	51,8	11,1	0,3	1,4	51,8	9,5	195,4	16,7	0,0	0,0	1628,6	16,7	488,5	14,3	0,0	0,0	1953,9	3,1
Pinnularia spp.	51,8	11,1	0,0	0,0	25,9	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	488,5	0,8
Planothidium delicatulum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	293,1	25,0	1628,6	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium frequentissimum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	651,4	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	651,3	14,3	976,9	1,6
Planothidium biporomum	0,0	0,0	0,3	1,4	25,9	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	325,6	7,1	0,0	0,0
Planothidium lanceolatum	77,7	16,7	1,3	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	977,1	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	814,1	17,9	0,0	0,0
Planothidium dubium	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	162,8	3,6	488,5	0,8
Planothidium spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pseudostaurosira brevistriata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	488,5	14,3	0,0	0,0	3419,3	5,4
Pseudostaurosira sp.	0,0	0,0	0,8	3,4	25,9	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3257,1	33,3	488,5	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Staurosira venter	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Staurosirella pinnata	0,0	0,0	1,0	4,1	51,8	9,5	146,6	12,5	651,4	10,5	3257,1	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	4884,6	7,8

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (cél·mm^{-2})	TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Staurosirella sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sellaphora pupula	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	488,5	0,8
Surirella sella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tryblionella compressa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ulnaria ulna	77,7	16,7	0,0	0,0	362,6	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	976,9	28,6	0,0	0,0	41519,5	65,9
Pennada indet.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Riqueza Total	10		12		6		10		9		5		6		11		14	
Abundancia Total	466,2		23,7		543,9		1172,6		6188,5		9771,4		3419,3		4559,0		63011,9	
Riqueza Promedio	9,3±3,1						8 ± 2,6						10,33 ± 4,04					
Abundancia Promedio	344,6±280,6						5710,8 ± 4319,3						23663 ± 34082					

b) Fitoplancton

Para el ensamble Fitoplanctónico las riquezas fueron heterogéneas para las diferentes campañas, el mayor valor registrado para la riqueza total fue de 18 taxa en el punto TOC-1 en Octubre y el menor valor fue de 6 taxa en los puntos TOC-2 y TOC-3 en Agosto. Las riquezas promedios estuvieron entre los 12,7±4,7 taxa en Octubre, 7 ± 1,73 taxa en Agosto y 11,3 ± 5,13 taxa en marzo (Figura 2-82a, Tabla 2-42).

La abundancia fitoplanctónica también presentó una tendencia irregular entre los puntos de muestreo en las diferentes campañas, con un promedio de 1433±1413,3 cél/L en octubre, 360 ± 554,3 cél/L en agosto y 894,21 ± 778,05 cél/ L en marzo. El máximo valor se registró en TOC-3 con 2955,2 cél/L en octubre, mientras que el mínimo se registró en el punto de muestreo TOC-1 con 30 cél/L en agosto (Figura 2-82b,Tabla 2-42).

En cuanto a la abundancia relativa, las especies dominantes en las Vegas de Tocorpuri fueron *Ulnaria ulna*, *Pseudostaurosira sp*. y *Achnanthidium sp*. Para la campaña de Octubre en el punto de monitoreo TOC-1 dominó *Pseudostaurosira sp*. (21%), en TOC-2 fue *Spirogyra sp.* (33%) y en TOC-3 *Pseudostaurosira sp*. (39%). Por su parte, en la campaña de Agosto en el punto TOC-1 fue *Ulnaria urna* (38%), en TOC-2 *Planothidium spp.* (50%) y en TOC-3 *Adlafia minúscula* (29%). Finalmente en la campaña de Marzo en el punto TOC-1 dominó *Ulnaria urna* (33%), en TOC-2 *Achnanthidium sp.* (50%) y en TOC-3 fue *Ulnaria urna* (79%). (Figura 2-82c, Tabla 2-42).

Folio007103

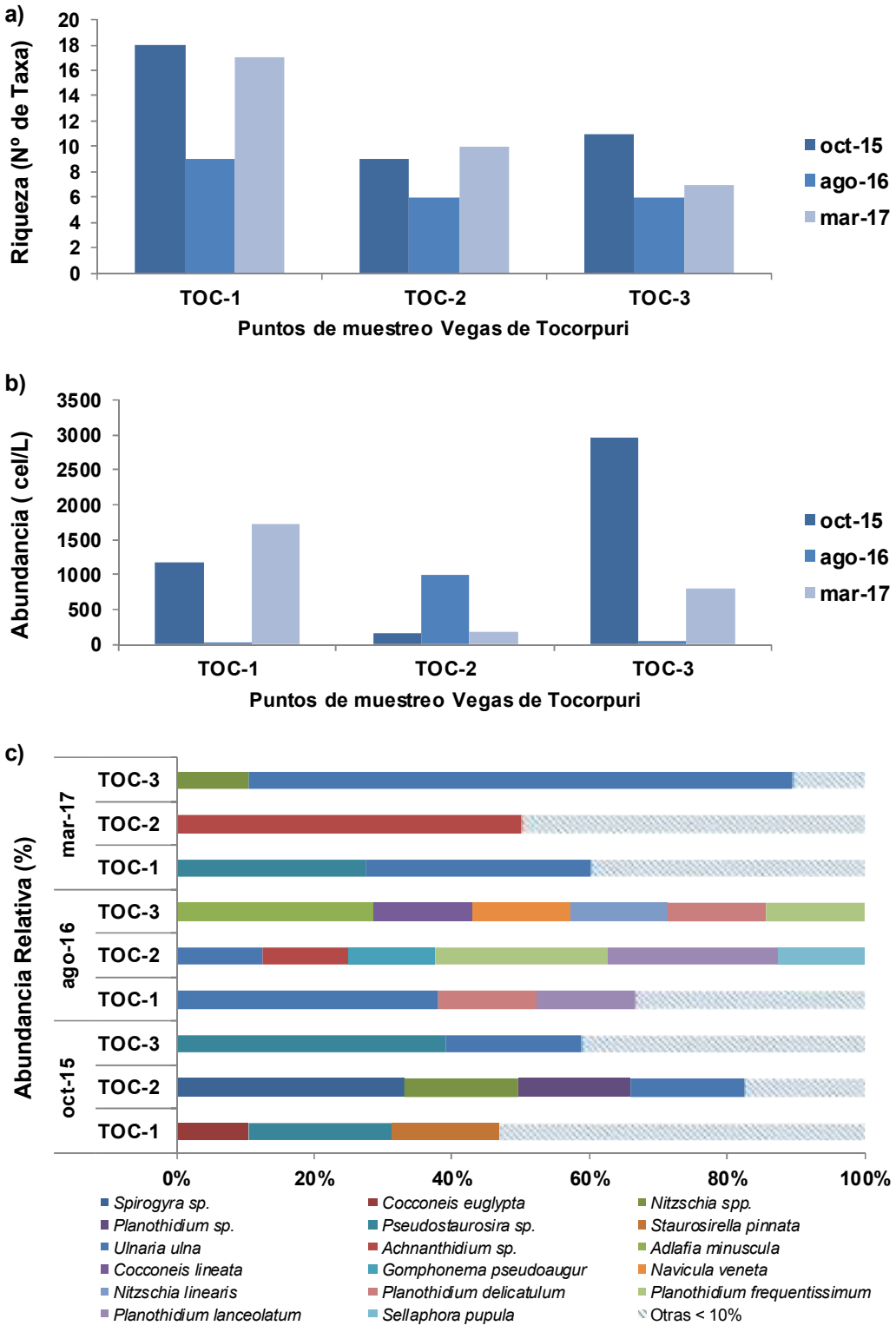


Figura 2-82. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/L) y c) Abundancia Relativa (%) de Fitoplancton registrada en la campaña octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 en Vegas de Tocorpuri.

Folio007104

Tabla 2-42. Abundancia (cél. L-¹) de taxa fitoplanctónicos registrados en la campaña de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en Vegas de Tocorpuri. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón.

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Cél·L⁻¹)	TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Chlorophyceae																		
Oedogonium sp.	0,0	0,0	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Conjugatophyceae																		
Closterium sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Spirogyra sp.	69,3	5,9	54,0	33,2	51,8	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Zygnema sp.	2,0	0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Cyanophyceae																		
Anabaena sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Nodularia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Oscillatoria limosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Oscillatoria sp.	0,0	0,0	1,1	0,7	1,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Mediophyceae																		
Cyclotella ocellata	0,0	0,0	0,0	0,0	289,5	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Bacillariophyceae																		
Achnanthidium helveticum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,8	125,0	0,0	0,0	0,0	29,5	1,7	53,3	31,8	0,0	0,0
Achnanthidium minutissimum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,4	18,2	0,0	0,0
Achnanthidium exiguum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Achnanthidium sp.	30,8	2,6	8,9	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	88,5	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Adlafia minuscula	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	28,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brachysira sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis euglypta	123,3	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	118,1	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis lineata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis neodiminuta	30,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Cymbopleura sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Cymbellonitzschia sp.	30,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Denticula spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Diploneis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Eunotia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,5	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Euglena sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0

Folio007105

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Cél·L^{-1})	TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Encyonema sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,8	125,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Fallacia sp.	30,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Fragilaria capucina var. vaucheriae	0,0	0,0	0,0	0,0	289,5	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,1	5,3
Fragilaria sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Gomphonema pseudoaugur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	4,5	0,0	0,0
Gomphonema parvulum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Gomphonema sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	9,1	0,0	0,0
Halamphora atacamana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Halamphora carvajaliana	30,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Halamphora sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Haloroundia speciosa	30,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Karayevia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	4,5	0,0	0,0
Lemnicola hungarica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	4,5	0,0	0,0
Navicula cryptotenella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula veneta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	14,3	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula salinicola	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia linearis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,8	0,0	0,0	7,0	14,3	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia vitrea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	147,6	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia halloyii	30,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia spp.	0,0	0,0	26,7	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,0	3,4	15,2	9,1	84,2	10,5
Pinnularia sp.	30,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium delicatulum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	14,3	251,0	0,0	7,0	14,3	29,5	1,7	7,6	4,5	0,0	0,0
Planothidium frequentissimum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	9,5	251,0	25,0	7,0	14,3	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium biporomum	92,5	7,8	8,9	5,5	289,5	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium lanceolatum	30,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	14,3	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	9,1	42,1	5,3
Phacus sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Planothidium sp.	0,0	0,0	26,7	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Pseudostaurosira brevistriata	30,8	2,6	0,0	0,0	289,5	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	295,2	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0

Folio007106

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Cél·L^{-1})	TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Pseudostaurosira parasitica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Pseudostaurosira subsalina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	177,1	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Pediastrum boryanum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Pseudostaurosira sp.	246,7	20,9	0,0	0,0	1158,0	39,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Stauroneis sp.	30,8	2,6	8,9	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Staurosira venter	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Staurosirella pinnata	185,0	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Sellaphora pupula	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	125,0	12,5	0,0	0,0	29,5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Surirella chilensis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Rhopalodia musculus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,8	125,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Stauroneis heinii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Surirella sella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Tribonema sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Tabellaria fenestrata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	4,5	0,0	0,0
Tryblionella compressa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*0,0*	0,0	0,0	0,0	0,0
Ulnaria ulna	92,5	7,8	26,7	16,4	579,0	19,6	11,0	38,1	0,0	12,5	0,0	0,0	560,8	32,7	0,0	0,0	631,3	78,9
Pennada indet.	30,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Riqueza Total	18		9		11		9		6		6		17		10		7	
Abundancia Total	1181,3		162,5		2955,2		30		1000		50		1714,9		167,4		800,2	
Riqueza Promedio	12,7±4,7						7 ± 1,73						11,3 ± 5,13					
Abundancia Promedio	1433±1413,3						360 ± 554,3						894,21 ± 778,05					

a) Zooplancton

La riqueza total de la comunidad de zooplancton varío con un máximo de 8 taxa en la campaña de Agosto en el punto TOC-3 y un mínimo de cero taxa en el punto TOC- 3 en octubre. Para la campaña de octubre la riqueza promedio fue de 1±1 taxa, 6,6 ± 1,5 taxa en agosto y 5,33 ± 1,15 taxa en marzo (Figura 2-83a,Tabla 2-43).

La abundancia zooplanctónica, presentó un promedio de 118,2±122,9 ind/L en la campaña de octubre, 0,76 ± 0,72 ind/L en agosto y 0,18 ± 0,12 ind/L en marzo. El máximo valor se registró en TOC-2 con 245,3 ind/L en octubre, mientras que los mínimos

se registraron en el punto TOC-3 en octubre con cero individuos. (Figura 2-83b,Tabla 2-43).

En cuanto a la abundancia relativa, los resultados indicaron que para las Vegas de Tocorpuri dominarón Copepoda indet. y Ostracoda principalmente. Para la campaña de Octubre en el punto TOC-1 dominó Copepoda ndt (100%), en TOC-2 Cyclopoda indt y Copepoda indt. (50% cada una). Para la campaña de Agosto en TOC-1 dominó Amphipoda (43%), en TOC-2 Ostracoda (39%) y en TOC-3 Ostracoda y Amphipoda (23% cada una). Finalmente para la campaña de Marzo en el punto TOC-1 dominó Copepoda (23%), en TOC-2 *Neobosmina chilensis, Paracyclops fimbriatu,* Collembola indet. *y* Elmidae indet. (25% cada una), y en el punto TOC-3 Chironomidae indt. (15%)(Figura 2-83c,Tabla 2-43).

Folio007108

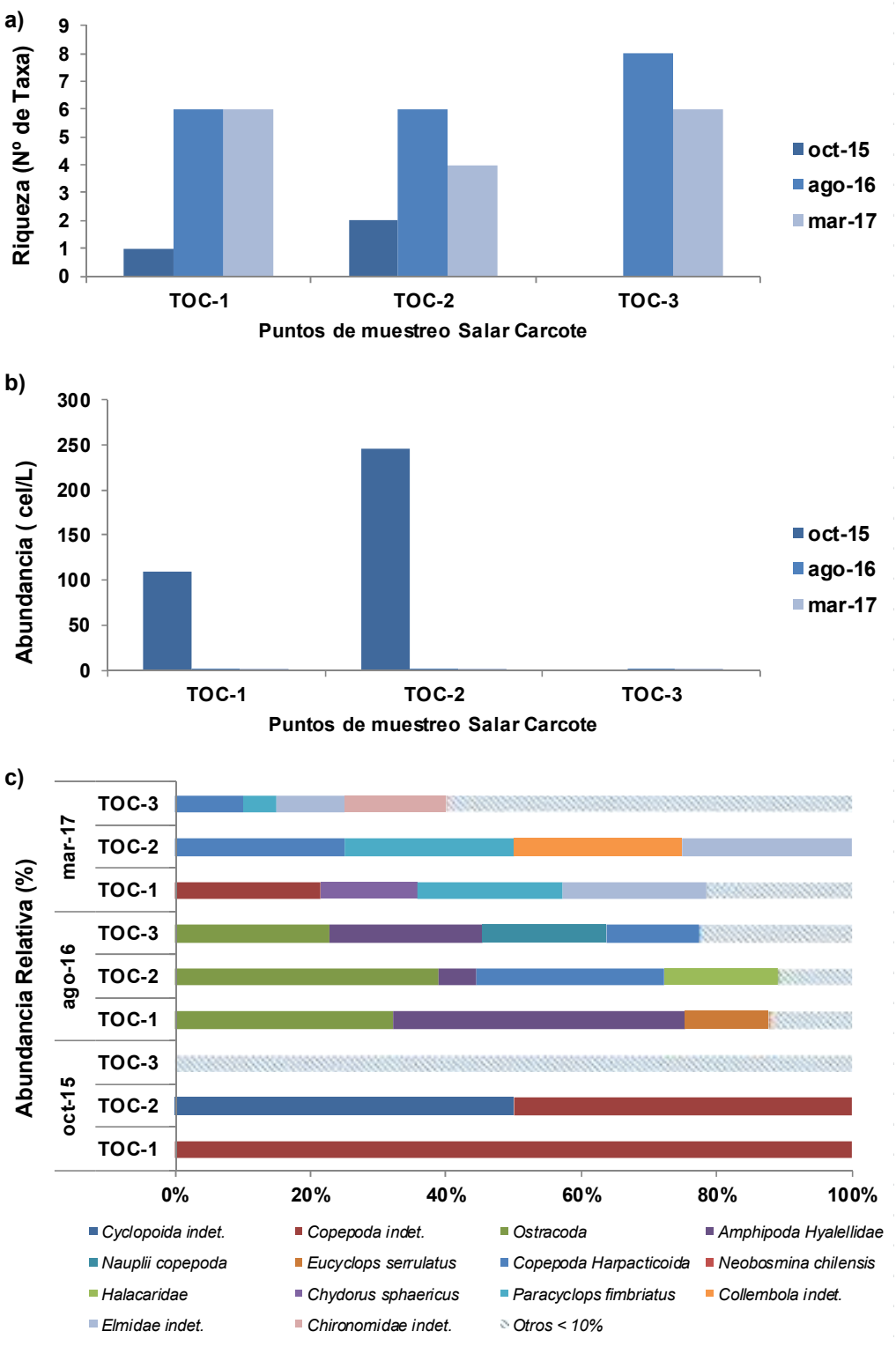


Figura 2-83. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (cél/L) y c) Abundancia Relativa (%) de Zooplancton registrada en la campaña octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 en Vegas de Tocorpuri.

Folio007109

Tabla 2-43. Abundancia (cél. L^{-1}) de taxa Zooplanctónicos registrados en la campaña de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en Vegas de Tocorpuri. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón.

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Ind·L^{-1})	TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Boeckella sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cyclopoida indet.	0,0	0,0	123,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Canthocamptidae indet.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Copepoda indet.	109,0	100,0	123,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	27,8	0,0	13,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ostracoda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	32,3	0,6	38,9	0,1	22,7	0,0	7,1	0,0	0,0	0,1	45,0
Amphipoda Gammaridae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Amphipoda Hyalellidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	43,1	0,1	5,6	0,1	22,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Larva cypris	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nauplii copepoda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nauplii cirripedia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acartia sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eucyclops serrulatus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	12,3	0,1	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tumeodiaptomus diabolicus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calanoida Mal estado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Copepoda Harpacticoida	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Collembola indet.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0
Elmidae indet.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	0,0	25,0	0,0	10,0
Chironomidae indet.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0
Neobosmina chilensis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hyalella sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	15,0
Chydorus sphaericus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Halacaridae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	16,7	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Larva Diptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nematoda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Paracyclops fimbriatus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	0,0	25,0	0,0	5,0
Harpacticoida indet.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	10,0
Riqueza Total	1		2		0		6		6		8		6		4		6	
Abundancia Total	109,3		245,3		0		0,48		1,6		0,22		0,22		0,04		0,28	
Riqueza Promedio	1±1						6,6 ± 1,5						5,33 ± 1,15					
Abundancia	118,2±122,9						0,76 ± 0,72						0,18 ± 0,12					

Folio007110

Campaña	OCTUBRE 2015						AGOSTO 2016						MARZO 2017					
Taxa (Ind·L^{-1})	TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Promedio																		

b) Macroinvertebrados Bentónicos

Los ensambles de macroinvertebrados bentónicos presentaron una riqueza heterogénea para las campañas de sucesivas de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017. Para la campaña de octubre el promedio de riquezas fue de 4,7 ± 0,6 taxa, en agosto 2 ± 2,5 taxa y en marzo fue de 4,3 ± 0,57 taxa. El mayor valor de riqueza total fue de 5 taxa en los puntos TOC-2 y TOC-3 de la campaña de octubre, TOC-1 de agosto y TOC-1 de la campaña de marzo, por su parte el valor mínimo fue de cero taxa en el punto TOC-3 en agosto (Figura 2-84a, Tabla 2-44).

Respecto a la abundancia total de zoobentos, el promedio de los puntos muestreados en las vegas de Tocorpuri fue de 1574,1 ± 1773,9 ind•m-² en la campaña de octubre, 1178,4 ± 1623,5 ind•m-² en la campaña de agosto y de 21212,1 ± 18312,8 ind•m-² en marzo. El máximo valor de abundancia total se registró en el punto TOC-1 con 40656,6 ind•m-² en marzo, mientras que el mínimo se observó en el punto TOC-3 agosto donde no se registraron individuos (Figura 2-84b, Tabla 2-44).

Por su parte, la abundancia relativa demostró que en las Vegas de Tocorpuri destacan en la campaña de Octubre los insectos de la familia Elmidae (27%) y los Amphipodos de la familia Hyalellidae (40%), en el punto TOC-2 y TOC-3 domina Hyalellidae (91% y 89% respectivamente), en la campaña de agosto en TOC-1 destaca Lumbriculidae (67%) y en TOC-3 Hyalellidae (100%). Finalmente en la campaña de Marzo en TOC-1, TOC-2 y TOC-3 destaca los insectos Elmidae (59%, 37% y 65% respectivamente) y Hyalellidae (35%, 58% y 18% respectivamente) (Figura 2-84c, Tabla 2-44).

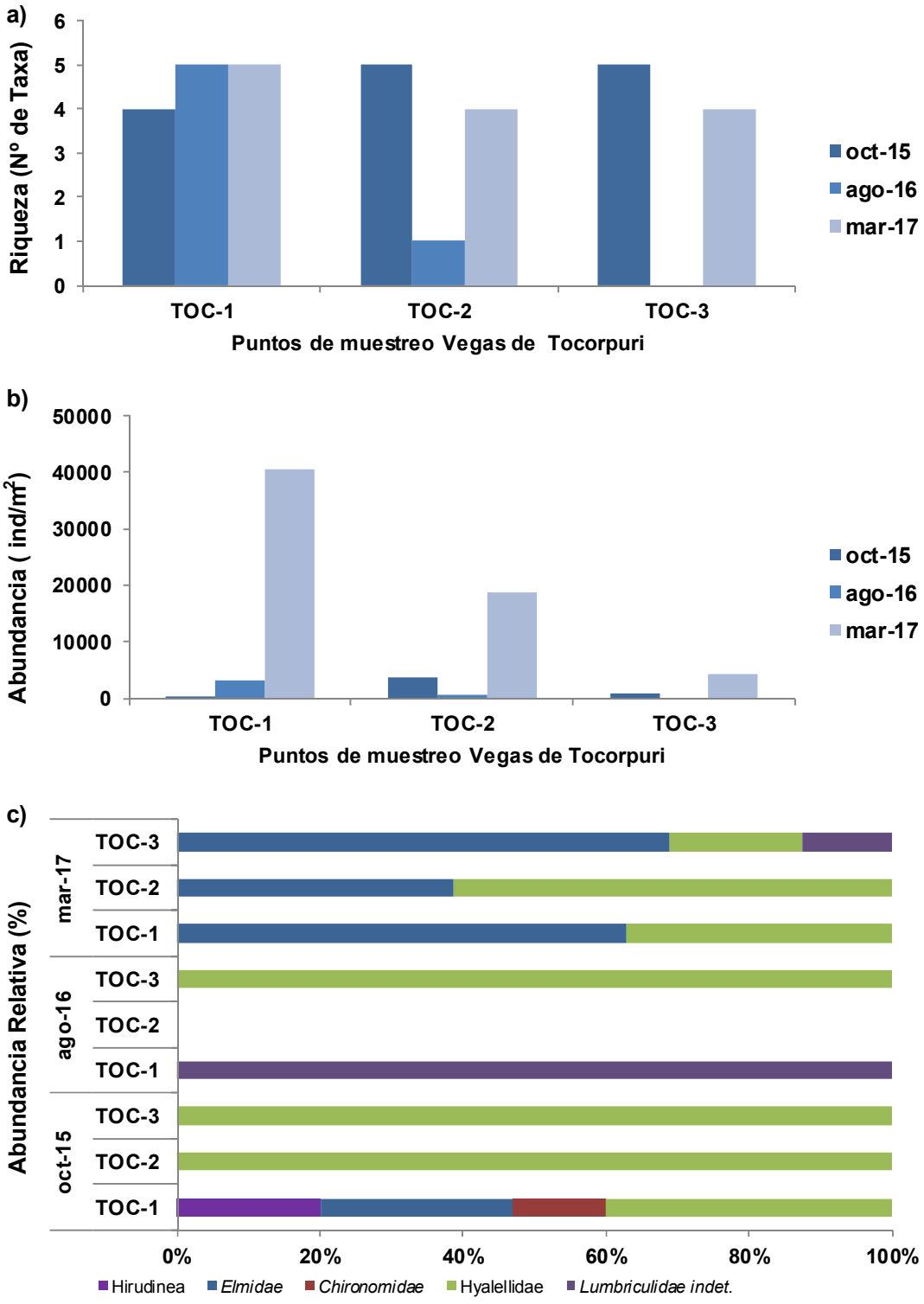


Figura 2-84. a) Riqueza Total (Nº de taxa) b) Abundancia Total (ind/m^2) y c) Abundancia Relativa (%) de Zoobentos registrada en la campaña octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 en Vegas de Tocorpuri.

Folio007112

Tabla 2-44. Abundancia (ind/m^2) de taxa Zoobentos registrados en la campaña de octubre 2015, agosto 2016 y marzo 2017 para cada punto de muestreo evaluado en en Vegas de Tocorpuri. Se destaca además la abundancia relativa (%) por cada taxón.

Clase /Familia (Ind m-²)	OCTUBRE						AGOSTO						MARZO					
	TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3		TOC-1		TOC-2		TOC-3	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Hirudinea	33	20	56	2	0	0	0	0	0	0	0	0	15404	37,9	757,6	4,1	2777,8	64,7
Elmidae	44	27	189	5	22	2	252,5	8,3	0	0	0	0	252,5	0,6	252,5	1,4	0	0
Chironomidae	22	13	44	1	56	6	505,1	16,7	0	0	0	0	8585,9	21,1	6818,2	36,5	252,5	5,9
Simuliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydroptilidae	0	0	0	0	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyalellidae	67	40	3244	91	878	89	0	0	505,1	100	0	0	14141,4	34,8	10858,6	58,1	757,6	17,6
Nematoda (Filo)	0	0	33	1	0	0	252,5	8,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesiidae	0	0	0	0	0	0	2020,2	66,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oligochaeta (subclase)	0	0	0	0	22	2	0	0	0	0	0	0	2272,7	5,6	0	0	505,1	11,8
Riqueza Total	4		5		5		5	0,16	1		0		5		4		4	
Abundancia Total	166,7		3566,7		988,9		3030,3		505		0		40656,6		18686,9		4292,9	
Riqueza Promedio	4,7 ± 0,6						2 ± 2,5						4,3 ± 0,57					
Abundancia Promedio	1574,1 ± 1773,9						1178,4 ± 1623,5						21212,1 ± 18312,8					

Folio007113

2.2.5.6 Flora y Vegetación

a) Flora terrestre

Dentro de la composición florística del humedal de Tocorpuri se registró una riqueza total de 17 especies de flora terrestre, las cuales se distribuyen en 7 familias diferentes (Tabla 2-45). El conjunto de especies observadas tiene un origen fitogeográfico nativo y un hábito de crecimiento herbáceo. Cabe señalar que dentro del humedal no se encontraron especies vegetales en categoría de conservación (de acuerdo al Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres).

Tabla 2-45. Riqueza florística Humedal de Tocorpuri.

Nombre científico	Familia	Origen fitogeo.	Tipo biológico	Estado de Conservación	Registro de especies por temporada		
					Prim. 2015	Inv. 2016	Ver. 2017
Hypochaeris sp.	Asteraceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría	x		
Werneria pinnatifida		Nativo	Herbácea	Sin categoría			x
Werneria pygmaea		Nativo	Herbácea	Sin categoría			x
Lobelia oligophylla	Campanulaceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría			x
Carex sp.	Cyperaceae	-	Herbácea	Sin categoría	x		
Phylloscirpus acaulis		Nativo	Herbácea	Sin categoría			x
Zameioscirpus atacamensis		Nativo	Herbácea	Sin categoría		x	x
Oxychloë andina	Juncaeae	Nativo	Herbácea	Sin categoría	x	x	x
Triglochin concinna	Juncaginaceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría	x	x	x
Deyeuxia breviaristata	Poaceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría		x	x
Deyeuxia chrysantha		Nativo	Herbácea	Sin categoría	x		
Deyeuxia chrysophylla		Nativo	Herbácea	Sin categoría		x	x
Deyeuxia curvula		Nativo	Herbácea	Sin categoría		x	x
Deyeuxia eminens		Nativo	Herbácea	Sin categoría	x		
Festuca chrysophylla		Nativo	Herbácea	Sin categoría			x
Puccinellia frigida		Nativo	Herbácea	Sin categoría	x	x	x
Ranunculus cymbalaria	Ranunculaceae	Nativo	Herbácea	Sin categoría			x

Folio007114

b) Vegetación terrestre

La formación vegetal que se encuentra presente en el humedal de Tocorpuri corresponde a un Bofedal dominado principalmente por la especie de hábito herbáceo *Oxychloë andina.* Otras especies que forman parte de la composición florística de esta formación son las hierbas *Deyeuxia curvula, Triglochin concinna* y *Phylloscirpus acaulis,* entre otras.

Figura 2-85. Humedal de Tocorpuri.

La cobertura vegetacional presente a lo largo de los diferentes transectos realizados en el área del humedal de Tocorpuri, mostraron que los transectos que alcanzaron el máximo valor de cobertura vegetal (100%) correspondieron a T2 sur, T5 sur, T10 y T11 norte, en las campañas Primavera 2015, Invierno 2016 y Verano 2017 respectivamente (Tabla 2-46). Por otra parte, el mínimo valor de cobertura se registró en T4 sur (50,94%), durante la campaña Verano 2017. En términos de cobertura vegetal por temporada, el valor máximo se registró durante la campaña Verano 2017, el cual alcanzó un valor promedio de 88,72%.

En relación a las especies registradas a lo largo de los transectos realizados, las hierbas *Oxychloë andina, Zameioscirpus atacamensis, Deyeuxia curvula y Triglochin concinna* fueron las que registraron la mayor presencia en los transectos a lo largo de las 3 temporadas de monitoreo.

Folio007115

Tabla 2-46. Resultados de cobertura (%) en transectos por temporada, sector Tocorpuri.

Especie	Transectos por temporada																									
	Primavera 2015				Invierno 2016											Verano 2017										
	Sector sur		Sector norte		Sector sur					Sector norte						Sector sur					Sector norte					
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Carex sp.	0,000	0,00	0,000	78,69	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Deyeuxia chrysophylla	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,69	0,00	0,00
Deyeuxia breviaristata	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,84	0,000	0,000	1,23	4,76	1,64	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,22	4,69	0,00	0,00
Deyeuxia chrysantha	0,000	0,00	p	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Deyeuxia curvula	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	18,37	0,000	8,16	14,52	12,35	3,70	0,000	0,000	0,000	0,000	1,82	26,15	0,000	7,55	9,84	2,47	4,94	0,000	0,000	0,00	0,00
Deyeuxia eminens	8,20	0,00	1,64	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Festuca chrysophylla	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	6,15	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,82	0,000	13,85	0,000	3,28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Hypochaeris sp.	0,000	0,00	0,000	9,84	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Lobelia oligophylla	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,23	4,62	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Oxychloë andina	73,77	90,16	62,30	0,000	63,27	55,10	70,77	42,86	80,65	74,07	0,000	58,02	46,03	0,000	8,20	16,36	32,31	60,00	15,09	57,38	0,000	13,58	24,39	70,31	0,00	0,00
Phylloscirpus acaulis	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18,18	9,23	0,000	16,98	4,92	83,95	65,43	62,20	0,000	40,58	80,33
Puccinellia frigida	p	9,84	1,64	p	6,12	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,82	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Ranunculus cymbalaria	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,47	0,000	0,000	0,00	0,00
Triglochin concinna	4,92	0,00	0,000	0,000	10,20	14,29	0,000	0,000	0,00	1,23	65,43	8,64	6,35	78,69	34,43	9,09	10,77	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Werneria pinnatifida	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	34,55	3,008	3,008	0,000	0,000	0,000	0,000	3,66	0,000	46,38	18,03
Werneria pygmaea	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	1,2	0,0	0,00	0,00

Folio007116

	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	2	0		
Zameioscirpus atacamensis	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	2,04	9,23	2,04	0,00	0,000	13,58	20,99	17,46	0,000	0,000	12,73	0,000	0,000	11,32	9,84	0,000	3,700	3,66	3,13	13,04	1,64
Rastrojo	0,000	0,00	8,20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	6,56	49,18	0,000	0,000	4,62	0,000	8,20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Riqueza	4,000	2,00	4,000	5,000	3,000	4,000	3,000	3,000	3,00	3,000	3,000	4,000	4,000	2,000	2,000	8,000	6,000	4,000	4,000	5,000	3,000	5,000	6,000	4,000	3,00	3,00
Cobertura	86,89	100,00	73,78	88,53	79,59	89,80	86,15	53,06	100,00	87,65	82,71	88,88	74,60	86,89	91,81	96,37	90,77	86,17	50,94	93,46	88,89	90,12	96,35	82,82	100,00	100,00
Riqueza promedio	3,75									3,09						4,64										
Cobertura promedio (%)	87,30									83,74						88,72										

c) Plantas Acuáticas

En el humedal de Tocorpuri se registraron 3 especies de flora acuática, de las cuales una especie se logró identificar hasta el nivel de género (Tabla 2-47). Los taxa identificados pertenecen a 2 familias diferentes (Araceae y Haloragaceae). En relación al estado de conservación de las plantas registradas, ninguna de estas se encuentra bajo amenaza de acuerdo al Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres.

Tabla 2-47.Riqueza plantas acuáticas en el humedal de Tocorpuri.

Nombre científico	Familia	Origen fitogeo.	Tipo biológico	Estado de Conservación	Registro de especies por temporada		
					Prim. 2015	Inv. 2016	Ver. 2017
Lemna valdiviana	Araceae	Nativo	Hierba acuática	Sin categoría	x	x	x
Myriophyllum quitense	Haloragaceae	Nativo	Hierba acuática	Sin categoría		x	x
Myriophyllum sp.		Nativo	Hierba acuática	Sin categoría	x		

La cobertura vegetal de las plantas acuáticas presentes en el humedal varió entre 93,00% (en P1 sector norte) y 1,74% (en P2 sector sur), valores registrados durante las temporadas Primavera 2015 y Verano 2017 respectivamente (Tabla 2-48). Al comparar los valores de cobertura vegetal promedio por temporada es posible observar que el valor máximo se registró durante la temporada Primavera 2015.

Folio007117

Tabla 2-48. Cobertura plantas acuáticas en el humedal de Tocorpuri.

Especie	Transectos por temporada					Transectos por temporada					Transectos por temporada				
	Primavera 2015					Primavera 2015					Primavera 2015				
	Sector sur			Sector norte		Sector sur			Sector norte		Sector sur			Sector norte	
	P1	P2	P3	P1	P2	P1	P2	P3	P1	P2	P1	P2	P3	P1	P2
Lemna valdiviana	10,00	5,00	0,00	0,00	0,00	15,64	5,15				12,64	1,74	1,68	0,00	0,00
Myriophyllum quitense	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,28	3,48	32,15	88,25	65,45	36,45	0,00	28,15	86,12	72,28
Myriophyllum sp.	53,00	5,00	45,00	93,00	78,00						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Riqueza	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2	2	1	1	1	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00
Cobertura	63,00	10,00	45,00	93,00	78,00	56,92	8,63	32,15	88,25	65,45	49,09	1,74	29,83	86,12	72,28
Riqueza promedio	1,40					1,40					1,40				
Cobertura promedio (%)	57,80					54,71					47,81				

2.2.5.7 Fauna Terrestre

Los sectores prospectados durante las campañas de octubre de 2015 (primavera), agosto de 2016 (invierno) y marzo de 2017 (verano), presentaron los siguientes ambientes:

- Sector 1: Vega con agua estancada, de 25 m de ancho aproximadamente. Cobertura vegetacional media, bofedal. Formaciones rocosas en una ladera, sustrato terroso.
- Sector 2: Vega con flujo continuo, de una ancho aproximado de 10 m. Vegetación ribereña y plantas acuáticas. Cobertura vegetacional media. Sustrato pedregoso en ladera.
- Sector 3: Vega y bofedal con flujo léntico, de 5 m de ancho aproximadamente. Plantas acuáticas. Cobertura vegetacional media a alta, bofedal. Sustrato terroso en ladera.

Durante las campañas de terreno se detectaron un total de 33 especies de fauna en los tres sectores prospectados, correspondientes a un anfibio, 26 especies aves y seis mamíferos. Respecto a la abundancia, se contabilizó un total de 560 individuos, valor entregado principalmente por la avifauna del sector (Tabla 2-14).

Folio007118

Tabla 2-49. Abundancia (número de individuos) y riqueza (número de especies) detectadas durante la campaña de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el sector de Tocorpuri.

Nombre científico	Nombre común	Primavera 2015			Invierno 2016			Verano 2017		
		Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Clase Amphibia										
Rhinella spinulosa	Sapo espinoso	2	p		5			120*		
Subtotal Abundancia		2	0	0	5	0	0	0	0	0
Subtotal Riqueza		1	1	0	1	0	0	1	0	0
Clase Aves										
Anatidae										
Anas flavirostris	Pato jergón chico		1	18			30			
Anas puna	Pato puna		2							
Lophonetta specularioides	Pato juarjual	2	13	8		2	10	2	6	8
Oressochen melanopterus	Piuquén		2	6			10			
Cathartidae										
Vultur gryphus	Cóndor									
Charadriidae										
Charadrius alticola	Chorlo de la puna			2						
Phegornis mitchellii	Chorlito cordillerano			1			1			1
Vanellus resplendens	Queltehue de la puna									2
Columbidae										
Metriopelia melanoptera	Tortolita cordillerana	1								
Falconidae										
Phalcoboenus megalopterus	Carancho cordillerano					2				
Furnariidae										
Asthenes modesta	Canastero chico					1				
Cinclodes albiventris	Churrete de alas crema				1		7	1	3	5
Cinclodes atacamensis	Churrete de alas blancas		2	2	2	4	2	2		
Hirundinidae										
Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina de dorso nergro		3	5						

Folio007119

Nombre científico	Nombre común	Primavera 2015			Invierno 2016			Verano 2017		
		Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Laridae										
Chroicocephalus serranus	Gaviota andina	3	2	3		2				
Rheidae										
Rhea pennata	Suri	p					3	p		
Scolopacidae										
Calidris bairdii	Playero de Baird					1				3
Thinocoridae										
Attagis gayi	Perdicita cordillerana	2			2					
Thinocorus orbignyianus	Perdicita cojón			3		2	9			26
Thinocorus rumicivorus	Perdicita			6						
Thraupidae										
Phrygilus dorsalis	Cometocino de dorso castaño		2	1		12			6	12
Sicalis olivascens	Chirihue verdoso								1	
Tinamidae										
Tinamotis pentlandii	Perdiz de la puna						10			4
Tyrannidae										
Lessonia oreas	Colegial del norte		1							
Muscisaxicola flavinucha	Dormilona fraile	1	1	4			1			3
Muscisaxicola rufivertex	Dormilona nuca rojiza	3		2	2		3		1	2
Subtotal Abundancia		12	29	61	7	26	86	5	17	66
Subtotal Riqueza		7	10	13	4	8	11	4	5	10
Clase Mammalia										
Camelidae										
Lama glama	Llama								9	32
Vicugna vicugna	Vicuña	p	35	7		27	72	15	5	24
Canidae										
Lycalopex culpaeus	Zorro culpeo	1		p						
Chinchillidae										
Lagidium viscacia	Vizcacha	p	p				5	1		1

Nombre científico	Nombre común	Primavera 2015			Invierno 2016			Verano 2017		
		Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Cricetidae										
Phyllotis xanthopygus	Ratón orejudo amarillento						2			
Equidae										
Equus asinus	Burro feral	p	p	8		p	p			
Subtotal Abundancia		1	35	15	0	27	79	16	14	57
Subtotal Riqueza		4	3	3	0	2	4	2	2	3

Nota.- *Corresponde a individuos postmetamórficos. p= Corresponde a la detección por evidencia indirecta, como la presencia de cuevas, fecas y/o huellas, lo que no permite asignar una abundancia específica.

Folio007121

En relación a la estacionalidad de los registros, considerando los tres sectores, la campaña de primavera fue la que presentó mayor riqueza, detectándose un total de 23 especies de vertebrados, mientras que durante invierno se registró el menor valor de 17 especies. En las tres campañas, el sector 3 presentó la mayor riqueza, representado por especies de aves y mamíferos. Pese a lo anterior, el sector 1 estuvo representado en todas las campañas -además de los grupos mencionados- por la clase amphibia, al igual que el sector 2 en la campaña de primavera. (Figura 2-86).

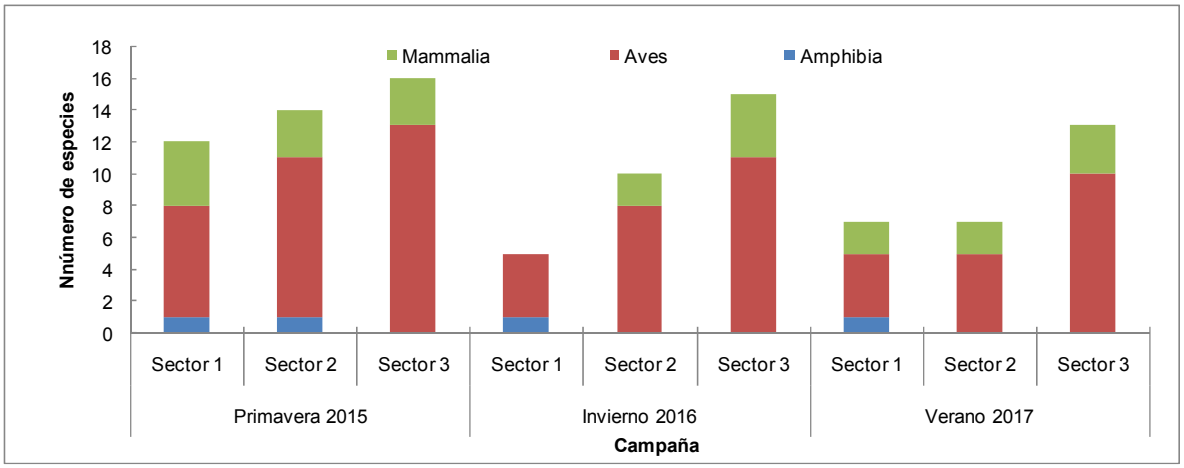


Figura 2-86 Riqueza (número de especies) registradas durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017, según sector de prospección, en sector de Tocorpuri.

El grupo más diverso y abundante en las campañas realizadas correspondió a la avifauna. Durante la campaña de primavera, el pato juarjual se muestra como la especie más abundante de forma relativa (n=23; 22,5%), seguida por el pato jergón chico (n=19; 18,6%) y en la misma proporción el piuquén, la golondrina de dorso negro y la gaviota andina (n=8; 7,8%). De forma similar, en la campaña de invierno, el pato jergón chico (n=30; 25,6%) se muestra como la especie dominante, seguido en la misma proporción por el pato juarjual y el cometocino de dorso castaño (n=12; 10,3%). En verano, la perdicita cojón muestra la mayor cantidad de regstros visuales (n=26; 29,5%), seguido por el cometocino de dorso castaño (n=18; 20,5%), y en similiar proporción, el pato juarjual (n=16; 18,2%) (Figura 2-87). De esta forma, durante primavera e invierno el grupo más numeroso correspondió al de las aves acuáticas, sin embargo, para al época de verano, cambia más bien a especies de hábitos terrestres. Respecto a los sectores donde se registró a esta clase, en todas las campañas, el sector 3 presentó la mayor cantidad de evidencias directas, mientras la menor cantidad de individuos se detectó en el sector 1. En relación a la riqueza, el sector 3 presentó la mayor cantidad de especies, registrándose primavera, invierno y verano, 13, 11 y 10 especies, respectivamente (Tabla 2-14).

Folio007122

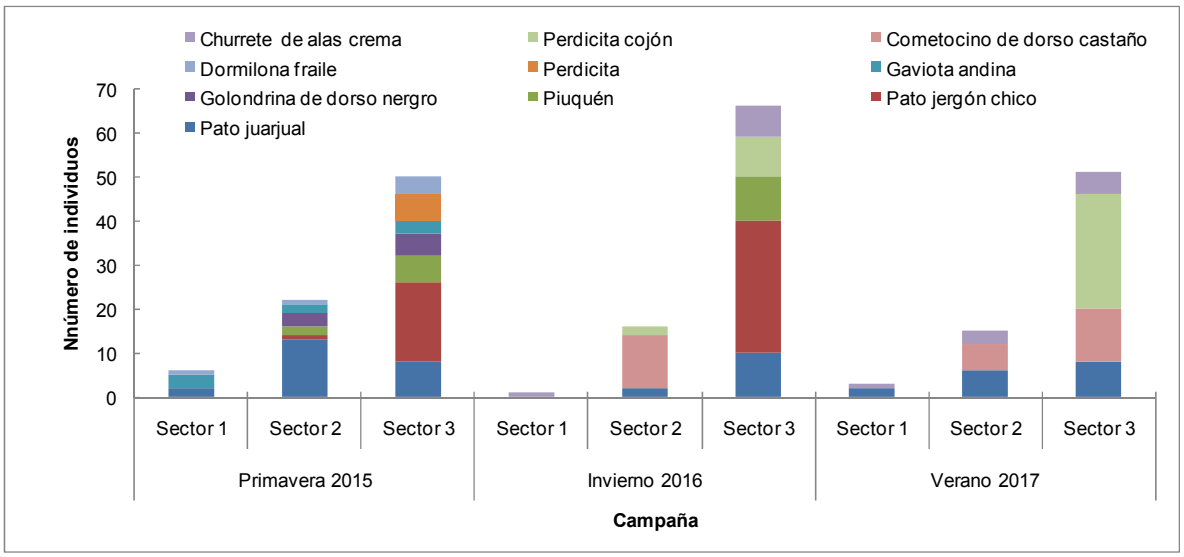


Figura 2-87 Abundancia (número de individuos) de las aves con valores sobre el 75% de forma relativa detectada durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el sector de Tocorpuri.

Respecto a los mamíferos, las campañas de invierno y primavera muestran la mayor riqueza, con cuatro especies detectadas, mientras que en verano sólo se detectaron tres especies. Los registros directos están entregados principalmente por la presencia de vicuñas, las que presentaron mayores abundancias en invierno, luego en verano y finalmente en primavera, detectándose 99, 44, 42 individuos, respectivamente (Tabla 2-14). Considerando la movilidad de esta especie, los individuos se concentraron en primavera en el sector 2, y en invierno y verano en el sector 3. La detección de micromamíferos se centró en el sector 3 en la campaña de invierno, registrándose sólo una especie correspondiente al ratón orejudo amarillento, con una abundancia de dos individuos. Cabe mencionar la presencia de ganado doméstico (llamas) en el sector 2 y 3 durante la campaña de verano, alcanzando un registro de 41 individuos y la detección directa de burros ferales en primavera e indirecta en invierno. En relación a los carnívoros, se destaca la presencia directa de zorro culpeo durante la primavera, ausentándose en las posteriores campañas (Tabla 2-14).
Respecto a los anuros, sólo se detectó una especie en el sector 1 durante las tres campañas y en el sector 2 sólo en primavera, correspondiente al sapo espinoso. Se visualizaron individuos adultos en primavera (2 ejemplares) e invierno (cinco ejemplares) y alrededor de 120 estados postmetamórficos, los que no fueron considerados para cálculos de abundancia de este grupo (Tabla 2-14).
Durante las tres campañas no se detectaron reptiles.
En cuanto al estado de conservación de las especies detectadas en sector de Tocupuri, la Tabla 2-15 muestra las especies que se encuentran categorizadas según legislación nacional vigente. Las especies en categoría de amenaza, es decir, En Peligro o Vulnerable, corresponden a tres especies de aves (gaviota andina, cóndor y suri), y una especie de mamífero (vicuña).

Tabla 2-50 Especies de vertebrados detectadas durante las campañas de primavera 2015, invierno 2016 y verano 2017 en el sector de Tocorpuri, según origen, estado de conservación y legislación nacional vigente.

Folio007123

Nombre científico	Nombre común	Origen	Estado de Conservación	Documento de referencia
Clase Amphibia				
Bufonidae *Rhinella spinulosa*	Sapo espinoso	Nativo	Preocupación Menor	DS 41/2011 MMA
Clase Ave				
Laridae *Chroicocephalus serranus*	Gaviota andina	Nativo	Vulnerable	DS 5/1998 MINAGRI
Anatidae *Oressochen melanopterus*	Piuquén	Nativo	Preocupación Menor	DS 16/2016 MMA
Cathartidae *Vultur gryphus*	Cóndor	Nativo	Vulnerable	DS 5/1998 MINAGRI
Rheidae *Rhea pennata*	Suri	Nativo	Vulnerable	DS 5/1998 MINAGRI
Thinocoridae *Attagis gayi*	Perdicita cordillerana	Nativo	Preocupación Menor	DS 16/2016 MMA
Clase Mammalia				
Chinchillidae *Lagidium viscacia*	Vizcacha	Nativo	Preocupación Menor	DS 06/2017 MMA
Camelidae *Vicugna vicugna*	Vicuña	Nativo	En Peligro	DS 5/1998 MINAGRI
Canidae *Lycalopex culpaeus*	Zorro culpeo	Nativo	Preocupación menor	DS 33/2012 MMA

2.2.5.8 Flujo de gases de efecto invernadero (GEI)

De forma tal de comprender el contexto de los resultados que se presentan a continuación , en la sección 2.2.3.8 se explicitó la información teórica que permite dar sentido a éstos resultados.

Folio007125

Figura 2-88 Monitoreo de GEI en distintas matrices en la Vega de Tocorpuri, durante verano de 2017.

La zona de estudio se ubicó en una vega de agua dulce. Entorno del borde existe vegetacion azonal compuesta por cojines y pequeñas champas de *Oxychloe spp*, *Festuca spp*, *Deyeuxia spp* y *Sameioscirpus spp* entre otras (Figura 2-88).

En la zona de monitoreo de gases, una zona rio arriba de la confluencia que define la vega, y debido al cierre del escurrimiento natural por construcción de terraplén para el paso de la carretera, existe una gran población de algas y plantas flotantes y sumergidas, en especial en sectores con menor corriente.

En esta vega se realizó el monitoreo de gases en las matrices de suelo y agua distribuyéndose 4 sitios de medición, ubicándose 3 anillos en suelo y una zona acuática, abarcando así el gradiente de cercanía al curso de agua ubicado en la zona de cabecera de una de las vertientes. La ubicación y altitud geográficas de los puntos de monitoreo de gases se presentan en Tabla 2-51 y Figura 2-89.

En la vega de Tocorpuri los flujos promedios se estimaron realizando curvas diarias en los 4 puntos de monitoreo, de esta forma los flujos estimados pueden ser considerados como representativos del aporte del ecosistema completo en términos cualitativos y en las condiciones particulares que se realizó el estudio.

Tabla 2-51. Puntos de monitoreo de gases en matrices terrestre y acuática en vega de Tocorpuri.

Sector de estudio	Puntos de muestreo	Coordenadas (WGS84, UTM, Huso 19K)		
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (msnm)
Vega Tocorupuri	TOC-1	596803	7511830	4216
	TOC-2	596810	7511830	4214
	TOC-3	596813	7511827	4213
	TOC – Acuática	596815	7511829	4212

Folio007126

Figura 2-89 Ubicación de puntos de monitoreo de gases de efecto invernadero en Vega de Tocorpuri. Derecha, vista completa del ecosistema e izquierda, zona ampliada del área estudiada (imagen satelital de Google Earth, 2016).

- **Punto TOC – 1**

Este sitio de monitoreo se ubicó en el borde de la zona con vegetación, a 1 m del límite de esta, y alejado 4 metros del cauce principal. La vegetación de tipo "champa" (*Deyeuxia sp*.) ocupó ¾ de la superficie del anillo con una altura promedio de 8 cm (Figura 2-90-A). El sustrato fue de tierra y piedras.

- **Punto TOC – 2**

Este punto de monitoreo se ubicó sobre una formación de vegetación en forma de cojín de individuos de *Oxychloe andina* de aproximadamente 2,5 cm de altura. Estos ocuparon la totalidad de la superficie del anillo (Figura 2-90-B). El sustrato observado estuvo compuesto por raíces y material vegetal en descomposición de las mismas plantas. El punto se emplazó a 3 metros del borde del curso de agua.

- **Punto TOC – 3**

Este punto de monitoreo también se dispuso sobre una formación de tipo cojín de *O. andina* con 3 cm de altura promedio (Figura 2-90-C). El sustrato al igual que en TOC-2 estuvo formado principalmente por raíces y material vegetal. El anillo estuvo ubicado a 30 cm del curso de agua.

- **Estación acuática**

En esta zona acuática se observó un cauce de agua transparente de aproximadamente 5 m de ancho y 1 m de profundidad cuyo fondo se observó despejado y sin presencia de macrófitas (Figura 2-90-D). Se observó que algunas plantas flotantes fluían arrastradas por la corriente y eran acumuladas en las orillas de los cojines (*O. andina*). También, se observó burbujeo esporádico desde los sedimentos.

Folio007127

Figura 2-90. Vista de los sitios de medición de gases en la vega de Tocorpuri en octubre 2015. A) TOC – 1, B) TOC – 2, C) TOC – 3 y TOC – Acuática.

a) Flujo en matriz terrestre

- **TOC – 1**

El flujo superficial de dióxido de carbono (CO_2) en este sitio fue variable, es decir, en las campañas se observó tanto absorción como emisión, en promedio, fue de absorción de -2658 ± 6769 mg/m^{2}d, oscilando entre una alta absorción de -11665 mg/m^{2}d durante verano y un máximo de emisión de 1966 mg/m^{2}d registrado en primavera (Tabla 2-52 y Figura 2-91-A).
En lo que respecta al flujo superficial de metano (CH_4) en este sitio, fue muy bajo durante todas las campañas, en promedio -0.17 ± 0.41 mg/m^{2}d, variando entre una baja absorción de -0.53 mg/m^{2}d en verano y una baja emisión de 0.28 mg/m^{2}d durante el invierno (Tabla 2-52 y Figura 2-92-A).

- **TOC – 2**

El flujo de dióxido de carbono en este punto de monitoreo fue alto y variable entre las campañas, con un valor promedio de absorción de -707 ± 8205 mg/m^{2}d, variando ampliamente entre una absorción de -9820 mg/m^{2}d en verano y emisión de 6095 mg/m^{2}d registrada en primavera (Tabla 2-52 y Figura 2-91-A).
Por otra parte, el flujo de metano en este sitio fue bajo, con una baja emisión promedio de 1.78 ± 2.80 mg/m^{2}d, la cual varió entre absorción de -0.10 mg/m^{2}d en primavera y una emisión de 5.00 mg/m^{2}d durante el verano (Tabla 2-52 y Figura 2-92-A).

Folio007128

- **TOC – 3**

El flujo superficial de dióxido de carbono en este sitio fue variable a través de las campañas con grandes absorciones y una baja emisión, en promedio fue absorción de -7393 ± 7583 mg/m^{2}d, oscilando entre una alta absorción de -14749 mg/m^{2}d durante el verano y emisión de 398 mg/m^{2}d registrado en invierno (Tabla 2-52 y Figura 2-91-A).

En lo que respecta al flujo superficial de metano en este sitio, se registró un flujo promedio muy bajo de -0.26 ± 0.60 mg/m^{2}d, variando entre una baja absorción de -0.95 mg/m^{2}d en primavera y una escasa emisión de 0.16 mg/m^{2}d durante el verano (Tabla 2-52 y Figura 2-92-A).

2.2.5.8.1 Flujo en matriz acuática

El flujo de dióxido de carbono en la superficie del cuerpo de agua fue positivo y alto en extremo, variable entre las campañas, pero siempre por sobre 1 o 2 órdenes de magnitud sobre los flujos en la matriz terrestre. El valor promedio de la emisión fue 302778 ± 161370 mg/m^{2}d, variando entre un mínimo de 122483 mg/m^{2}d en invierno y un máximo de 433675 mg/m^{2}d registrada en verano (Tabla 2-52 y Figura 2-91-A).

Por otra parte, el flujo de metano en este sitio fue poco variable, negativo y muy bajo, con una absorción promedio de -0.34 ± 0.27 mg/m^{2}d, la cual varió entre -0.65 mg/m^{2}d en verano y -0.17 mg/m^{2}d durante la primavera (Tabla 2-52 y Figura 2-92-A).

Folio007129

Tabla 2-52 Flujo superficial de CO_2 y CH_4 registrado en los puntos de monitoreo emplazados la matriz terrestre de la Vega de Tocorpuri.

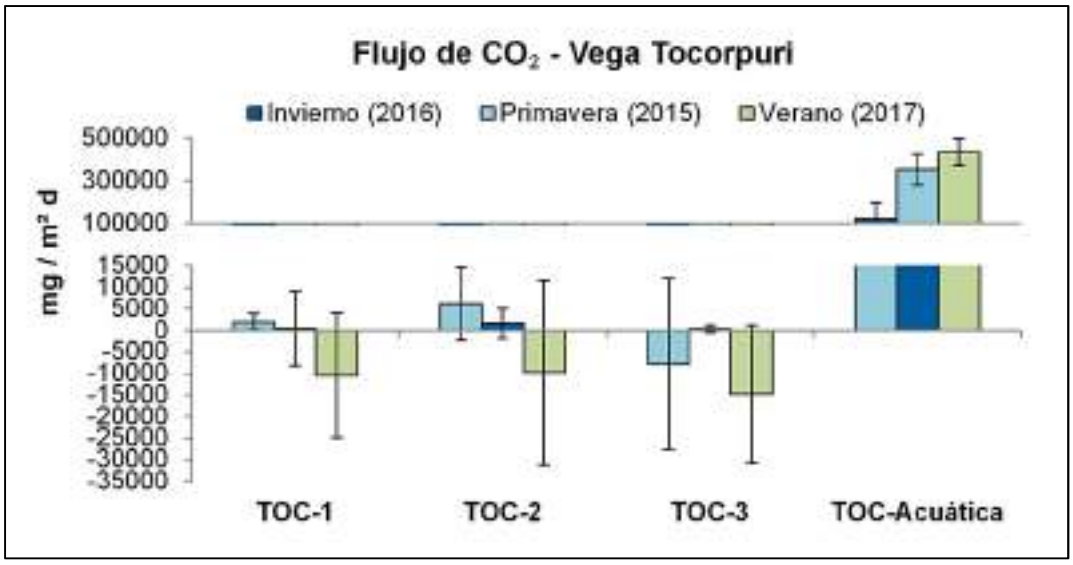
Monitoreo		Flujo CO_2		Flujo CH_4	
Estación	**Punto**	**mg/m² x d**	**Promedio ± DS**	**mg/m² x d**	**Promedio ± DS**
Primavera (2015)	TOC-1	1966 ± 1849	77 ± 7152	-0,25 ± 0,71	-0,43 ± 0,45
	TOC-2	6095 ± 8484		-0,10 ± 1,18	
	TOC-3	-7829 ± 19843		-0,95 ± 1,79	
Invierno (2016)	TOC-1	487 ± 8588	829 ± 671	0,28 ± 0,28	0,24 ± 0,21
	TOC-2	1603 ± 3448		0,43 ± 0,19	
	TOC-3	398 ± 794		0,01 ± 0,04	
Verano (2017)	TOC-1	-10427 ± 14416	-11665 ± 2688	-0,53 ± 1,08	1,54 ± 3,01
	TOC-2	-9820 ± 21390		5,00 ± 1,62	
	TOC-3	-14749 ± 16036		0,16 ± 1,37	
Promedio	**TOC-1**	**-2658 ± 6769**	**-3586 ± 3438**	**-0,17 ± 0,41**	**0,45 ± 1,15**
	TOC-2	**-707 ± 8205**		**1,78 ± 2,80**	
	TOC-3	**-7393 ± 7583**		**-0,26 ± 0,60**	

Tabla 2-53 Flujo superficial de CO_2 y CH_4 registrado en los puntos de monitoreo emplazados la matriz acuática de la Vega de Tocorpuri.

Monitoreo		Flujo CO_2		Flujo CH_4	
Estación	**Punto**	**mg/m² x d**	**Promedio ± DS**	**mg/m² x d**	**Promedio ± DS**
TOC Acuática	Primavera (2015)	352177 ± 72162	**302778 ± 161370**	-0,17 ± 0,25	**-0,34 ± 0,27**
	Invierno (2016)	122483 ± 74840		-0,19 ± 0,13	
	Verano (2017)	433675 ± 63172		-0,65 ± 0,79	

Folio007130

A



B

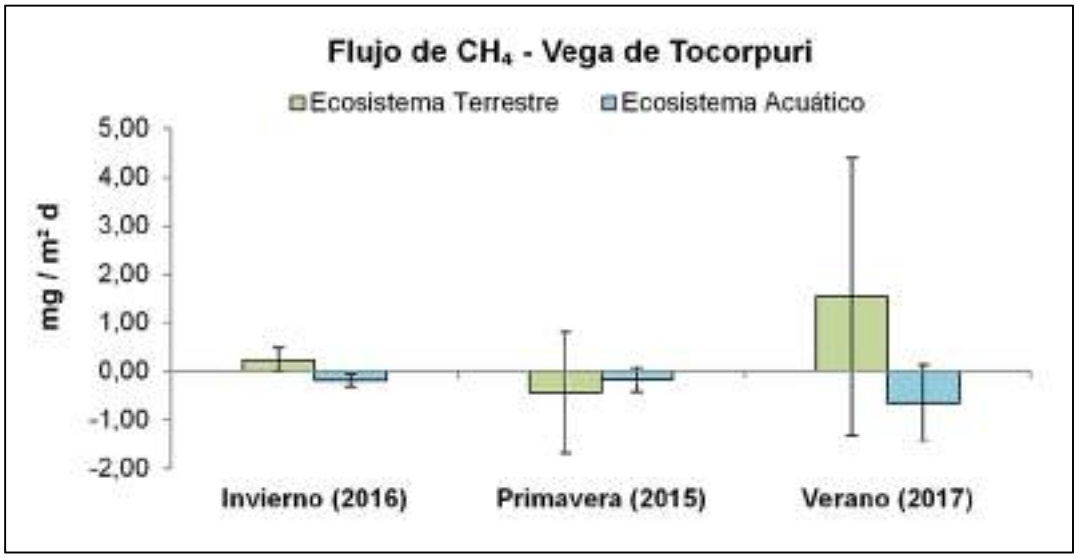


Figura 2-91 Flujo superficial promedio de GEI por punto de muestreo en Vega de Tocorpuri durante las tres campañas de monitoreo, CO_2 (A) y CH_4 (B). Las barras de error representan la desviación estándar.

Folio007131

2.2.5.8.2 Estimación de flujos en escala espacial

Al igual que en los Salares, en base a la información obtenida del análisis de imágenes hiperespectrales (cálculo de NDVI y NWI) realizó un cálculo estimativo del aporte de cada matriz estudiada, extrapolando el flujo de gas (tasa espacio – temporal) de cada área representada y así obtener la tasa de intercambio de gases del sistema completo.

Para este análisis se atribuyó a cada punto de monitoreo una categoría en base a la ubicación geográfica de dicho punto y a la clasificación asistida de la imagen hiperespectral. De esta forma al punto de monitoreo TOC-1 se atribuyó el carácter de la matriz de *Vegetación Poco Vigorosa*, TOC-2 fue considerado como *Vegetación Media Vigorosa*, TOC-3 como *Vegetación Altamente Vigorosa* y TOC-Acuática como *Agua* (Tabla 2-54).

Una vez estimadas las áreas ya clasificadas se procedió a multiplicar el factor de superficie por el flujo de cada gas obtenido en cada punto de monitoreo. De estos cálculos se obtuvo que el sistema completo de la Vega de Tocorpuri emite diariamente 8661 Ton de CO_2 en primavera 2015 y 14025 Ton en verano 2017 (Tabla 2-54), y absorbe 0.07 Ton de CH_4 desde la atmósfera en primavera y emite 0.38 Ton hacia la atmósfera en verano (Tabla 2-55).

Tabla 2-54. Estimación del flujo total de CO_2 desde la Vega de Tocorpuri en primavera y verano.

Cobertura	Superficie (m^2)		Sitio representativo	Flujo CO_2 (mg/m²d)			
	Primavera (2015)	Verano (2017)		Primavera	Verano	Total (Ton/d)	
						Primavera	Verano
Vegetación Poco Vigorosa	37778	91200	TOC-1	1966	-10427	74	-951
Vegetación Media Vigorosa	158227	88400	TOC-2	6095	-9820	964	-868
Vegetación Altamente Vigorosa	42977	78400	TOC-3	-7829	-14749	-336	-1156
Agua	22600	39200	TOC-Acuática	352177	433675	7959	17000
TOTAL	**261581**	**297200**				**8661**	**14025**

Folio007132

Tabla 2-55 Estimación del flujo total de CH_4 desde la Vega de Tocorpuri en primavera y verano.

Cobertura	Superficie (m^2)		Sitio representativo	Flujo CH_4 (mg/m^2d)			
	Primavera (2015)	Verano (2017)		Primavera	Verano	Total (Ton/d)	
						Primavera	Verano
Vegetación Poco Vigorosa	37778	91200	TOC-1	-0,25	-0,53	-0,01	-0,05
Vegetación Media Vigorosa	158227	88400	TOC-2	-0,1	5,00	-0,02	0,44
Vegetación Altamente Vigorosa	42977	78400	TOC-3	-0,95	0,16	-0,04	0,01
Agua	22600	39200	TOC-Acuática	-0,17	-0,65	0,00	-0,03
TOTAL	**261581**	**297200**				**-0.07**	**0.38**

2.2.5.8.3 Comportamiento estacional de los flujos de GEI

En términos del flujo medido en los puntos de monitoreo emplazados en la matriz terrestre de la vega de Tocorpuri y como promedio de dicha matriz pudo observarse que, en lo que se refiere al flujo de CO_2, durante el invierno el ecosistema fue "Emisor" (fuente) decreciendo su emisión hasta primavera, luego durante verano el comportamiento cambió a "Captador" (sumidero), siendo muy alta su capacidad (Tabla 2-56 y Figura **2-92**-A). En lo que respecta al flujo de CH_4 en la matriz terrestre, pese a las bajas tasas observadas, el comportamiento fue emisor durante primavera y verano, y captador en invierno (Tabla 2-56 y Figura **2-92**-B).

Por otro lado, en el ecosistema acuático de la vega (canal principal) y como promedio pudo observarse que, en lo que se refiere al flujo de CO_2, durante todas las estaciones el sistema fue emisor a tasas muy elevadas (Tabla 2-56 y Figura **2-92**-A). Por el contrario, el ecosistema acuático respecto de los flujos de CH_4, tuvo un comportamiento de captador durante las tres estaciones a tasas muy bajas (cercanas a cero) (Tabla 2-56 y Figura **2-92**-B).

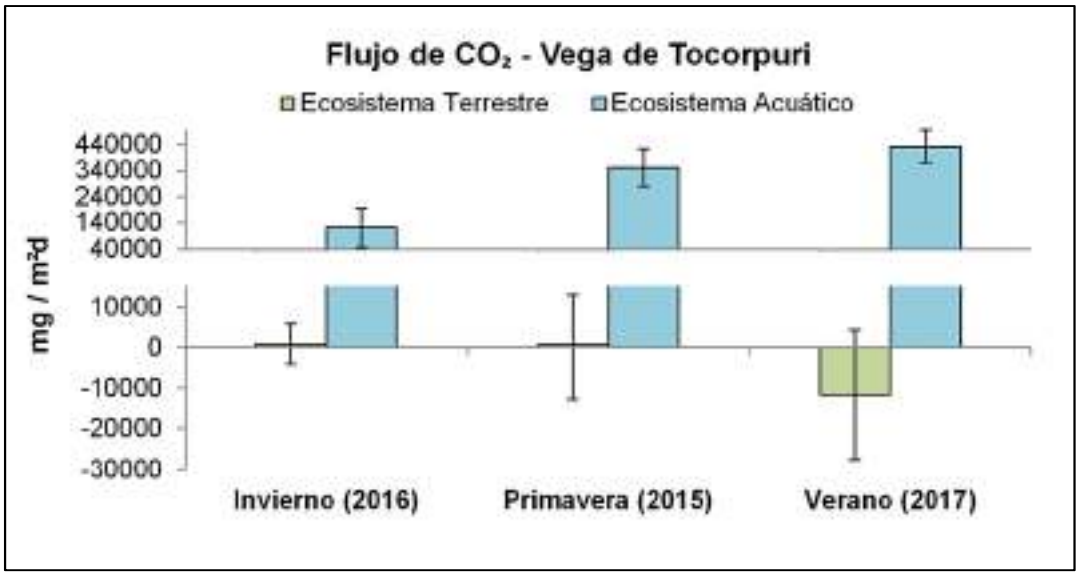
Folio007133

Tabla 2-56. Variación entre monitoreos del carácter emisor/captador de GEI de los ecosistemas presentes en la Vega de Tocorpuri.

Gas	Ecosistema	Flujos	Invierno (2016)	Primavera (2015)	Verano (2017)
CO_2	Terrestre	Flujo promedio	829	77	-11665
		Carácter	**Emisor**	**Emisor**	**Captador**
	Acuático	Flujo promedio	122483	352177	433675
		Carácter	**Emisor**	**Emisor**	**Emisor**
CH_4	Terrestre	Flujo promedio	0,24	-0,43	1,54
		Carácter	**Emisor**	**Captador**	**Emisor**
	Acuático	Flujo promedio	-0,19	-0,17	-0,65
		Carácter	**Captador**	**Captador**	**Captador**

Folio007134

A



B

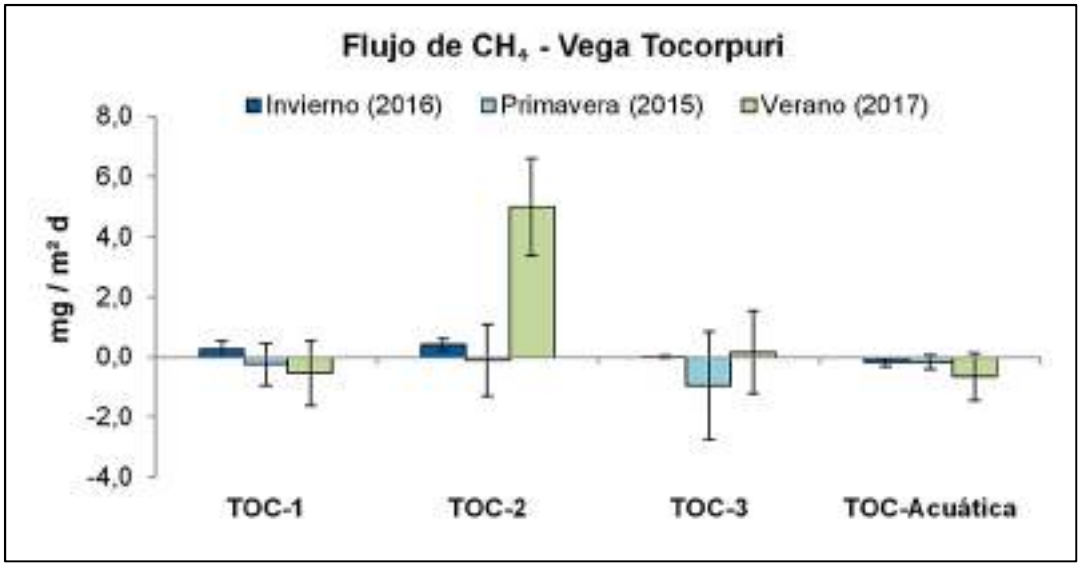


Figura 2-92. Flujo superficial promedio de GEI por campaña de muestreo en ecosistemas de la Vega de Tocorpuri, CO_2 (A) y CH_4 (B). Las barras de error representan la desviación estándar.

Folio007135

2.2.5.9 Conclusiones

Para el caso de las vegas altoandinas se conoce que este tipo de ambientes corresponde a humedales naturales continentales con formaciones vegetacionales establecidas en un ambiente edáfico, fundamentalmente orgánico, que se caracteriza por presentar una condición hídrica de saturación permanente (Ministerio de Obras Públicas, 2004). Son ecosistemas altamente influenciados por el deshielo cordilleriano. Asimismo, la carga de agua a través de la vega está determinada por las precipitaciones y el agua de escorrentía superficial. Considerando, puede existir una relación entre el registro de una superficie del cuerpo de agua mayor para la primavera de 2015, causado a una mayor influencia de aguas de deshielo durante la estación primavera.

En referencia a la vegetación se puede mencionar que el registro de mayores superficies con vegetación de alta vigorosidad puede estar asociado al efecto de las precipitaciones en este sector en comparación a la campaña primaveral donde ser reporto menores áreas vegetacionales de vigorosidad baja y alta. En el caso de la vegetación. Igualmente se observó que la vegetación está fuertemente asociada a los cursos de agua. Este resultado es coincidente con lo reportado por Contreras (2007), el cual señala que las vegas son sistemas ecológicos azonales cubiertos de vegetación herbácea densa y muy densa, de baja y mediana altura, alimentadas por cursos de aguas superficiales, generalmente restringidas a surcos de agua.

Las aguas de la vega Tocorpuri fueron clasificadas como neutras, según Hounslow (1995), con bajos valores de conductividad eléctrica, y sólidos disueltos, clasificando las aguas como dulces en base a este parámetro (Davis, 2003). Además, al igual que la conductividad y sólidos disueltos, los metales evaluados presentaron bajas concentraciones, en relación a los salares, alcanzando en gran cantidad de ellos, valores inferiores a los límites de detección o al menos un 60% de valores bajo este límite. Las mayores concentraciones las registró el boro, hierro, estroncio y aluminio. Espacialmente, los diferentes sectores de la vega Tocorpuri presentaron características físico-químicas similares, al registrar valores homogéneos de pH, conductividad, fósforo, ortofosfato, sílice disuelta, carbonato, potasio, estroncio, arsénico y vanadio, entre otros, las cuales se mantuvieron constantes desde el punto de vista temporal. Por otro lado, se observaron valores levemente inferiores en el sector del río orientado al sur (TOC-2), en parámetros como calcio, sólidos suspendidos, aluminio, bario, manganeso y hierro, condiciones que se mantuvieron desde el punto de vista temporal, en las tres campañas realizadas. La composición iónica de las aguas varió levemente entre sectores, siendo bicarbonatada sódica con aportes secundarios de sulfato y calcio en el sector río sur (TOC-2), y sulfatada cálcica con portes secundarios de magnesio y bicarbonato en la confluencia del río norte y sur (TOC-1) y sector río norte (TOC-3).

Los componentes Bioticos de las Vegas de Tocorpuri tuvieron tanto riquezas como abundancias heterogeas para las diferentes campañas de Octubre 2015, Agosto 2016 y Marzo 2017. Estos ecosistemas se destacan por ofrecer un conjunto diverso de micro-hábitats y recursos alimentarios en abundancia para su colonización y explotación, como ha sido descrita para humedales de otras latitudes (Acosta & Prat, 2010; Scheibler et al., 2014).

Folio007136

Los ensambles Fitobentónicos presentaron el mayor valor registrado en la campaña de Marzo y, mientras que el mínimo se registró en la campaña de Agosto. Respecto a la abundancia total de microalgas bentónicas, registró el máximo valor de abundancia en la campaña de Marzo, mientras que el mínimo se observó en la campaña de Octubre.

Por su parte, la abundancia relativa demostró que en las Vegas de Tocorpuri dominaron distintas especies. Destacando los taxa *Ulnaria ulna*, *Planothidium lanceolatum* y *Nitzschia spp.* En cuanto a las especies dominantes del fitobentos, los género correspondieron a taxones característicos de sistemas salinos (Díaz & Maidana, 2005). Dichos taxones, se caracterizan por tolerar condiciones de estrés ambiental y por habitar en el fondo ya que toleran menor intensidad de luz para poder desarrollarse (Parra & Bicudo, 1996).

Para el ensamble Fitoplanctónico la abundancia también presentó una tendencia irregular entre los puntos de muestreo en las diferentes campañas con el máximo valor se registró en Octubre, mientras que el mínimo se registró en el punto de muestreo en Agosto. En cuanto a la abundancia relativa, las especies dominantes fueron *Ulnaria ulna*, *Pseudostaurosira sp*. y *Achnanthidium sp*. Por otro lado, en general, los ensambles que componen la comunidad fitoplanctónica son la base de las redes tróficas en los salares, constituyéndose como el principal alimento los siguientes niveles tróficos como son las aves acuáticas (Díaz y Maidana, 2006; Schmid-Araya *et al*, 2012).

Por su parte, la comunidad de zooplancton se caracterizó por estar compuesta por un bajo número taxonómico, sin embargo, dicha variabilidad taxonómica y densidad de individuos es característica para salares alto andinos (Márquez-García *et al*. 2009). La riqueza total de la comunidad de zooplancton varío con un máximo en la campaña de Agosto en el punto TOC-3 y un mínimo de cero taxa en el punto TOC- 3 en Octubre. La abundancia, presentó el máximo valor en TOC-2 y el mínimo en TOC-3, ambos en la campaña de Octubre. En cuanto a la abundancia relativa, los resultados indicaron que para las Vegas de Tocorpuri dominarón Copepoda indet. y Ostracoda principalmente.

Los ensambles de macroinvertebrados bentónicos presentaron el máximo valor de riqueza total en la campaña de Octubre y Marzo, por su parte el valor mínimo fue de cero taxa en la campaña de Agosto. Respecto a la abundancia total de zoobentos en las vegas de Tocorpuri registro el máximo valor de abundancia total en la campaña de Marzo, mientras que el mínimo se observó en la campaña de Agosto. Por su parte, la abundancia relativa destacan en la campaña de Octubre los insectos de la familia Elmidae, Amphipodos de la familia Hyalellidae y la familia Lumbriculidae. En atención a estos ecosistemas, el éxito colonizador de los invertebrados depende estrechamente de su capacidad de adaptación a las condiciones ambientales imperantes, generalmente extremas (Haslett, 1997; Hinden et al., 2005; Füderer et al., 2006)

La totalidad de especies encontradas en el humedal de Tocorpuri presentó un tipo biológico herbáceo, hábito de crecimiento que responde a las condiciones de este tipo de ecosistemas, donde las características ambientales (temperatura, viento, suelo y disponibilidad hídrica) podrían no favorecer el crecimiento de tipos biológicos de mayor altura. Las especies registradas en el salar de Tocorpuri también se encuentran presentes en otros humedales y salares del norte de Chile (ver *Caracterización base de vegas y bofedales altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos*, 2010).
De igual forma que en los sistemas anteriormente descritos (Aguas Calientes I y Salar de Carcote), el mayor valor de cobertura vegetal promedio por temporada se observó durante

Folio007137

la temporada Verano 2017, lo cual podría explicarse por la mayor concentración de los periodos de lluvia en el verano, periodo descrito como invierno altiplánico. Dicho fenómeno podría estar asociado a los cambios originados por variaciones en la precipitación (Ahumada et al., 2011), lo cual podría estar favoreciendo el crecimiento de las plantas durante este periodo.

Un total de 17 especies de flora terrestre se registró en el humedal de Tocorpuri. El conjunto de especies observadas tiene un origen fitogeográfico nativo y un hábito de crecimiento herbáceo. La formación vegetal que se encuentra presente en el Humedal de Tocorpuri corresponde a la de Bofedal dominado principalmente por la especie de hábito herbáceo *Oxychloë andina* y no se encontraron especies vegetales en categoría de conservación (de acuerdo al Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres).

La cobertura promedio para la vegetación terrestre vario entre 83,74% para la temporada de invierno (2016) y 88,72% para la temporada de verano (2017).

En la vega de Tocorpuri se registró un total de 33 especies de fauna vertebrada, correspondientes a un anfibio, 26 especies de aves y seis mamíferos. La avifauna se mostró como el grupo más diverso y abundante en las tres campañas realizadas. Las aves de hábitos acuáticos son las que dominan principalmente en el sector 3.

De las especies detectadas, el 12,1% se encuentra amenazada, es decir, categorizada en Peligro o Vulnerable por la legislación vigente. Estas especies corresponden a la gaviota andina, cóndor y suri catalogados como Vulnerables, y a la vicuña categorizada En Peligro.

En relación a la estacionalidad, la época de primavera muestra la mayor riqueza de fauna, mientras que en invierno se registra el menor valor.

En relación al sector prospectado, el sector 3 muestra la mayor cantidad de especies registradas en las tres campañas representadas por el grupo de las aves y mamíferos, sin embargo, en el sector 1 (en todas las campañas) y 2 (sólo en primavera) aparece una especie de anfibio, no detectada en el sector 3.

Al considerar los resultados de las tres campañas de terreno distribuidas en épocas del año diferentes a lo largo de tres años consecutivos, como una aproximación al comportamiento global promedio del ecosistema desde el punto de vista de la dinámica del CO_2 y del CH_4 a través de un ciclo anual completo, puede inferirse que en la zona terrestre de la vega de Tocorpuri el CO_2 es absorbido a una tasa de 3586 ± 3438 mg/m^{2}d y el CH_4 es emitido a 0.45 ± 1.15 mg/m^{2}d. En el ecosistema acuático de la vega el CO_2 es emitido a una altísima tasa de 302778 ± 161370 mg/m^{2}d y el CH_4 es absorbido a 0.34 ± 0.27 mg/m^{2}d.

Para estimar el aporte global del sistema de la vega de Tocorpuri en términos de masa, los flujos se ponderaron por la superficie que cada matriz ocupa dentro del área total. Así, asumiendo que tanto la matriz terrestre como acuática se comportan de forma espacialmente homogénea en cuanto a su dinámica de GEI, puede inferirse que desde la superficie de la zona delimitada como la vega de Tocorpuri fluyen hacia la atmósfera entre 8661 toneladas de dióxido de carbono por día en primavera; y 14025 toneladas por día en

Folio007138

verano. En el caso del metano, el flujo espacial estimado es 0.07 toneladas de metano absorbidas por día en primavera y 0.38 toneladas emitidas por día en verano.

Folio007139

2.3 Caracterización de Sistemas Intervenidos asociados a comunidades

2.3.1 Área de estudio y puntos de muestreo

Durante marzo de 2016 se realizó el monitoreo y caracterización de los humedales seleccionados por las 18 comunidades asociadas de las ADI Alto El Loa y Atacama La Grande(ver **Figura 2-93** y **Tabla 2-57**). La selección de los humedales a partir de aquellos descritos en las Tablas 1.66 y 1.71, se realizó en terreno, en conjunto entre el equipo ejecutor y las comunidades, incorporando así criterios tales como la importancia del humedal para realizar sus actividades principales, culturales, tradicionales o ancestrales así como tambien la extracción de agua para su uso en la comunidad.

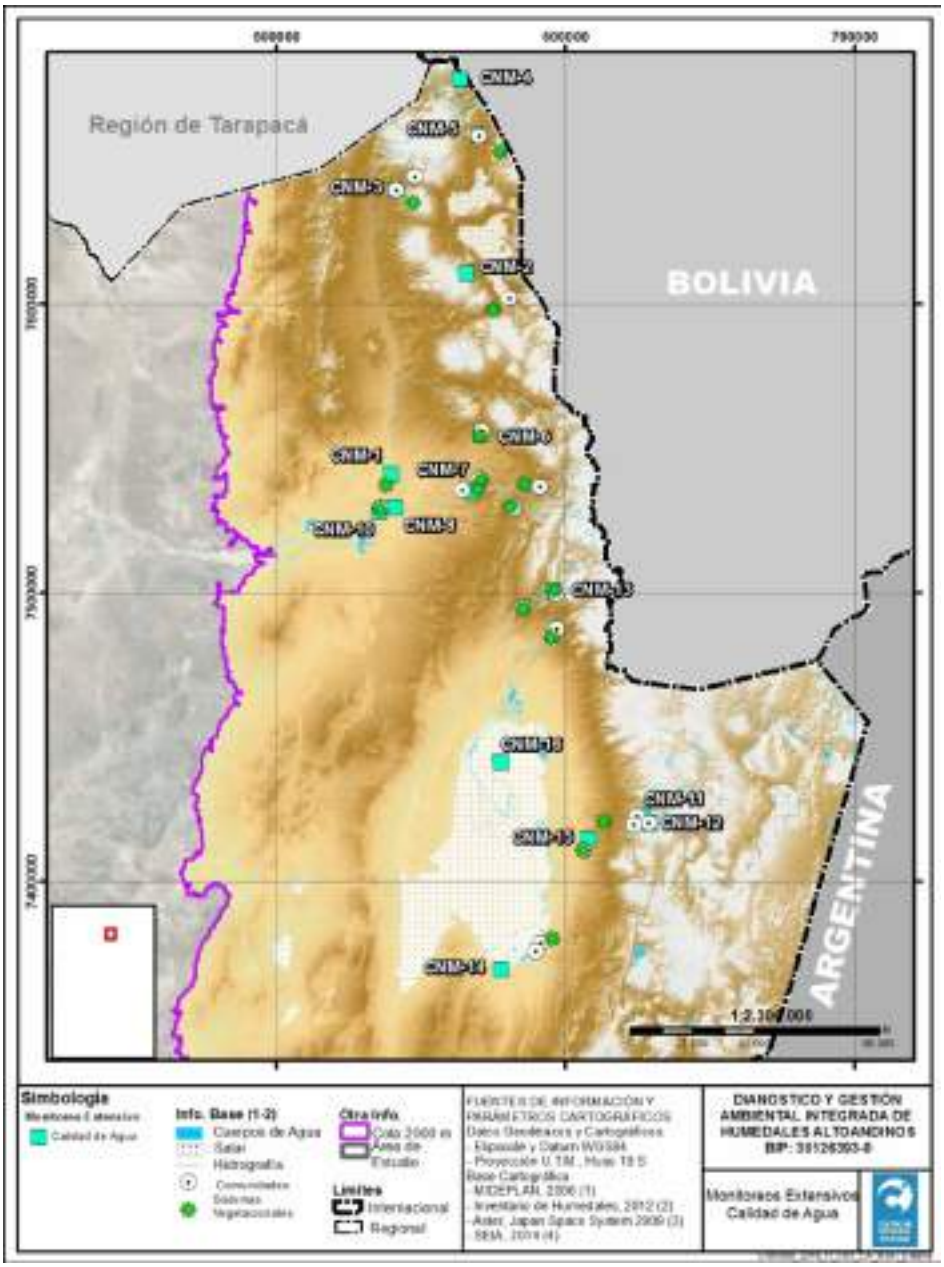


Figura 2-93. Puntos de monitoreo extensivos asociados a la selección de humedales realizado por las comunidades.

Folio007140

Tabla 2-57. Puntos de muestreo de monitoreo extensivo en las localidades y humedales seleccionados.

Punto de muestreo	ADI	Localidad	Presidente comunidad	Sector priorizado	Coordenadas UTM	
					ESTE	NORTE
CNM-1	Alto El Loa	Lasana	HERNALDO FERRER	Lasana	539.806	7.540.845
CNM-2	Alto El Loa	Cebollar - Ascotan	HECTOR MERUVIA QUISPE	Cebollar Viejo	565.788	7.610.499
CNM-3	Alto El Loa	Ollague	ELVIRA URRELO QUISPE	Vega Chela	541.518	7.639.321
CNM-4	Alto El Loa			Puquio(*)	563.675	7.677.689
CNM-5	Alto El Loa		ELVIRA URRELO QUISPE	Quebrada del Inca	570.057	7.658.428
CNM-6	Alto El Loa	Cupo	SARA BERNA MOLLO	Cupo	570.710	7.554.879
CNM-7	Alto El Loa	Ayquina	RICARDO CRUZ AYAVIRI	Ayquina	567.710	7.535.014
CNM-8	Alto El Loa	Chuichiu	HERIBERTO GALLEGUILLOS MAMANI.	Sector Inca Coya(*)	541.289	7.529.551
CNM-10	Alto El Loa			Sector Alvarado(*)	535.819	7.528.008
CNM-11	Atacama La Grande	Talabre	ANTONIA MONDACA ARMELLA	Catarape	626.910	7.422.779
CNM-12	Atacama La Grande		ANTONIA MONDACA ARMELLA	Saltar	629.124	7.420.573
CNM-13	Atacama La Grande	Machuca	MARCELO COLQUE TINTE	Machuca	595.933	7.500.413
CNM-14	Atacama La Grande	Peine	TERESA CHAILE RODRIGUEZ	Tilopozo(*)	577.708	7.369.518
CNM-15	Atacama La Grande	Camar		Allana(*)	607.726	7.414.877
CNM-16	Atacama La Grande	Coyo	VLADIMIR REYES VARAS	Tebenquiche(*)	577.723	7.441.602

(*): Estos humedales fueron seleccionados al comenzar la campaña de monitoreo en conjunto con la comunidad, a pesar de la selección indicada en las Tablas 1.66 y 1.71.

2.3.2 Levantamiento de información en Sistemas Intervenidos

En las Localidades seleccionadas se realizó un muestreo durante abril de 2016, en los cuales se consideraron las componentes: calidad de agua, biota acuática, Fauna, Flora y vegetación. El detalle de las metodologías de muestreo se presentan en el Anexo II.

Folio007141

2.3.3 Caracterización Localidad de Lasana

2.3.3.1 Antecedentes

El sistema vega de Lasana, es un sistema que no presenta protección ambiental, se sitúa a 2.633 m.s.n.m. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con poblados, a zonas de bebederos y/o pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica al alza, con una variabilidad positiva en hectáreas por año de 0,32%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema sin intervención de extracción de agua, presentando un caudal de extracción de 1.388,60 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota. Además presenta una baja afectación por cercanía de poblados y/o comunidades. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de estabilidad.

2.3.3.2 Calidad de agua

Las aguas de la localidad de Lasana fueron clasificadas como moderadamente alcalinas, con buenos niveles de oxígeno disuelto, mayores concentración de cloruro y sodio entre iones presentes en agua, como también boro, litio y estroncio entre los metales medidos (Tabla 2-58). Las aguas en el sector Lasana fueron clasificadas como no aptas para el riego en base a las concentraciones de arsénico, boro y cloruro, mientras que el resto de los parámetros referenciados, como los coliformes fecales, presentaron valores bajo el los límites de la norma. La conductividad eléctrica clasificó las aguas como aptas para el riego, principalmente de plantas tolerantes en suelos permeables (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-58). Por otro lado, las aguas fueron clasificadas como no aptas para el consumo en base a los valores de arsénico, cloruro y la presencia de coliformes totales en las aguas, considerando que solo se tiene un valor de este último parámetro para dicha clasificación (NCh409/1.Of.2005) (Tabla 2-58).

Figura 2-94. Localidad de Lasana, abril 2016.

Folio007142

Tabla 2-58 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Localidad de Lasana, abril 2016.

Uso del agua para riego, sector Lasana			
Apto	Alerta	No apto	
Aluminio (Al)		Litio (Li)	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Bario (Ba)		Mercurio (Hg)	
Berilio (Be)		Molibdeno (Mo)	
Boro (B)		Niquel (Ni)	
Cadmio (Cd)		pH	
Cloruro		Plata (Ag)	
Cobalto (Co)		Plomo (Pb)	
Cobre (Cu)		Selenio (Se)	
Coliformes fecales		Sulfato	
Conductividad		Vanadio (V)	
Cromo (Cr)		Zinc (Zn)	
Hierro (Fe)			

Tabla 2-59 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. localidad Lasana, abril 2016.

Uso como agua potable sector Lasana			
Apto	Alerta	No apto	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Cadmio (Cd)		Mercurio (Hg)	
Cloruro		pH	
Cobre (Cu)		Plomo (Pb)	
Cromo (Cr)		Selenio (Se)	
Hierro (Fe)		Sulfato	
Magnesio (Mg)		Zinc (Zn)	
Coliformes totales			

Tabla 2-60. Parámetros de calidad de agua, localidad de Lasana, abril 2016.

Punto de muestreo		CNM-1	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Sector Lasana		
Aluminio (Al)	mg/L	0,332	5,00	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0,00035	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0,178	0,10	0,01
Bario (Ba)	mg/L	0,084	4,00	-
Berilio (Be)	mg/L	0,0000204	0,10	-
Bicarbonato	mg/L	406	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	<0,000050	-	-
Boro (B)	mg/L	7,49	0,75	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0,000156	0,01	0,01
Calcio (Ca)	mg/L	117	-	-

Folio007143

Punto de muestreo		CNM-1	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Sector Lasana		
Carbonato	mg/L	39	-	-
Césio (Cs)	mg/L	0,00458	-	-
Cloruro	mg/L	613	200	400,0
Cobalto (Co)	mg/L	0,000191	0,05	-
Cobre (Cu)	mg/L	0,0148	0,20	2,00
Coliformes fecales	NMP/100mL	46	1000	-
Coliformes totales	NMP/100mL	350	-	Ausencia
Conductividad	mS/cm	2,83	< 0,75 0,75 - 1,5 1,5 - 3 3 - 7,5	-
Cromo (Cr)	mg/L	<0,00050	0,10	0,05
Estaño (Sn)	mg/L	<0,00020	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	2,04	-	-
Fosforo (P)	mg/L	<0,30	-	-
Gálio (Ga)	mg/L	0,000088	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0,228	5,00	0,30
Ítrio (Y)	mg/L	0,000155	-	-
Litio (Li)	mg/L	0,815	2,50	-
Magnesio (Mg)	mg/L	78,6	-	125,0
Manganeso (Mn)	mg/L	0,0167	0,20	0,10
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,000050	0,001	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,00851	0,01	-
Níquel (Ni)	mg/L	0,00108	0,20	-
Oxígeno disuelto	mg/L	6,3	-	-
pH	-	8,2	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Plata (Ag)	mg/L	0,0000154	0,20	-
Plomo (Pb)	mg/L	0,000494	5,00	0,05
Potasio (K)	mg/L	28,7	-	-
Rênio (Re)	mg/L	0,0000156	-	-
Rubídio (Rb)	mg/L	0,0626	-	-
Salinidad	g/L	1,3	-	-
Saturación de oxigeno	%	85	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0,00024	0,02	0,01
Silicio (Si)	mg/L	35,1	-	-
Sodio (Na)	mg/L	320	-	-

Folio007144

Punto de muestreo		CNM-1	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Sector Lasana		
Sulfato	mg/L	168	250,0	500,0
Talio (Tl)	mg/L	0,0000127	-	-
Teluro (Te)	mg/L	0,00001	-	-
Temperatura	° C	14,6	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0,0113	-	-
Tório (Th)	mg/L	0,0000381	-	-
Tungsteno (W)	mg/L	0,000135	-	-
Uranio (U)	mg/L	0,00417	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0,0107	0,10	-
Zinc (Zn)	mg/L	0,0659	2,00	3,0
Zircônio (Zr)	mg/L	0,000362	-	-

Requisito de agua para su uso en riego según NCh 1333 Of.78
Requisito de agua para ser clasificada como potable según NCh409/1 Of 2005
Celda rosada indica superación NCh NCh 1333 Of.78
Celda verde indica superación NCh NCh 409 Of.2005

Folio007145

2.3.3.3 Biota Acuática

La localidad de Lasana para el componente fitobentónico se registró una riqueza de 16 taxa, destacando los géneros *Achnanthidium*, *Encyonema* y *Nitzschia*, cada uno con dos especies, que se caracterizan por presentar una resistencia biótica que les permite persistir en estos ambientes (Tabla 2-61); en el caso del fitoplancton se registraron 23 taxa donde el género con mayor riqueza fue *Cocconeis* con 4 taxa y el género *Navicula* con 3 taxa (Tabla 2-62); en el caso de los zoobentos solo se registró el caracol *Heleobia sp*. que ha sido insuficientemente estudiado (Tabla 2-63); finalmente el ensamble zooplanctonico registró un total de 9 taxa destacando la presencia de insectos de la familia Chironomidae y Ephemeroptera que son considerados como bioindicadores ya que se encuentran prácticamente en todos los sistemas (Tabla 2-64).

Tabla 2-61 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Lasana, abril 2016.

Localidad				**Lasana**
Sector				**Lasana**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies**	**CNM-01**
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium helveticum*	x
			Achnanthidium minutissimum	x
			Planothidium delicatulum	x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis lineata*	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula sp.*	x
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Epithemia turgida*	x
	Cymbellales	Gomphonemataceae	*Encyonema gracile*	x
			Encyonema minutum	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia capitellata*	x
			Nitzschia spp.	x
	Naviculales	Pinnulariaceae	*Pinnularia sp.*	x
		Stauroneidaceae	*Stauroneis sp.*	x
		Naviculaceae	*Caloneis sp.*	x
		Diploneidaceae	*Diploneis smithii var. dilatata*	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Staurosira sp.*	x
			Fragilaria sp.	x
			Riqueza Total	**16**

Folio007146

Tabla 2-62 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Lasana, abril 2016.

Localidad				**Lasana**
Sector				**Lasana**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-01**
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium minutissimum*	x
			Planothidium lanceolatum	x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis euglypta*	x
			Cocconeis lineata	x
			Cocconeis pediculus	x
			Cocconeis placentula	x
	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	*Discostella stelligera*	x
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Epithemia turgida*	x
			Rhopalodia gibba	x
			Rhopalodia musculus	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria capucina*	x
			Pseudostaurosira brevistriata	x
	Cymbellales	Gomphonemataceae	*Gomphonema sp.*	x
	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira varians*	x
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula cryptotenella*	x
			Navicula gregaria	x
			Navicula viridula	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia inconspicua*	x
			Nitzschia sp.	x
	Cymbellales	Rhoicospheniaceae	*Rhoicosphenia abbreviata*	x
	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	*Stephanodiscus sp.*	x
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria ulna*	x
	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena sp.*	x
			Riqueza Total	**23**

Tabla 2-63 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Lasana, abril 2016.

Localidad				**Lasana**
Sector				**Lasana**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-01**
Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae	*Heleobia sp.*	x
			Riqueza	**1**

Tabla 2-64 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Lasana, abril 2016.

Localidad				Lasana
Sector				Lasana
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-01
Maxillopoda	Cyclopoida	-	*Cyclopoida indet.*	x
Maxillopoda	Harpacticoida	Canthocamptidae	*Canthocamptidae indet.*	x
Arachnida	Acari (Subclase)	-	*Acari indet.*	x
Insecta	Coleoptera	Elmidae	*Elmidae indet.*	x
Insecta	Diptera	Chironomidae	*Chironomidae indet.*	x
Insecta	Diptera	Simulidae	*Simulidae indet.*	x
Insecta	Ephemeroptera	-	*Ephemeroptera indet.*	x
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella sp.*	x
Ostracoda	-	-	*Ostracoda indet.*	x
			Riqueza	**9**

2.3.3.4 Flora y Vegetación

El sector de Lasana se ubica en plena Puna, sobre los 2.600 msnm, ubicado a 4,5 Km en dirección Norte de la localidad de Lasana. Presentó un curso de agua superficial asociado a un conjunto de especies azonales. Las especies que se encontraron en el lugar se presentan en la Tabla 2-65.

Tabla 2-65. Listado de especies del sector Lasana.

Nro	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Estado de conservación
1	Asteraceae	*Baccharis scandens*	Chilca, chilka	Nativa	Sin categoría
2	Asteraceae	*Baccharis juncea*	Suncho	Nativa	Sin categoría
3	Asteraceae	*Tessaria absinthioides*	Brea, sonora	Nativa	Sin categoría
4	Juncaceae	*Juncus balticus*	Unkillo	Nativa	Sin categoría
5	Poaceae	*Cortaderia jubata*	Cortadera, cola de zorro	Nativa	Sin categoría
6	Poaceae	*Distichlis spicata*	Grama salada	Nativa	Sin categoría
7	Zannichelliaceae	*Zannichellia palustris*	Loroma	Nativa	Sin categoría
8	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pimiento boliviano	Nativa	Sin categoría

La vegetación azonal estuvo compuesta, predominantemente por *Baccharis scandens* (Chilca) y *Cortaderia jubata* (Cola de zorro), más algunos ejemplares aislados de *Schinus molle* (Pimiento boliviano). Más alejado del curso de agua comienza dominaba con amplias coberturas el arbusto *Tessaria absithioides*. La zona donde pasa el curso de agua esta dominada por *Zannichellia palustris* (Loroma). En términos de la formación vegetacional, se trató de un Humedal Ripariano, asociado a cursos de agua de régimen lótico donde predominan las especies herbáceas con altura generalmente mayor a 40 cm (pajonal) (Figura 2-95).

Folio007148

Figura 2-95. Vista general del sector de Lasana. Pajonal con ejemplares de *Cortaderia jubata*.

Respecto del uso actual, se pudo observar en terreno la evidencia de pastoreo de animales, así como también se observó una amplia superficie destinada a la agricultura. Se desconoce si se extraen otros recursos del lugar, como agua para consumo humano o plantas para fines medicinales u otros.

2.3.3.5 Fauna Terrestre

En la localidad de Lasana se registraron 9 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 4 especies, todas pertenecientes a la Clase Aves.
Las especies más abundantes fueron el chincol (Zonotrichia capensis) con 4 individuos (44,4%) y el chercán (Troglodytes musculus) con 3 individuos (33,3%), mientras que las otras 2 especies no registraron abundancia mayores a 1 ejemplar (Tabla 2-66) . No se observó un dominio de ninguna especie en particular ya que la abundancia varió entre 4 (chincol), 3 (chercán) y 1 individuo de golondrina de dorso negro y 1 individuo de yal.

Tabla 2-66. Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Lasana.

Nº	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación
1	*Troglodytes musculus*	Chercán	3	33,3	-
2	*Zonotrichia capensis*	Chincol	4	44,4	-
3	*Pygochelidon cyanoleuca*	Golondrina dorso negro	1	11,1	-
4	*Phrygilus fruticeti*	Yal	1	11,1	-
Total			**9**	**100**	

De las especies registradas en terreno en la localidad, ninguna es considerada en alguna categoría de conservación (Tabla 2-66). Además, todas las especies son de origen nativo, sin registrarse especies introducidas ni endémicas de la zona.

Folio007149

2.3.4 Caracterización Localidad de Cebollar-Ascotán

2.3.4.1 Antecedentes

El sistema vega de Cebollar es un sistema categorizado como sitio prioritario de conservación 2010, el cual se sitúa a 3.723 m.s.n.m. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con poblados, a zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica al alza, con una variabilidad positiva en hectáreas por año de 1,07%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema sin intervención de extracción de agua, presentando un caudal de extracción de 1.769,19 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota. Además presenta una baja afectación por cercanía de poblados y/o comunidades. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de estabilidad.

2.3.4.2 Calidad de agua

Las aguas del sector Cebollar viejo fueron clasificadas como neutras, en base al valor de pH, con una baja salinidad, conductividad eléctrica y bajas concentraciones de metales en general. Los iones de mayor abundancia fueron sulfato y sodio, mientras que el metal que presentó la mayor concentración en este sector fue el boro, seguido en menor medida por el zinc y litio (Tabla 2-69). Las aguas fueron clasificadas como aptas para el riego en base a todos los parámetros referenciados en la normativa, como pH, metales, coliformes fecales, entre otros (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-67). Por otro lado, las aguas fueron clasificadas como no aptas para el consumo en base a el valor de arsénico y la presencia de coliformes totales, considerando que solo se tiene un valor de este último parámetro, en la actual campaña (NCh409/1.Of.2005) (
Tabla 2-68).

Figura 2-96.Sector Cebollar Viejo, abril 2016.

Folio007150

Tabla 2-67. Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Cebollar Viejo, abril 2016.

Uso del agua para el riego, sector Cebollar Viejo			
Apto		Alerta	No apto
Aluminio (Al)			Litio (Li)
Arsénico (As)			Manganeso (Mn)
Bario (Ba)			Mercurio (Hg)
Berilio (Be)			Molibdeno (Mo)
Boro (B)			Niquel (Ni)
Cadmio (Cd)			pH
Cloruro			Plata (Ag)
Cobalto (Co)			Plomo (Pb)
Cobre (Cu)			Selenio (Se)
Coliformes fecales			Sulfato
Conductividad			Vanadio (V)
Cromo (Cr)			Zinc (Zn)
Hierro (Fe)			

Tabla 2-68. Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Cebollar Viejo, abril 2016.

Uso como agua potable sector Cebollar Viejo			
Apto		Alerta	No apto
Arsénico (As)			Manganeso (Mn)
Cadmio (Cd)			Mercurio (Hg)
Cloruro			pH
Cobre (Cu)			Plomo (Pb)
Cromo (Cr)			Selenio (Se)
Hierro (Fe)			Sulfato
Magnesio (Mg)			Zinc (Zn)
Coliformes totales			

Tabla 2-69. Parámetros de calidad de agua, sector Cebollar Viejo, abril 2016.

Punto de muestreo		CNM-2	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Cebollar Viejo		
Aluminio (Al)	mg/L	0,0409	5,00	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0,000061	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0,0221	0,10	0,01
Bario (Ba)	mg/L	0,00317	4,00	-
Berilio (Be)	mg/L	<0,0000050	0,10	-
Bicarbonato	mg/L	31	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	<0,000050	-	-
Boro (B)	mg/L	0,382	0,75	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0,0000083	0,01	0,01
Calcio (Ca)	mg/L	12,7	-	-

Folio007151

Punto de muestreo		CNM-2	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	**unidad de medida**	**Cebollar Viejo**		
Carbonato	mg/L	<5	-	-
Césio (Cs)	mg/L	0,00246	-	-
Cloruro	mg/L	4	200	400,0
Cobalto (Co)	mg/L	<0,000050	0,05	-
Cobre (Cu)	mg/L	0,00166	0,20	2,00
Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,8	1000	-
Coliformes totales	NMP/100mL	240	-	Ausencia
Conductividad	mS/cm	0,19	< 0,75 0,75 - 1,5 1,5 - 3 3 - 7,5	-
Cromo (Cr)	mg/L	0,00101	0,10	0,05
Estaño (Sn)	mg/L	<0,00020	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0,0291	-	-
Fosforo (P)	mg/L	<0,30	-	-
Gálio (Ga)	mg/L	<0,000050	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0,043	5,00	0,30
Ítrio (Y)	mg/L	0,0000188	-	-
Litio (Li)	mg/L	0,0561	2,50	-
Magnesio (Mg)	mg/L	6,27	-	125,0
Manganeso (Mn)	mg/L	0,00199	0,20	0,10
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,000050	0,001	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,000923	0,01	-
Níquel (Ni)	mg/L	0,00067	0,20	-
Oxígeno disuelto	mg/L	6,5	-	-
pH	-	7,3	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Plata (Ag)	mg/L	<0,0000050	0,20	-
Plomo (Pb)	mg/L	0,000095	5,00	0,05
Potasio (K)	mg/L	2	-	-
Rênio (Re)	mg/L	<0,0000050	-	-
Rubídio (Rb)	mg/L	0,0121	-	-
Salinidad	g/L	0,0	-	-
Saturación de oxigeno	%	109	-	-
Selenio (Se)	mg/L	<0,00020	0,02	0,01
Silicio (Si)	mg/L	22,2	-	-
Sodio (Na)	mg/L	14	-	-

Punto de muestreo		CNM-2	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Cebollar Viejo		
Sulfato	mg/L	55	250,0	500,0
Talio (Tl)	mg/L	<0,0000050	-	-
Teluro (Te)	mg/L	<0,000010	-	-
Temperatura	° C	15,1	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0,00255	-	-
Tório (Th)	mg/L	<0,0000050	-	-
Tungsteno (W)	mg/L	0,000038	-	-
Uranio (U)	mg/L	0,0000043	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0,012	0,10	-
Zinc (Zn)	mg/L	0,0576	2,00	3,0
Zircônio (Zr)	mg/L	<0,000050	-	-

Requisito de agua para su uso en riego según NCh 1333 Of.78
Requisito de agua para ser clasificada como potable según NCh409/1 Of 2005
Celda rosada indica superación NCh NCh 1333 Of.78
Celda verde indica superación NCh NCh 409 Of.2005

Folio007153

2.3.4.1 Biota Acuática

La localidad de Cebollar-Ascotan esta compuesto por el sector Cebollar Viejo, donde para el componente fitobentónica se registraron 14 taxa destacando el género *Planothidium* con 3 taxa que son característicos de sistemas salinos (Tabla 2-70); el ensamble de fitoplancton estuvo compuesto por 20 taxa, de las cuales 15 son diatomeas de la clase Bacillariophyceae, los otros 5 corresponden a otras algas (Tabla 2-71); para el zoobentos no se registró ningún taxón (Tabla 2-72); finalmente para los organismos zooplanctónicos se registró un total de 10 taxa, destacando los insectos del orden díptero con 3 taxa (Tabla 2-73).

Tabla 2-70 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Cebollar Viejo abril 2016.

Localidad				**Cebollar - Ascotán**
Sector				**Cebollar Viejo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-02**
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium helveticum*	x
			Planothidium biporomum	x
			Planothidium delicatulum	x
			Planothidium lanceolatum	x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis lineata*	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Cocconeis euglypta*	x
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Epithemia turgida*	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia inconspicua*	x
			Nitzschia spp.	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira brevistriata*	x
			Fragilaria sp.	x
			Staurosirella pinnata	x
			Tabularia sp.	x
	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella meneghiniana*	x
			Riqueza Total	**14**

Tabla 2-71 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Cebollar Viejo, abril 2016.

Localidad				**Cebollar - Ascotán**
Sector				**Cebollar Viejo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-02**
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium minutissimum*	x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis placentula*	x
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Epithemia turgida*	x
			Rhopalodia gibba	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira brevistriata*	x

Folio007154

Localidad				**Cebollar - Ascotán**
Sector				**Cebollar Viejo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-02**
			Staurosirella pinnata	x
	Cymbellales	Gomphonemataceae	*Encyonema minutum*	x
			Encyonema silesiacum	x
		Cymbellaceae	*Cymbella aspera*	x
	Naviculales	Naviculaceae	*Caloneis bacillum*	x
		Pinnulariaceae	*Pinnularia gigas*	x
			Pinnularia sp.	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia vitrea	x
			Hantzschia sp.	x
	Cymbellales	Rhoicospheniaceae	*Rhoicosphenia abbreviata*	x
Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	*Pediastrum boryanum*	
Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	*Mougeotia sp.*	x
			Spirogyra sp.	x
Hormogoneae	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena sp.*	x
Cyanophyceae	Nostocales	Tolypothrichaceae	*Tolypothrix sp.*	x
			Riqueza Total	**20**

Tabla 2-72 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Cebollar Viejo, abril 2016.

Localidad				**Cebollar - Ascotán**
Sector				**Cebollar Viejo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-01**
Riqueza				**0**

Tabla 2-73 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Cebollar Viejo abril 2016.

Localidad				**Cebollar - Ascotán**
Sector				**Cebollar Viejo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-02**
Branchiopoda	Diplostraca	Chydoridae	*Alona sp.*	x
Maxillopoda	Cyclopoida	-	*Cyclopoida indet.*	x
Maxillopoda	Harpacticoida	Canthocamptidae	*Canthocamptidae indet.*	x
Arachnida	Acari (Subclase)	-	*Acari indet.*	x
Insecta	Diptera	Chironomidae	*Chironomidae indet.*	x
Insecta	Diptera	Simulidae	*Simulidae indet.*	x
Insecta	Diptera	Trichoptera	*Trichoptera indet.*	x
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella sp.*	x

Localidad				**Cebollar - Ascotán**
Sector				**Cebollar Viejo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-02**
Nematoda	-	-	*Nematoda indet.*	x
Ostracoda	-	-	*Ostracoda indet.*	x
			Riqueza	10

Folio007156

2.3.4.2 Flora y Vegetación

Este humedal se ubica en la zona altoandina, sobre los 4.300 msnm, a 13 Km en dirección Sur-este desde Estación Cebollar. Se trató de un curso de agua superficial con presencia de especies azonales sobre el afluente. Las especies registradas en el lugar se presentan en la Tabla 2-74.

Tabla 2-74. Listado de especies del sector de Cebollar viejo.

Nro	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Estado de conservación
1	Caryophyllaceae	*Arenaria rivularis*	Arenaria, Yaretilla	Nativa	Sin categoría
2	Cyperaceae	*Zameioscirpus atacamensis*	Paquial	Nativa	Sin categoría
3	Cyperaceae	*Phylloscirpus acaulis*	Champa	Nativa	Sin categoría
4	Poaceae	*Puccinellia frigida*	Awa	Nativa	Sin categoría
5	Poaceae	*Distichlis humilis*	Grama, pasto salado	Nativa	Sin categoría
6	Poaceae	*Festuca deserticola*	Waylla, paja brava	Nativa	Sin categoría
7	Asteraceae	*Baccharis tola*	Tolita,	Nativa	Sin categoría
8	Haloragaceae	*Myriophyllum quitense*	Pasto pinito	Nativa	Sin categoría

Para la vegetación azonal se registró principalmente la hierba *Zameioscirpus atacamensis* (Champa) y *Festuca deserticola* (Paja brava). En el curso de agua predominó la hierba acuática *Myriophyllum quitense* (pasto pinito). En términos de la formación vegetacional, se trató de un Bofedal-Pajonal conformado, principalmente, por las especies *Zameioscirpus atacamensis* (Champa) y *Festuca deserticola* (Paja brava) (Figura 2-97).

Figura 2-97. Vista general del humedal de Cebollar viejo. Detalle de Champa y Paja brava.

Respecto del uso actual, se pudo evidenciar pastoreo de animales. Se desconoce si se extraen otros recursos del lugar, como agua o plantas para fines medicinales u otros.

Folio007157

2.3.4.3 Fauna

En el sitio de estudio se registraron 33 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 10 especies. Estas pertenecen a las Clases Aves y Mammalia (Mamíferos). Donde las aves presentaron la mayor riqueza y abundancia. Las Clases Amphibia (Sapos y ranas) y Reptilia (lagartijas y culebras) no fueron registradas en el área de estudio (Tabla 2-75).
Las 2 especies de Chirihue (cordillerano y verdoso) concentraron el 48,5% de los avistamientos, con abundancias de 6 y 10 individuos respectivamente, mientras que las otras 6 especies no superaron los 5 ejemplares. Se detectó 1 especie de mamífero mediante un registro indirecto (fecas) y otro directo, correspondiente a la vicuña.

Tabla 2-75. Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Cebollar-Ascotán, sector Cebollar Viejo.

Nº	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación
1	*Ochetorhynchus ruficaudus*	Bandurrilla de pico recto	4	12,1	-
2	*Sicalis uropygialis*	Chirihue cordillerano	6	18,2	-
3	*Sicalis olivacens*	Chirihue verdoso	10	30,3	-
4	*Cinclodes fuscus*	Churrete acanelado	1	3,0	-
5	*Phrygilus atriceps*	Cometocino del norte	4	12,1	-
6	*Muscisaxicola juninensis*	Dormilona de la puna	4	12,1	-
7	*Phrygilus unicolor*	Pájaro plomo	2	6,1	-
8	*Vicugna vicugna*	Vicuña	2	6,1	En Peligro
Total			**33**	**100**	

De las especies registradas en terreno en la localidad, solo una especie es considerada en alguna categoría de conservación; la vicuña, se encuentra clasificada como **En Peligro (EN)** (Tabla 2-75). Además, las 8 especies avistadas (100%) correspondieron a especies de origen nativo. No fueron registradas especies endémicas ni introducidas.

Folio007158

2.3.5 Caracterización Localidad de Ollague

La localidad de Ollague se ubica en la zona puneña de la Región de Antofagasta, dicha localidad se compone por 3 sectores diferentes, los cuales corresponden al sector de Vega Chela, el sector de Puquio y al sector Quebrada del Inca.

2.3.5.1 Antecedentes

El sistema vega Chela es un sistema categorizado como sitio prioritario de conservación 2010, el cual se sitúa a 3.767 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con poblados, a zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica al alza, con una variabilidad positiva en hectáreas por año de 0,17%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema con intervención de extracción de agua, presentando un caudal de extracción de 470,83 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de estabilidad.

El sistema Puquios, es un sistema que no presenta protección ambiental, se sitúa a 4.157 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con poblados, a zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica a la baja, con una variabilidad negativa en hectáreas por año de 0,12%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema intervenido por concepto de extracción de agua, presentando un caudal de extracción de 33,87 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de inestabilidad.

2.3.5.2 Calidad de Agua

Las aguas del sector Vega Chela fueron clasificadas como moderadamente alcalinas, con una baja salinidad, conductividad eléctrica y una buena oxigenación de sus aguas. Los iones en agua que presentaron las mayores concentraciones fueron cloruro y sodio, mientras que los metales de mayores concentraciones fueron boro, estroncio y litio. La mayoría de los parámetros presentaron valores bajo el marco normativo que las clasifica como aptas para ser usadas en regadío. La excepción la registró el arsénico y boro con valores superiores al valor límite de la norma (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-76). Por otro lado, sólo el arsénico presentó un valor superior al límite referencial, clasificando las aguas como no potables (NCh409/1.Of.2005) (Tabla 2-77).

Folio007159

Figura 2-98.Sector Vega Chela, localidad de Ollague, abril 2016.

Tabla 2-76. Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Vega Chela, abril 2016.

Uso del agua para el riego, sector Vega Chela			
Apto	Alerta	No apto	
Aluminio (Al)		Litio (Li)	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Bario (Ba)		Mercurio (Hg)	
Berilio (Be)		Molibdeno (Mo)	
Boro (B)		Niquel (Ni)	
Cadmio (Cd)		pH	
Cloruro		Plata (Ag)	
Cobalto (Co)		Plomo (Pb)	
Cobre (Cu)		Selenio (Se)	
Coliformes fecales	-	Sulfato	
Conductividad		Vanadio (V)	
Cromo (Cr)		Zinc (Zn)	
Hierro (Fe)			

- No medido

Folio007160

Tabla 2-77. Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Vega Chela, abril 2016.

Uso como agua potable Cebollar Vega Chela			
Apto	Alerta	No apto	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Cadmio (Cd)		Mercurio (Hg)	
Cloruro		pH	
Cobre (Cu)		Plomo (Pb)	
Cromo (Cr)		Selenio (Se)	
Hierro (Fe)		Sulfato	
Magnesio (Mg)		Zinc (Zn)	
Coliformes totales	-		

- No medido

En el sector Puquio las aguas fueron clasificadas como neutras, en base al valor de pH, con bajos valores de salinidad y conductividad eléctrica, como también una baja concentración de oxígeno disuelto y la ausencia de contaminación de origen fecal en sus aguas. Los iones de mayor concentración fueron sulfato y sodio, mientras que el metal más abundante fue boro.En general, las aguas presentaron características que las hace aptas para el uso en regadío, a excepción del parámetro boro, al registrar una concentración superior al límite referencial de la norma (NCh1333.Of.78) (
Tabla **2-78**). Por otro lado, el arsénico fue el único parámetro que clasificó las aguas como no aptas para el consumo (NCh409/1.Of.2005) (Tabla 2-79).

Figura 2-99. Sector Puquio, localidad de Ollague, abril 2016.

Tabla 2-78. Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Puquio, abril 2016.

Folio007161

Uso del agua para el riego, sector Puquio			
Apto		Alerta	No apto
Aluminio (Al)		Litio (Li)	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Bario (Ba)		Mercurio (Hg)	
Berilio (Be)		Molibdeno (Mo)	
Boro (B)		Niquel (Ni)	
Cadmio (Cd)		pH	
Cloruro		Plata (Ag)	
Cobalto (Co)		Plomo (Pb)	
Cobre (Cu)		Selenio (Se)	
Coliformes fecales		Sulfato	
Conductividad		Vanadio (V)	
Cromo (Cr)		Zinc (Zn)	
Hierro (Fe)			

Tabla 2-79. Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Puquio, abril 2016.

Uso como agua potable sector Puquio			
Apto		Alerta	No apto
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Cadmio (Cd)		Mercurio (Hg)	
Cloruro		pH	
Cobre (Cu)		Plomo (Pb)	
Cromo (Cr)		Selenio (Se)	
Hierro (Fe)		Sulfato	
Magnesio (Mg)		Zinc (Zn)	
Coliformes totales			

En el sector quebrada del Inca las aguas fueron clasificadas como moderadamente alcalinas, con un bajo valor de conductividad eléctrica y salinidad. Los iones que presentaron mayores concentraciones en las aguas de este sector fueron sodio y sulfato, mientras que entre los metales medidos, las mayores concentraciones fueron aportadas por el boro y hierro (Tabla 2-82).

La mayoría de los parámetros de referencia presentaron concentraciones bajas que clasificaron las aguas como aptas para el riego, por ejemplo los coliformes fecales. La excepción la presentó el boro con un valor superior al referencial (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-80). Por otro lado, los valores de arsénico, hierro, pH, y la presencia de coliformes totales no permitieron clasificar las aguas como potable, considerando que solo se tiene un valor de este último parámetro para dicha clasificación (NCh406/1.Of.2005) (Tabla 2-81).

Folio007162

Figura 2-100. Sector Quebrada del Inca, localidad de Ollague, abril 2016

Tabla 2-80. Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Quebrada del Inca, abril 2016.

Uso del agua para el riego, sector Quebrada del Inca			
Apto	Alerta	No apto	
Aluminio (Al)		Litio (Li)	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Bario (Ba)		Mercurio (Hg)	
Berilio (Be)		Molibdeno (Mo)	
Boro (B)		Niquel (Ni)	
Cadmio (Cd)		pH	
Cloruro		Plata (Ag)	
Cobalto (Co)		Plomo (Pb)	
Cobre (Cu)		Selenio (Se)	
Coliformes fecales		Sulfato	
Conductividad		Vanadio (V)	
Cromo (Cr)		Zinc (Zn)	
Hierro (Fe)			

Tabla 2-81. Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Quebrada del Inca, abril 2016.

Uso como agua potable sector Quebrada del Inca			
Apto	Alerta	No apto	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Cadmio (Cd)		Mercurio (Hg)	
Cloruro		pH	
Cobre (Cu)		Plomo (Pb)	
Cromo (Cr)		Selenio (Se)	
Hierro (Fe)		Sulfato	
Magnesio (Mg)		Zinc (Zn)	
Coliformes totales			

Folio007163

Tabla 2-82. Parámetros de calidad de agua, sector Vega Chela, Puquio y Quebrada del Inca, abril 2016.

Punto de muestreo		CNM-3	CNM-4	CNM-5	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of.2005
Parámetro	unidad de medida	Vega Chela	Puquio	Quebrada del Inca		
Aluminio (Al)	mg/L	0,0817	0,0114	0,0258	5,00	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0,000075	0,000126	0,000076	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0,243	0,0838	0,0154	0,10	0,01
Bario (Ba)	mg/L	0,0131	0,00942	0,00372	4,00	-
Berilio (Be)	mg/L	0,0000101	<0,0000050	0,0000062	0,10	-
Bicarbonato	mg/L	86	82	87	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	<0,000050	<0,000050	<0,000050	-	-
Boro (B)	mg/L	4,83	1,58	1,16	0,75	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0,0000151	<0,0000050	0,0000066	0,01	0,01
Calcio (Ca)	mg/L	49,2	19,6	39,4	-	-
Carbonato	mg/L	<5	<5	<5	-	-
Césio (Cs)	mg/L	0,0305	0,00183	0,00222	-	-
Cloruro	mg/L	89	26	13	200	400,0
Cobalto (Co)	mg/L	0,000205	<0,000050	0,000706	0,05	-
Cobre (Cu)	mg/L	0,00184	0,00081	0,00115	0,20	2,00
Coliformes fecales	NMP/100mL	-	<1,8	4,5	1000	-
Coliformes totales	NMP/100mL	-	<1,8	4,5	-	Ausencia
Conductividad	mS/cm	0,70	0,44	0,46	< 0,75 0,75 - 1,5 1,5 - 3 3 - 7,5	-
Cromo (Cr)	mg/L	0,00132	<0,00050	0,0022	0,10	0,05
Estaño (Sn)	mg/L	0,00024	<0,00020	0,00037	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0,357	0,113	0,159	-	-
Fosforo (P)	mg/L	<0,30	<0,30	<0,30	-	-
Gálio (Ga)	mg/L	<0,000050	<0,000050	<0,000050	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0,226	<0,030	0,533	5,00	0,30
Ítrio (Y)	mg/L	0,0000554	0,0000061	0,0000691	-	-
Litio (Li)	mg/L	0,164	0,0452	0,0629	2,50	-
Magnesio (Mg)	mg/L	14,4	8,23	12,7	-	125,0
Manganeso (Mn)	mg/L	0,0446	0,00025	0,0692	0,20	0,10
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,000050	<0,000050	<0,000050	0,001	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,000968	0,00672	0,00112	0,01	-
Niquel (Ni)	mg/L	0,00108	<0,00020	0,00222	0,20	-
Oxígeno disuelto	mg/L	5,9	4,5	6,4	-	-

Folio007164

Punto de muestreo		CNM-3	CNM-4	CNM-5	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of.2005
Parámetro	unidad de medida	Vega Chela	Puquio	Quebrada del Inca		
pH	-	8,3	7,5	8,6	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Plata (Ag)	mg/L	<0,0000050	<0,0000050	<0,0000050	0,20	-
Plomo (Pb)	mg/L	0,000108	<0,000050	<0,000050	5,00	0,05
Potasio (K)	mg/L	14,6	14,8	11,9	-	-
Rênio (Re)	mg/L	<0,0000050	<0,0000050	<0,0000050	-	-
Rubídio (Rb)	mg/L	0,067	0,0452	0,0294	-	-
Salinidad	g/L	0,1	0,0	0,0	-	-
Saturación de oxigeno	%	94	72	87	-	-
Selenio (Se)	mg/L	<0,00020	<0,00020	<0,00020	0,02	0,01
Silicio (Si)	mg/L	33,4	39,1	24,9	-	-
Sodio (Na)	mg/L	62,9	50,1	33,7	-	-
Sulfato	mg/L	123	108	154	250,0	500,0
Talio (Tl)	mg/L	0,0000427	<0,0000050	0,0000072	-	-
Teluro (Te)	mg/L	<0,000010	<0,000010	<0,000010	-	-
Temperatura	° C	16,8	15,8	9,7	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0,0025	0,00088	0,0019	-	-
Tório (Th)	mg/L	0,0000057	<0,0000050	0,0000127	-	-
Tungsteno (W)	mg/L	0,00004	0,000204	0,000038	-	-
Uranio (U)	mg/L	0,000106	0,000141	0,000233	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0,00818	0,032	0,00186	0,10	-
Zinc (Zn)	mg/L	0,0544	0,0479	0,0569	2,00	3,0
Zircônio (Zr)	mg/L	<0,000050	<0,000050	0,000098	-	-

Requisito de agua para su uso en riego según NCh 1333 Of.78
Requisito de agua para ser clasificada como potable según NCh409/1 Of 2005
Celda rosada indica superación NCh NCh 1333 Of.78
Celda verde indica superación NCh NCh 409 Of.2005

2.3.5.3 Biota Acuática

La localidad de Ollague está compuesto por 3 sectores: Vega Chela, Puquio y Quebrada del Inca. La presencia de organismos fitobentónicos tuvo un registro total de 31 taxa, donde la mayor riqueza se presentó en la Quebrada del Inca con 21 taxa, seguido por Puquio con 16 taxa y Vega Chela con 13 taxa, de los cuales destacan los taxa *Planothidium delicatulum* , *Gomphonema pseudoaugur* y *Planothidium lanceolatum* que se encontraron en los 3 sectores y que son taxones típicos de sistemas salinos (Tabla 2-83); el componente fitoplanctónico estuvo representado por un total de 42 taxa de los cuales 19 son diatomeas del orden Bacillariophyceae y 13 corresponden a otras algas planctónicas, el sector con mayor riqueza fue Vega Chela con 26 taxa, seguido por Puquio con 22 taxa y Quebrada del Inca con 22 taxa, destaca el orden Cocconeidales con

Folio007165

9 taxa donde *Achnanthidium minutissimum* se registra en los 3 puntos (Tabla 2-84); la comunidad de macroinvertebrados bentónicos solo registró individuos en Vega Chela con un total de 3 taxa (Tabla 2-85); finalmente los zooplancton tuvo una riqueza total de 15 taxa en el sector de Vega Chela, en Puquio se registraron 13 taxa y en Quebrada del Inca se registraron 7 taxa, destacando los insectos con presentaron una mayor presencia en la localidad con 6 especies, las cuales tendrían la potencialidad para ser usados como indicadores (Tabla 2-86).

Tabla 2-83 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Vega Chela, Puquio y Quebrada del Inca, abril 2016.

Localidad				**Ollague**		
Sector				**Vega Chela**	**Puquio**	**Quebrada del Inca**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-03**	**CNM-04**	**CNM-05**
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium exiguum*	x	x	
			Achnanthidium sp.			x
			Caloneis sp.			x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis euglypta*	x	x	
			Cocconeis lineata	x	x	
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula valida*			x
	Cymbellales	Gomphonemataceae	*Encyonema minutum*		x	x
			Placoneis clementis		x	
			Gomphonema pseudoaugur	x	x	x
			Gomphonema sp.	x	x	
			Luticola nivalis			x
			Reimeria sinuata			x
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula capitatoradiata*		x	x
			Navicula cincta	x		
			Navicula cryptotenella			x
			Navicula sp.	x		x
		Sellaphoraceae	*Sellaphora sp.*			x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia capitellata*	x	x	
			Nitzschia sigma			x
			Nitzschia sp.		x	
			Nitzschia spp.	x		x
	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Planothidium biporomum*		x	x
			Planothidium delicatulum	x	x	x
			Planothidium lanceolatum	x	x	x
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia musculus*			x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira sp.*		x	

Folio007166

Localidad				Ollague		
Sector				Vega Chela	Puquio	Quebrada del Inca
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-03	CNM-04	CNM-05
			Staurosira construens		x	x
			Staurosira sp.		x	x
			Staurosirella pinnata	x		
			Fragilaria sp.	x		x
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria ulna*			x
			Riqueza Total	**13**	**16**	**21**

Tabla 2-84 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Vega Chela, Puquio y Quebrada del Inca, abril 2016.

Localidad				Ollague		
Sector				Vega Chela	Puquio	Quebrada del Inca
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-03	CNM-04	CNM-05
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium atomus*	x		
			Achnanthidium gracillimum	x		
			Achnanthidium minutissimum	x	x	x
			Planothidium delicatulum		x	x
			Planothidium hauckianum		x	
			Planothidium lanceolatum		x	
		Cocconeidaceae	*Cocconeis euglypta*	x	x	
			Cocconeis lineata	x		x
			Cocconeis placentula			x
	Cymbellales	Gomphonemataceae	*Encyonema minutum*	x	x	
			Encyonema silesiacum	x	x	
			Gomphonema pseudoaugur		x	x
			Gomphonema sp.		x	
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia halloyii*	x		
			Nitzschia inconspicua	x		
			Nitzschia pusilla			x
			Nitzschia sp.		x	x
			Nitzschia vitrea	x		
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Halamphora montana*	x	x	
		Naviculaceae	*Mayamaea atomus*		x	x
			Navicula cryptotenella			x
			Navicula gregaria	x		
		Pinnulariaceae	*Pinnularia gigas*	x		
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Epithemia turgida*	x		x

Folio007167

Localidad				**Ollague**		
Sector				**Vega Chela**	**Puquio**	**Quebrada del Inca**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-03**	**CNM-04**	**CNM-05**
			Rhopalodia gibba			x
			Rhopalodia musculus	x		
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Staurosirella pinnata*	x	x	x
			Pseudostaurosira brevistriata		x	x
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria ulna*	x	x	x
Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	*Spirogyra sp.*		x	x
			Staurosira construens var. exigua		x	
			Mougeotia sp.		x	x
	Desmidiales	Closteriaceae	*Closterium sp.*	x	x	x
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria limosa*	x	x	x
			Oscillatoria sp.	x		x
	Nostocales	Tolypothrichaceae	*Tolypothrix sp.*	x		
		Nostocaceae	*Anabaena sp.*	x	x	
	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	*Pediastrum boryanum*	x	x	
Charophyta	Zygnematales	Zygnemataceae	*Zygnema sp.*	x	x	x
Euglenoidea	Euglenales	Euglenaceae	*Euglena sp.*	x		
Mediophyceae	Anaulales	Anaulaceae	*Terpsinoe musica*			x
Xanthophyceae	Tribonematales	Tribonemataceae	*Tribonema sp.*	x		
			Riqueza Total	**26**	**24**	**22**

Folio007168

Tabla 2-85 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Vega Chela, Puquio y Quebrada del Inca, abril 2016.

Localidad				**Ollague**		
Sector				**Vega Chela**	**Puquio**	**Quebrada del Inca**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-03**	**CNM-04**	**CNM-05**
Insecta	Coleoptera	Elmidae	*Elmidae indet.*	x		
Hirudinea	-	-	*Hirudinea indet.*	x		
Nematoda	-	-	*Nematoda indet.*	x		
			Riqueza Total	**3**	**0**	**0**

Tabla 2-86 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Vega Chela, Puquio y Quebrada del Inca, abril 2016.

Localidad				**Ollague**		
Sector				**Vega Chela**	**Puquio**	**Quebrada del Inca**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-03**	**CNM-04**	**CNM-05**
Branchiopoda	Diplostraca	Chydoridae	Alona sp.	x	x	
		Chydoridae	Chydorus sphaericus	x	x	
Maxillopoda	Cyclopoida	-	Cyclopoida indet.	x		
	Harpacticoida	Canthocamptidae	Canthocamptidae indet.	x	x	x
	-	-	Copepoda indet.	x	x	x
Rotifera	Ploima	Euchlanidae	Euchlanis dilatata	x		
Arachnida	Acari (Subclase)	-	Acari indet.	x	x	x
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	Sphaeriidae indet.	x	x	
Insecta	Coleoptera	Elmidae	Elmidae indet.	x	x	x
	Diptera	Chironomidae	Chironomidae indet.	x	x	
		Simulidae	Simulidae indet.	x	x	
		Trichoptera	Trichoptera indet.	x	x	x
	Ephemeroptera	-	Ephemeroptera indet.	x	x	x
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella sp.	x	x	x
Ostracoda	-	-	Ostracoda indet.	x	x	
			Riqueza Total	**15**	**13**	**7**

Folio007169

2.3.5.4 Flora y Vegetación

La localidad de Ollague se ubica en la zona puneña de la Región de Antofagasta, dicha localidad se compone por 3 sectores diferentes, los cuales corresponden al sector de Chela, el sector de Puquio y al sector Quebrada del Inca. Estos tres sectores presentaron un curso de agua superficial con presencia de especies azonales sobre el afluente. En relación al humedal de Chela, este se ubica a 20 km al oeste del Salar de Carcote, sobre los 3.700 msnm. El sector de Puquio, se ubica sobre los 4.000 msnm, al Nor-Este de la región de Antofagasta, en el límite con la región de Tarapacá y la República de Bolivia; a 35 km al norte de la localidad de Ollagüe. Por último el sector Quebrada del Inca se encuentra distante 15,0 km al noroeste de la localidad de Ollagüe, sobre los 3.800 msnm. Dicho sector históricamente correspondió un asentamiento minero. Las especies registradas en los 3 sectores mencionados se presentan en la **Tabla 2-87**.

Tabla 2-87. Listado de especies localidad de Ollague

Nª	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Estado conservación	Sector Vega Chela	Sector Puquío	Sector Quebrada del Inca
1	Poaceae	*Deyeuxia eminens*	Waylla	Nativa	Sin categoría	x		x
2	Poaceae	*Festuca deserticola*	Waylla, paja brava	Nativa	Sin categoría	x	x	x
3	Juncaceae	*Oxychloë andina*	Pako	Nativa	Sin categoría	x	x	
4	Haloragaceae	*Myriophyllum quitense*	Pasto pinito	Nativa	Sin categoría	x	x	
5	Lemnaceae	*Lemna gibba*	Lenteja de agua	Nativa	Sin categoría	x	x	
6	Apiaceae	*Lilaeopsis macloviana*	s/n	Nativa	Sin categoría	x		
7	Asteraceae	*Baccharis tola*	Tolita	Nativa	Sin categoría	x		
8	Fabaceae	*Medicago sativa*	Alfalfa	Exótica	Sin categoría	x	x	x
9	Juncagina-ceae	*Triglochin concinna*	Hierba de la paloma	Nativo	Sin categoría		x	
10	Poaceae	*Distichlis humilis*	Grama, pasto salado	Nativa	Sin categoría		x	
11	Ranuncula-ceae	*Ranunculus uniflorus*	Tupu tupu	Nativa	Sin categoría		x	x
12	Ruppiaceae	*Ruppia filifolia*	Loroma	Nativa	Sin categoría		x	x
13	Loasaceae	*Caiophora chuquitensis*	Itapilla, osman,	Nativa	Sin categoría			x

A continuación se presentan las formaciones vegetacionales dominantes en cada uno de los sectores pertenecientes a la localidad de Ollague:

A) Sector de Chela
La vegetación azonal estaba compuesta predominantemente por la hierba *Deyeuxia eminens* (Waylla), *Festuca deserticola* (Paja brava) y, en menor medida, por *Oxychloe andina* (Pako). En el curso de agua se encuentró *Myriophyllum quitense* (pasto pinito), *Lilaleopsis macloviana* y *Lemna gibba* (lenteja de agua). En términos de la formación vegetacional, se trató de un Pajonal compuesto por *Deyeuxia eminens* (Waylla) y *Festuca deserticola* (Paja brava) (**Figura 2-101**).

B) Sector de Puquio
La flora del lugar estaba compuesta predominantemente por *Oxychloe andina* (Pako), *Festuca deserticola* (Paja brava) y, en menor medida, *Triglochin concinna (*Hierba de la paloma). En el curso de agua se encontró abundante presencia de macrófitas como: *Lemna gibba* (lenteja de agua), *Ranunculus uniflorus* (Tupu tupu) y *Ruppia filifolia* (Loroma). En términos de la formación vegetacional que dominó el sector, se trató de un Bofedal-Pajonal compuesto por *Oxychloe andina* (Pako) y *Festuca deserticola* (Paja brava) (**Figura 2-101**).
También se observó la presencia alfalfa (especie introducida), cuyo destino es forraje para animales domésticos.

C) Sector Quebrada del Inca
La flora del lugar se encontraba dominada por *Festuca deserticola* (Paja brava) y, en menor medida, por *Deyeuxia eminens* (Waylla). En el curso de agua se pudo constatar la presencia de *Ruppia filifolia* (Loroma) y *Ranunculus uniflorus* (Tupu tupu). La formación vegetacional se encontró dominada por un Pajonal dominado por *Festuca deserticola* (Paja brava) (**Figura 2-101**).

Sector de Chela

Folio007171

Sector de Puquio

Sector Quebrada del Inca

Figura 2-101. Vista general de los 3 sectores de la localidad de Ollague.

2.3.5.5 Fauna

En el sector de Vega Chela se registraron 10 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 7 especies. Estas pertenecieron a las Clases Aves, y Amphibia (Ranas y sapos). En Puquio se registraron 39 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 12 especies. Estas pertenecieron a las Clases Aves, Amphibia (Ranas y sapos).y Mammalia (Mamíferos). Para el sector de Quebrada del Inca se registraron 15 ejemplares de vertebrados terrestres, correspondiente a 8 especies de Aves. La Clase Reptilia no estuvo presente en ninguno de los sectores de estudio, mientras que la clase Amphibia se presentó en dos sectores (Vega Chela y Puquio) y la clase Mammalia solo estuvo presente en un sector (Puquio).
La especie que presento mayor cantidad de ejemplares fue la clase Amphibia (Ranas y sapos), con 3 ejemplares de sapo espinoso. Las aves presentaron una abundancia inferior o igual a 2 individuos en el caso del sector de Vega Chela. Al observar los datos obtenidos en el sector de Puquio, la especie con mayor abundancia fue el plebeyo (*Phrygilus plebejus*) con un total de 10 ejemplares, seguido por el Cometocino del norte (*Phrygilus atriceps*) con 6 individuos. Para el sector de Quebrada del Inca, la especie con mayor abundancia fue la tortolita de la puna (*Metriopelia aymara*) con 6 individuos. De los tres sitios pertenecientes a esta localidad, Puquio fue el que presentó una mayor

abundancia de especie, registrando 39 individuos, en comparación con Vega chela y Quebrada del Inca, que presentaron 10 y 15 individuos, respectivamente.(ver Tabla 2-88). De las especies registradas en terreno en la localidad, solo 1 especie es considerada en alguna categoría de conservación; el sapo espinoso en el estado de **Preocupación menor (LC)** Además, el 100% de las especies son de origen nativo, sin encontrarse especies introducidas o endémicas.

Folio007173

Tabla 2-88 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Ollague, sectores de Vega chela, Puquio y Quebrada del Inca.

Nombre	Nombre Científico	Nombre Común	Sector Vega Chela			Sector Puquio			Sector Quebrada del Inca		
			Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación
1	*Carduelis atrata*	Jilguero negro				3	7,7				
2	*Phrygilus unicolor*	Pájaro plomo				2	5,1				
3	*Carduelius uropygialis*	Jilguero cordillerano	1	10		4	10,3				
4	*Phrygilus plebejus*	Plebeyo				10	25,6				
5	*Cinclodes fuscus*	Churrete acanelado				3	7,7				
6	*Phrygilus atriceps*	Cometocino del norte				6	15,4		3	20	
7	*Lagidium viscaia*	Vizcacha				1	2,6	En Peligro			
8	*Ochetorhynchus ruficaudus*	Bandurrilla pico recto	2	20		2	5,1		4	26,7	
9	*Oreotrochilus estella*	Picaflor de la puna				2	5,1				
10	*Metriopelia aymara*	Tortolita de la puna				4	10,3		6	40	
11	*Geranoaetus polyosoma*	Aguilucho				1	2,6				
12	*Telmatobius fronteriensis*	Sapo				1	2,6	En Peligro Crítico			
14	*Sicalis olivacens*	Chirihue verdoso							1	6,7	
15	*Thinocorus rumicivorus*	Perdicita cojón	1	10							
16	*Lessonia oreas*	Colegial del norte	1	10							
17	*Anthus correndera*	Bailarín chico	1	10							
18	*Rhinella spinulosa*	Sapo espinoso	3	30	Preocupación Menor						
19	*Muscisaxicola cinereus*	Dormilona cenicienta	1	10							
20	*Phrygilus fruticeti*	Yal							1	6,7	
	Total		10	100		39	100		15	100	

Folio007174

2.3.6 Caracterización Localidad de Cupo

2.3.6.1 Calidad de Agua

Las aguas del sector Cupo fueron clasificadas como moderadamente alcalinas, en base al valor de pH, con una salinidad moderada, buena oxigenación y mayores concentraciones de cloruro y sodio, entre los iones presentes en el agua, como también boro, estroncio y litio entre los metales medidos. Las concentraciones de boro y cloruro clasificaron las aguas como no aptas para el riego, mientras que el resto de los parámetros como coliformes fecales, la clasificaron como aptas para este uso, en base a su bajo contenido. El valor de conductividad eléctrica clasificó las aguas como aptas para ser usadas en el riego de plantas tolerantes, en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos (Tabla 2-91). Si bien la concentración de sulfato clasificó el agua como apta para el regadío, su valor se encuentra cercano al límite referencial de la norma (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-89). Por otro lado, las concentraciones de arsénico y cloruro clasificaron las aguas como no aptas para el consumo, al igual que la presencia de coliformes totales, considerando que sólo se tiene un valor en la actual campaña. Cabe destacar que el magnesio presentó un valor bajo pero cercano al valor referencial (NCh409/1.Of.2005) (Tabla 2-90).

Figura 2-102. Sector Cupo, abril 2016

Folio007175

Tabla 2-89 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Cupo, abril 2016.

Uso del agua para el riego, sector Cupo			
Apto		Alerta	No apto
Aluminio (Al)		Litio (Li)	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Bario (Ba)		Mercurio (Hg)	
Berilio (Be)		Molibdeno (Mo)	
Boro (B)		Niquel (Ni)	
Cadmio (Cd)		pH	
Cloruro		Plata (Ag)	
Cobalto (Co)		Plomo (Pb)	
Cobre (Cu)		Selenio (Se)	
Coliformes fecales		Sulfato	
Conductividad		Vanadio (V)	
Cromo (Cr)		Zinc (Zn)	
Hierro (Fe)			

Tabla 2-90 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Cupo, abril 2016.

Uso como agua potable sector Cupo			
Apto		Alerta	No apto
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Cadmio (Cd)		Mercurio (Hg)	
Cloruro		pH	
Cobre (Cu)		Plomo (Pb)	
Cromo (Cr)		Selenio (Se)	
Hierro (Fe)		Sulfato	
Magnesio (Mg)		Zinc (Zn)	
Coliformes totales			

Tabla 2-91 Parámetros de calidad de agua, sector Cupo, abril 2016.

Punto de muestreo		CNM-6	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of.2005
Parámetro	unidad de medida	Cupo		
Aluminio (Al)	mg/L	0,129	5,00	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0,000147	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0,088	0,10	0,01
Bario (Ba)	mg/L	0,118	4,00	-
Berilio (Be)	mg/L	0,0000062	0,10	-
Bicarbonato	mg/L	501	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	<0,000050	-	-
Boro (B)	mg/L	6,39	0,75	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0,0000373	0,01	0,01
Calcio (Ca)	mg/L	169	-	-
Carbonato	mg/L	39	-	-
Césio (Cs)	mg/L	0,000377	-	-

Punto de muestreo		CNM-6	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of.2005
Parámetro	**unidad de medida**	**Cupo**		
Cloruro	mg/L	786	200	400,0
Cobalto (Co)	mg/L	0,000138	0,05	-
Cobre (Cu)	mg/L	0,00536	0,20	2,00
Coliformes fecales	NMP/100mL	6,8	1000	-
Coliformes totales	NMP/100mL	240	-	Ausencia
Conductividad	mS/cm	3,49	< 0,75 0,75 - 1,5 1,5 - 3 3 - 7,5	-
Cromo (Cr)	mg/L	<0,00050	0,10	0,05
Estaño (Sn)	mg/L	<0,00020	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	1,66	-	-
Fosforo (P)	mg/L	<0,30	-	-
Gálio (Ga)	mg/L	<0,000050	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0,058	5,00	0,30
Ítrio (Y)	mg/L	0,000136	-	-
Litio (Li)	mg/L	0,836	2,50	-
Magnesio (Mg)	mg/L	122	-	125,0
Manganeso (Mn)	mg/L	0,012	0,20	0,10
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,000050	0,001	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,00635	0,01	-
Níquel (Ni)	mg/L	0,0009	0,20	-
Oxígeno disuelto	mg/L	6,8	-	-
pH	-	8,3	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Plata (Ag)	mg/L	0,0000101	0,20	-
Plomo (Pb)	mg/L	0,000381	5,00	0,05
Potasio (K)	mg/L	36,8	-	-
Rênio (Re)	mg/L	0,0000102	-	-
Rubídio (Rb)	mg/L	0,0543	-	-
Salinidad	g/L	1,7	-	-
Saturación de oxigeno	%	87	-	-
Selenio (Se)	mg/L	<0,00020	0,02	0,01
Silicio (Si)	mg/L	38,6	-	-
Sodio (Na)	mg/L	359	-	-
Sulfato	mg/L	240	250,0	500,0
Talio (Tl)	mg/L	0,0000777	-	-

Punto de muestreo		CNM-6	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of.2005
Parámetro	**unidad de medida**	**Cupo**		
Teluro (Te)	mg/L	<0,000010	-	-
Temperatura	° C	9,5	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0,0042	-	-
Tório (Th)	mg/L	0,0000122	-	-
Tungsteno (W)	mg/L	0,000076	-	-
Uranio (U)	mg/L	0,016	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0,0279	0,10	-
Zinc (Zn)	mg/L	0,0433	2,00	3,0
Zircônio (Zr)	mg/L	0,000184	-	-

Requisito de agua para su uso en riego según NCh 1333 Of.78
Requisito de agua para ser clasificada como potable según NCh409/1 Of 2005
Celda rosada indica superación NCh NCh 1333 Of.78
Celda verde indica superación NCh NCh 409 Of.2005

Folio007178

2.3.6.2 Biota Acuática

La localidad de Cupo esta compuesto por el sector de Cupo que registró un total de 10 taxa fitobentónicas, de los cuales destaca los géneros *Navicula* y *Planothidium*, ambos con dos taxa, que corresponden a taxones típicos de sistemas salinos (Tabla 2-92); el componente de fitoplancton obtuvo una riqueza total de 16 taxa, de las cuales 9 fueron diatomeas del orden Bacillariophyceae y 7 correspondieron a otras algas (Tabla 2-93); la presencia de zoobentos estuvo representado por un solo taxa identificado como Chironomidae indeterminado, que tiene potencialidad para ser utilizado como bioindicador por encontrarse en variados ambientes (Tabla 2-94); finalmente el componente zooplanctónico registro una presencia de 11 taxa, de los cuales 4 fueron insectos del orden Díptera (Tabla 2-95).

Tabla 2-92 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Cupo, abril 2016.

Localidad				**Cupo**
Sector				**Cupo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-06**
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium sp.*	x
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula capitatoradiata*	x
			Navicula cryptotenella	x
		Sellaphoraceae	*Sellaphora sp.*	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia capitellata*	x
			Nitzschia spp.	x
	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Planothidium biporomum*	x
			Planothidium lanceolatum	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira sp.*	x
			Fragilaria capucina var. vaucheriae	x
			Riqueza Total	**10**

Tabla 2-93 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Cupo, abril 2016.

Localidad				Cupo
Sector				Cupo
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-06
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Planothidium lanceolatum*	x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis placentula*	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia pusilla*	x
			Nitzschia sp.	x
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula cryptotenella*	x
			Navicula gregaria	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira brevistriata*	x
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria ulna*	x
	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	*Stephanodiscus sp.*	x

Localidad				Cupo
Sector				Cupo
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-06
Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	*Spirogyra sp.*	x
			Staurosira construens var. exigua	x
			Mougeotia sp.	x
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria sp.*	x
	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena sp.*	x
	Chaetophorales	Chaetophoraceae	*Stigeoclonium sp.*	x
Charophyta	Zygnematales	Zygnemataceae	*Zygnema sp.*	x
			Riqueza Total	16

Tabla 2-94 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Cupo, abril 2016.

Localidad				**Cupo**
Sector				**Cupo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-06**
	Diptera	Chironomidae	*Chironomidae indet.*	x
Riqueza				**1**

Tabla 2-95 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Cupo abril 2016.

Localidad				**Cupo**
Sector				**Cupo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-06**
Maxillopoda	Harpacticoida	Canthocamptidae	*Canthocamptidae indet.*	*x*
	-	-	*Copepoda indet. (Nauplius)*	*x*
Rotifera	Ploima	Lepadellidae	*Lepadella sp.*	*x*
Arachnida	Acari (Subclase)	-	*Acari indet.*	*x*
Ellipura	Collembola	-	*Collembola indet.*	*x*
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	*Ceratopogonidae indet.*	*x*
		Chironomidae	*Chironomidae indet.*	*x*
		Simulidae	*Simulidae indet.*	*x*
		Trichoptera	*Trichoptera indet.*	*x*
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella sp.*	*x*
Ostracoda	-	-	*Ostracoda indet.*	*x*
			Riqueza	**11**

2.3.6.3 Flora y Vegetación

Este humedal se ubica a los pies del volcán Paniri, distante a 0,5 km al norte de la localidad de Cupo, en la zona puneña, sobre los 3.400 msnm. El sector presentó solo vegetación azonal de manera discontinua debido, probablemente, a las obras de captación de agua que intervienen el curso de agua superficial.

Tabla 2-96. Listado de especies del humedal de Cupo.

Nro	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Estado de conservación
1	Asteraceae	*Tessaria absinthioides*	Brea, sonora	Nativa	Sin categoría
2	Poaceae	*Cortaderia jubata*	Cortadera, cola de zorro	Nativa	Sin categoría
3	Poaceae	*Polypogon australis*	Cola de zorro, Chojlla	Nativa	Sin categoría
4	Asteraceae	*Baccharis juncea*	Suncho	Nativa	Sin categoría
5	Ruppiaceae	*Ruppia filifolia*	Loroma	Nativa	Sin categoría
6	Ranunculaceae	*Ranunculus uniflorus*	Tupu tupu	Nativa	Sin categoría

Las especies vegetales que dominaron fueron *Tessaria absinthioides* (Brea) y *Cortaderia jubata* (cola de zorro). En el curso de agua dominó la macrófita *Ranunculus uniflorus* (Tupu tupu). La formación vegetacional del lugar fue un matorral dominado por *Tessaria absinthioides* (Brea) y con la presencia de la hierba *Cortaderia atacamensis* (cola de zorro).

Figura 2-103. Vista general del humedal de Cupo. Colas de zorro en curso mermado.

De acuerdo a lo observado en terreno, el principal uso del humedal corresponde a la extracción de agua. Se desconoce si la comunidad extrae otros recursos del lugar.

Folio007181

2.3.6.4 Fauna

Fueron registrados 55 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 11 especies, pertenecientes a las Clases Aves, Reptilia (Lagartijas y culebras) y Mammalia (Mamíferos) La Clase Amphibia (Ranas y sapos) no fue registrada en la localidad (**Tabla 2-97**).
La especie más abundante fue la tortolita de la puna o paloma cordillerana (*Metriopelia aymara)* con 20 individuos (36,4%) y el Cometocino del norte (*Phrygilus atriceps)* con 10 individuos (18,2%), mientras que las otras 9 especies no registraron abundancia mayor a 10 ejemplares.

Tabla 2-97 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Cupo, sector Cupo.

Nº	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación
1	*Ochetorhynchus ruficaudus*	Bandurrilla de pico recto	4	7,3	-
2	*Sicalis uropygialis*	Chirihue cordillerano	8	14,5	-
3	*Cinclodes fuscus*	Churrete acanelado	2	3,6	-
4	*Phrygilus atriceps*	Cometocino del norte	10	18,2	-
5	*Liolaemus puna*	Lagartija de la puna	1	1,8	Casi amenazada
6	*Phrygilus unicolor*	Pájaro plomo	2	3,6	-
7	*Phrygilus plebejus*	Plebeyo	2	3,6	-
8	*Leptasthenura aegithaloides*	Tijeral	2	3,6	-
9	*Metriopelia aymara*	Tortolita de la puna	20	36,4	-
10	*Lagidium viscaia*	Vizcacha	1	1,8	En Peligro
11	*Phrygilus fruticeti*	Yal	3	5,5	-
	Total		**55**	**100**	

De las especies registradas en terreno en la localidad, 2 especies son consideradas en alguna categoría de conservación; la lagartija de la puna como **Casi amenazada (NT)** y la vizcacha, catalogada como **En Peligro (EN)** (**Tabla 2-97**). Además, 10 especies (91%) correspondieron a especies de origen nativo. No fueron registradas especies introducidas.

Folio007182

2.3.7 Caracterización Localidad de Ayquina

2.3.7.1 Antecedentes

El sistema de Ayquina, es un sistema que no presenta protección ambiental, se sitúa a 2.970 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica a la baja, con una variabilidad negativa en hectáreas por año de 0,55%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema intervenido por concepto de extracción de agua, presentando un caudal de extracción de 555,4 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota. Además presenta una alta afectación por cercanía de poblados y/o comunidades, dada su cercanía con el poblado que lleva su nombre. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de inestabilidad.

2.3.7.2 Calidad de Agua

En el sector Ayquina el pH clasificó las aguas como neutras, mientras que los iones con mayor abundancia fueron cloruro y sodio. De los metales medidos en este sector, el boro, litio y estroncio, alcanzaron las mayores concentraciones (Tabla 2-100). El arsénico, boro, cloruro, litio y manganeso clasificaron las aguas como no aptas para el riego al registrar valores superiores al límite referencial de la normativa, mientras que parámetros, como coliformes fecales, registraron una baja concentración clasificándola como apta para el riego. La conductividad eléctrica clasificó las aguas como aptas para este uso, principalmente en plantas tolerantes de suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-98). Por otro lado, los valores de arsénico, hierro, cloruro, manganeso y la presencia de coliformes totales clasificaron las aguas como fuera del rango de potabilidad, destacando que solo se tiene un valor de coliformes totales para dicha clasificación. (NCh409/1.Of.2005) (Tabla 2-99).

Figura 2-104. Sector Ayquina, abril 2016

Folio007183

Tabla 2-98 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Ayquina, abril 2016.

Uso del agua para el riego, sector Ayquina			
Apto		Alerta	No apto
Aluminio (Al)		Litio (Li)	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Bario (Ba)		Mercurio (Hg)	
Berilio (Be)		Molibdeno (Mo)	
Boro (B)		Niquel (Ni)	
Cadmio (Cd)		pH	
Cloruro		Plata (Ag)	
Cobalto (Co)		Plomo (Pb)	
Cobre (Cu)		Selenio (Se)	
Coliformes fecales		Sulfato	
Conductividad		Vanadio (V)	
Cromo (Cr)		Zinc (Zn)	
Hierro (Fe)			

Tabla 2-99 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Ayquina, abril 2016.

Uso como agua potable sector Ayquina			
Apto		Alerta	No apto
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Cadmio (Cd)		Mercurio (Hg)	
Cloruro		pH	
Cobre (Cu)		Plomo (Pb)	
Cromo (Cr)		Selenio (Se)	
Hierro (Fe)		Sulfato	
Magnesio (Mg)		Zinc (Zn)	
Coliformes totales			

Tabla 2-100 Parámetros de calidad de agua, sector Ayquina, abril 2016.

Punto de muestreo		CNM-7	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Ayquina		
Aluminio (Al)	mg/L	0,0416	5,00	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0,0215	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0,812	0,10	0,01
Bario (Ba)	mg/L	0,146	4,00	-
Berilio (Be)	mg/L	0,000031	0,10	-
Bicarbonato	mg/L	602	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	<0,00010	-	-
Boro (B)	mg/L	12,4	0,75	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0,00212	0,01	0,01
Calcio (Ca)	mg/L	227	-	-
Carbonato	mg/L	<5	-	-

Folio007184

Punto de muestreo		CNM-7	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	**unidad de medida**	**Ayquina**		
Césio (Cs)	mg/L	0,414	-	-
Cloruro	mg/L	1572	200	400,0
Cobalto (Co)	mg/L	0,00508	0,05	-
Cobre (Cu)	mg/L	0,0032	0,20	2,00
Coliformes fecales	NMP/100mL	33	1000	-
Coliformes totales	NMP/100mL	49	-	Ausencia
Conductividad	mS/cm	5,79	< 0,75 0,75 - 1,5 1,5 - 3 3 - 7,5	-
Cromo (Cr)	mg/L	<0,0010	0,10	0,05
Estaño (Sn)	mg/L	<0,00040	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	6,69	-	-
Fosforo (P)	mg/L	<0,30	-	-
Gálio (Ga)	mg/L	<0,00010	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0,787	5,00	0,30
Ítrio (Y)	mg/L	0,000054	-	-
Litio (Li)	mg/L	3,50	2,50	-
Magnesio (Mg)	mg/L	62,4	-	125,0
Manganeso (Mn)	mg/L	1,95	0,20	0,10
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,000050	0,001	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,00633	0,01	-
Niquel (Ni)	mg/L	0,00424	0,20	-
Oxígeno disuelto	mg/L	6,2	-	-
pH	-	7,1	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Plata (Ag)	mg/L	<0,000010	0,20	-
Plomo (Pb)	mg/L	<0,00010	5,00	0,05
Potasio (K)	mg/L	61,5	-	-
Rênio (Re)	mg/L	<0,000010	-	-
Rubídio (Rb)	mg/L	0,319	-	-
Salinidad	g/L	3,1	-	-
Saturación de oxigeno	%	83	-	-
Selenio (Se)	mg/L	<0,00040	0,02	0,01
Silicio (Si)	mg/L	44,1	-	-
Sodio (Na)	mg/L	845	-	-
Sulfato	mg/L	113	250,0	500,0

Folio007185

Punto de muestreo		CNM-7	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Ayquina		
Talio (Tl)	mg/L	0,00156	-	-
Teluro (Te)	mg/L	<0,000020	-	-
Temperatura	° C	12,4	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0,00246	-	-
Tório (Th)	mg/L	0,000012	-	-
Tungsteno (W)	mg/L	0,000837	-	-
Uranio (U)	mg/L	0,00502	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0,00648	0,10	-
Zinc (Zn)	mg/L	0,144	2,00	3,0
Zircônio (Zr)	mg/L	0,00013	-	-

Requisito de agua para su uso en riego según NCh 1333 Of.78
Requisito de agua para ser clasificada como potable según NCh409/1 Of 2005
Celda rosada indica superación NCh NCh 1333 Of.78
Celda verde indica superación NCh NCh 409 Of.2005

2.3.7.3 Biota Acuática

La localidad de Ayquina está compuesta por el sector del mismo nombre, donde se registró la presencia de 13 taxa fitobentónicas, donde destacan los géneros *Nitzschia* y *Pseudostaurosira* con 2 taxa cada uno, estas especies presentan tolerancia a la salinidad lo que les permite vivir en condiciones extremas (Tabla 2-101); la presencia de fitoplancton estuvo representada por 14 taxa de los cuales 9 pertenecen a diatomeas de la clase Bacillariophyceae y 5 a otras algas (Tabla 2-102); el ensamble de fitobentos estuvo representado por un solo insecto de la familia Chironomidae (Tabla 2-103); finalmente la presencia de zooplancton obtuvo una riqueza de 11 taxa donde destacan los insectos del orden díptera con dos taxa presentes (Tabla 2-104).

Tabla 2-101 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Ayquina, abril 2016.

Localidad				Ayquina
Sector				Ayquina
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-07
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium exiguum*	x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis lineata*	x
	Cymbellales	Gomphonemataceae	*Placoneis sp.*	x
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula cincta*	x
			Navicula cryptotenella	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia capitellata*	x
			Nitzschia spp.	x
			Nitzschia veneta	x
	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Planothidium lanceolatum*	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira sp.*	x

Localidad				Ayquina
Sector				Ayquina
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-07
			Pseudostaurosira brevistriata	x
			Staurosirella pinnata	x
	-	-	*Karayevia sp.*	x
			Riqueza Total	13

Tabla 2-102 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Ayquina, abril 2016.

Localidad				Ayquina
Sector				Ayquina
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-07
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium atomus*	x
			Planothidium lanceolatum	x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis euglypta*	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia inconspicua*	x
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Halamphora montana*	x
		Naviculaceae	*Navicula cryptotenella*	x
			Navicula viridula	x
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia musculus*	x
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria ulna*	x
Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	*Spirogyra sp.*	x
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria limosa*	x
			Oscillatoria sp.	x
	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena sp.*	x
	Chaetophorales	Chaetophoraceae	*Stigeoclonium sp.*	x
			Riqueza Total	14

Tabla 2-103 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Ayquina, abril 2016.

Localidad				Ayquina
Sector				Ayquina
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-07
	Diptera	Chironomidae	*Chironomidae indet.*	x
			Riqueza Total	1

Folio007187

Tabla 2-104 Presencia de taxa zooplanctónicos, Ayquina abril 2016.

Localidad				Ayquina
Sector				Ayquina
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-07
Branchiopoda	Diplostraca	Chydoridae	*Alona sp.*	x
Branchiopoda	Diplostraca	Chydoridae	*Chydorus sphaericus*	x
Maxillopoda	Harpacticoida	Canthocamptidae	*Canthocamptidae indet.*	x
Maxillopoda	-	-	*Copepoda indet. (Nauplius)*	x
Rotifera	Ploima	Lepadellidae	*Lepadella sp.*	x
Insecta	Diptera	Chironomidae	*Chironomidae indet.*	x
Insecta	Diptera	Simulidae	*Simulidae indet.*	x
Ostracoda	-	-	*Ostracoda indet.*	x
			Riqueza Total	**11**

2.3.7.4 Flora y Vegetación

Este humedal se encuentra colindante al poblado del mismo nombre, en la zona pre-puneña cerca de los 2.900 msnm. El sector presentó una mezcla de especies azonales y cultivos agrícolas. El listado de especies se presenta en la tabla 8.

Tabla 2-105. Listado de especies del humedal de Ayquina.

Nro	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Estado de conservación
1	Asteraceae	*Tessaria absinthioides*	Brea, sonora	Nativa	Sin categoría
2	Cyperaceae	*Schoenoplectus americanus*	Unkillo	Nativa	Sin categoría
3	Asteraceae	*Baccharis juncea*	Suncho	Nativa	Sin categoría
4	Poaceae	*Cortaderia jubata*	Cortadera, cola de zorro	Nativa	Sin categoría
5	Fabaceae	*Medicago sativa*	Alfalfa	Exótica	Sin categoría
6	Poaceae	*Zea mays*	Maiz	Exótica	Sin categoría
7	Ruppiaceae	*Ruppia filifolia*	Loroma	Nativa	Sin categoría
8	Poaceae	*Distichlis humilis*	Grama, pasto salado	Nativa	Sin categoría

La flora de las riberas se encontró dominada por el arbusto *Tessaria absinthioides (*Brea, sonora), *Cortaderia jubata (cola de zorro) y Distichlis humilis* (Grama). En el curso de agua se encontró *Ruppia filifolia (Loroma).* También se observó la presencia de alfalfa y maíz, ambas especies introducidas, cuyo destino es forraje para animales domésticos y consumo humano, respectivamente. La formación vegetacional dominante es de carácter ripariana.

Folio007188

Figura 2-105. Vista general de humedal de Ayquina. Mosaico de vegetación nativa y cultivos.

De acuerdo a lo visto en terreno, el humedal tiene una orientación productiva de carácter agrícola. No obstante se desconoce si la comunidad extrae otros recursos del humedal.

2.3.7.5 Fauna

En el sitio de estudio se registraron 12 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 6 especies. Estas pertenecen a las Clases Aves, Reptilia (Lagartijas y culebras) y Mammalia (Mamíferos). Donde las aves presentaron la mayor riqueza y abundancia. La Clase Amphibia (Sapos y ranas) no fue registrada en el área de estudio (Tabla 2-106).
La especie más abundante fue el chincol (*Zonotrichia capensis*) con 5 individuos (41,7%), mientras que las otras 5 especies no registraron una abundancia mayor a 3 ejemplares cada una.

Tabla 2-106 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Ayquina, Sector Ayquina

Nº	Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación
1	*Zonotrichia capensis*	Chincol	5	41,7	
2	*Metriopelia melanoptera*	Tortolita cordillerana	2	16,7	
3	*Troglodytes musculus*	Chercán	1	8,3	
4	*Muscisaxicola cinereus*	Dormilona cenicienta	2	16,7	
5	*Cinclodes fuscus*	Churrete acanelado	1	8,3	
6	*Recurvirostra andina*	Caití	1	8,3	
Total			12	100,0	

De las especies registradas en terreno en la localidad, ninguna de las especies está dentro de alguna categoría de conservación. Del total de especies, el 100% corresponde a especies nativas. No registramos especies introducidas ni endémicas (Tabla 2-106).

Folio007189

2.3.8 Caracterización Localidad de ChiuChiu

2.3.8.1 Calidad de Agua

Las aguas del sector Alvarado fueron clasificadas como moderadamente alcalinas, con mayor abundancia de boro, estroncio y litio, entre metales, buenos niveles de oxígeno disuelto y con mayor contenido de sodio y cloruro entre los iones presentes (Tabla 2-111). El arsénico, boro, cloruro y sulfato presentaron concentraciones por sobre el límite que permite el uso para el riego. La conductividad eléctrica clasificó las aguas como aptas para ser usadas en plantas tolerantes de suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos. El molibdeno, si bien presenta una concentración que clasifica el agua como aptas para este uso, el valor se encuentra cercano límite de la normativa, a diferencia de los coliformes fecales que presentaron un valor considerablemente inferior al límite normativo (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-107). Por otro lado, las aguas del sector Alvarado no fueron clasificadas como potable en base a los niveles de arsénico, cloruro y a la presencia de coliformes totales, destacando que solo se cuenta con un valor de coliformes totales para dicha clasificación (NCh409/1.Of.2005) (Tabla 2-108).

Figura 2-106. Sector Alvarado, localidad de Chiu, Chiu, abril 2016

Folio007190

Tabla 2-107 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Alvarado, abril 2016.

Uso del agua para el riego, sector Alvarado			
Apto		Alerta	No apto
Aluminio (Al)		Litio (Li)	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Bario (Ba)		Mercurio (Hg)	
Berilio (Be)		Molibdeno (Mo)	
Boro (B)		Niquel (Ni)	
Cadmio (Cd)		pH	
Cloruro		Plata (Ag)	
Cobalto (Co)		Plomo (Pb)	
Cobre (Cu)		Selenio (Se)	
Coliformes fecales		Sulfato	
Conductividad		Vanadio (V)	
Cromo (Cr)		Zinc (Zn)	
Hierro (Fe)			

Tabla 2-108 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Alvarado, abril 2016.

Uso como agua potable sector Alvarado			
Apto		Alerta	No apto
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Cadmio (Cd)		Mercurio (Hg)	
Cloruro		pH	
Cobre (Cu)		Plomo (Pb)	
Cromo (Cr)		Selenio (Se)	
Hierro (Fe)		Sulfato	
Magnesio (Mg)		Zinc (Zn)	
Coliformes totales			

En el sector Inca Coya las aguas fueron clasificadas como neutras, en base al pH, con mayor contenido de cloruro y sodio, entre los iones presentes en el agua, mientras que los metales con mayores concentraciones fueron boro, estroncio y litio, entre otros (Tabla 2-111). El arsénico, boro, cloruro, litio y manganeso presentaron concentraciones levemente superiores a lo permitido para el uso en riego, mientras que la conductividad eléctrica clasificó las aguas como aptas para el riego de plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejos cuidadosos. El resto de los parámetros como coliformes fecales presentaron valores bajos y aptos para este uso (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-109). Las aguas del sector Inca Coya no fueron clasificadas como potable en base al arsénico, cloruro, manganeso y la presencia de coliformes totales, considerando que solo se tiene un valor de coliformes totales para dicha clasificación (NCh409/1.Of.2005) (Tabla 2-110).

Figura 2-107. Sector Inca Coya, localidad de Chiu Chiu, abril 2016

Tabla 2-109 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Inca Coya, abril 2016.

Uso del agua para el riego, sector Inca Coya			
Apto		Alerta	No apto
Aluminio (Al)		Litio (Li)	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Bario (Ba)		Mercurio (Hg)	
Berilio (Be)		Molibdeno (Mo)	
Boro (B)		Niquel (Ni)	
Cadmio (Cd)		pH	
Cloruro		Plata (Ag)	
Cobalto (Co)		Plomo (Pb)	
Cobre (Cu)		Selenio (Se)	
Coliformes fecales		Sulfato	
Conductividad		Vanadio (V)	
Cromo (Cr)		Zinc (Zn)	
Hierro (Fe)			

Tabla 2-110 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Inca Coya, abril 2016.

Uso como agua potable sector Inca Coya			
Apto		Alerta	No apto
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Cadmio (Cd)		Mercurio (Hg)	
Cloruro		pH	
Cobre (Cu)		Plomo (Pb)	
Cromo (Cr)		Selenio (Se)	
Hierro (Fe)		Sulfato	
Magnesio (Mg)		Zinc (Zn)	
Coliformes totales			

Folio007192

Tabla 2-111 Parámetros de calidad de agua, sector Inca Coya y Alvarado, abril 2016.

Punto de muestreo		CNM-8	CNM-10	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of.2005
Parámetro	unidad de medida	Inca Coya	Alvarado		
Aluminio (Al)	mg/L	0,087	0,354	5,00	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0,00397	0,000435	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0,513	0,258	0,10	0,01
Bario (Ba)	mg/L	0,22	0,0847	4,00	-
Berilio (Be)	mg/L	<0,000025	0,0000197	0,10	-
Bicarbonato	mg/L	381	436	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	<0,00025	<0,000050	-	-
Boro (B)	mg/L	13,7	9,54	0,75	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0,000033	0,0000369	0,01	0,01
Calcio (Ca)	mg/L	182	133	-	-
Carbonato	mg/L	7	22	-	-
Césio (Cs)	mg/L	0,376	0,0196	-	-
Cloruro	mg/L	2234	792	200	400,0
Cobalto (Co)	mg/L	<0,00025	0,00019	0,05	-
Cobre (Cu)	mg/L	0,0058	0,00905	0,20	2,00
Coliformes fecales	NMP/100mL	350	49	1000	-
Coliformes totales	NMP/100mL	350	540	-	Ausencia
Conductividad	mS/cm	7,39	3,24	< 0,75 0,75 - 1,5 1,5 - 3 3 - 7,5	-
Cromo (Cr)	mg/L	<0,0025	<0,00050	0,10	0,05
Estaño (Sn)	mg/L	<0,0010	<0,00020	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	8,01	2,22	-	-
Fosforo (P)	mg/L	<0,60	<0,30	-	-
Gálio (Ga)	mg/L	<0,00025	0,000091	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0,171	0,222	5,00	0,30
Ítrio (Y)	mg/L	0,00007	0,000159	-	-
Litio (Li)	mg/L	4,65	1,04	2,50	-
Magnesio (Mg)	mg/L	96,1	91,8	-	125,0
Manganeso (Mn)	mg/L	0,277	0,0203	0,20	0,10
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,000050	<0,000050	0,001	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,0063	0,00923	0,01	-
Niquel (Ni)	mg/L	<0,0010	0,001	0,20	-
Oxígeno disuelto	mg/L	6,9	8,7	-	-

Punto de muestreo		CNM-8	CNM-10	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of.2005
Parámetro	unidad de medida	Inca Coya	Alvarado		
pH	-	7,8	8,0	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Plata (Ag)	mg/L	<0,000025	0,0000097	0,20	-
Plomo (Pb)	mg/L	<0,00025	0,0003	5,00	0,05
Potasio (K)	mg/L	98,5	32	-	-
Rênio (Re)	mg/L	<0,000025	0,0000182	-	-
Rubídio (Rb)	mg/L	0,398	0,0829	-	-
Salinidad	g/L	4,0	1,6	-	-
Saturación de oxigeno	%	87	115	-	-
Selenio (Se)	mg/L	<0,0010	0,00058	0,02	0,01
Silicio (Si)	mg/L	35,3	34,2	-	-
Sodio (Na)	mg/L	1240	391	-	-
Sulfato	mg/L	119	262	250,0	500,0
Talio (Tl)	mg/L	0,000168	0,0000325	-	-
Teluro (Te)	mg/L	<0,000050	0,000016	-	-
Temperatura	° C	13,0	14,0	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0,0042	0,0117	-	-
Tório (Th)	mg/L	<0,000025	0,0000451	-	-
Tungsteno (W)	mg/L	0,000382	0,000123	-	-
Uranio (U)	mg/L	0,00356	0,00643	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0,00418	0,0235	0,10	-
Zinc (Zn)	mg/L	0,052	0,0481	2,00	3,0
Zircônio (Zr)	mg/L	<0,00025	0,000388	-	-

Requisito de agua para su uso en riego según NCh 1333 Of.78
Requisito de agua para ser clasificada como potable según NCh409/1 Of 2005
Celda rosada indica superación NCh NCh 1333 Of.78
Celda verde indica superación NCh NCh 409 Of.2005

Folio007194

2.3.8.2 Biota Acuática

La localidad de Chiu Chiu está compuesta por los sectores Inca Coya y Alvarado, que para el componente fitobentónico registró una presencia total de 32 taxa, donde el sector de Alvarado se observa la mayor riqueza con 20 taxa, destaca la familia Naviculaceae con 7 taxa (Tabla 2-112); el ensamble de fitoplancton estuvo representado por 17 taxa de los cuales 12 son diatomeas de la clase Bacillariophyceae y 5 corresponden a otras algas, donde el sector Inca Coya presento 13 taxa y Alvarado 12 taxa, al igual que el fitobentos destaca el orden Naviculales con 4 taxa (Tabla 2-116); la comunidad zoobentónica no registro la presencia de ningún individuo (Tabla 2-114); finalmente la presencia de zooplancton estuvo representada por 13 taxa, donde el sector de Inca Coya y Alvarado registraron 12 taxa cada uno, destaca *Elmidae* indeterminada que solo se registró en Inca Coya y *Ostracoda* indeterminado que solo se registró en Alvarado, el resto de taxa fueron compartidas (Tabla 2-115).

Tabla 2-112 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Inca Coya y Alvarado, abril 2016.

Localidad				**ChiuChiu**	
Sector				**Inca Coya**	**Alvarado**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-08**	**CNM-10**
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	*Cocconeis euglypta*	x	x
			Cocconeis lineata	x	x
	Cymbellales	Gomphonemataceae	*Gomphonema pseudoaugur*		x
		Cymbellaceae	*Cymbella pusilla*	x	
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula cincta*	x	
			Navicula cryptotenella	x	x
			Navicula radiosa	x	
			Navicula salinicola	x	
			Navicula sp.		x
			Navicula viridula		x
			Gyrosigma sp.	x	
		Amphipleuraceae	*Halamphora coffeaeformis*	x	
		Pinnulariaceae	*Pinnularia sp.*	x	
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia latens*		x
			Nitzschia spp.	x	x
			Nitzschia vitrea		x
			Tryblionella hungarica	x	
	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Planothidium biporomum*		x
			Planothidium delicatulum		x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira brevistriata*		x
			Pseudostaurosira sp.		x
			Pseudostaurosira subsalina		x

Folio007195

Localidad				ChiuChiu	
Sector				Inca Coya	Alvarado
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-08	CNM-10
			Fragilaria capucina		x
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia musculus*	x	
			Staurosirella pinnata		x
			Surirella ovata	x	
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria ulna*		x
			Tabularia fasciculata		x
			Tabularia sp.	x	
	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella atomus*		x
			Cyclotella meneghiniana	x	
	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira varians*		x
			Riqueza Total	**17**	**20**

Tabla 2-113 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Inca Coya y Alvarado, abril 2016.

Localidad				ChiuChiu	
Sector				Inca Coya	Alvarado
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-08	CNM-10
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia inconspicua*		x
	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Planothidium delicatulum*	x	
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira brevistriata*	x	x
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia musculus*	x	x
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria ulna*	x	x
			Tabularia fasciculata	x	x
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Halamphora coffeaeformis*	x	
		Naviculaceae	*Gyrosigma sp.*	x	x
		Stauroneidaceae	*Craticula cuspidata*	x	
		Naviculaceae	*Navicula radiosa*	x	x
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	*Mastogloia sp.*	x	
	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira varians*		x
Cyanophyceae	Nostocales	Aphanizomenonaceae	*Nodularia sp.*	x	
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria limosa*	x	x
	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena sp.*	x	x
	Chaetophorales	Chaetophoraceae	*Stigeoclonium sp.*	x	x
Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	*Spirogyra sp.*		x
			Riqueza Total	**13**	**12**

Tabla 2-114 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Inca Coya y Alvarado, abril 2016.

Localidad				ChiuChiu	
Sector				Inca Coya	Alvarado
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-08	CNM-10
			Riqueza Total	0	0

Tabla 2-115 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Inca Coya y Alvarado abril 2016.

Localidad				ChiuChiu	
Sector				Inca Coya	Alvarado
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-08	CNM-10
Branchiopoda	Diplostraca	Chydoridae	*Alona sp.*	x	x
Maxillopoda	Cyclopoida	-	*Cyclopoida indet.*	x	x
Maxillopoda	Harpacticoida	Canthocamptidae	*Canthocamptidae indet.*	x	x
Maxillopoda	-	-	*Copepoda indet.*	x	x
Rotifera	Ploima	Brachionidae	*Notholca sp.*	x	x
Rotifera	Ploima	Lepadellidae	*Lepadella sp.*	x	x
Rotifera	Ploima	Trichocercidae	*Trichocerca sp.*	x	x
Arachnida	Acari (Subclase)	-	*Acari indet.*	x	x
Insecta	Coleoptera	Elmidae	*Elmidae indet.*	x	
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	*Ceratopogonidae indet.*	x	x
Insecta	Diptera	Chironomidae	*Chironomidae indet.*	x	x
Insecta	Diptera	Empididae	*Empididae indet.*	x	x
Ostracoda	-	-	*Ostracoda indet.*		x
			Riqueza Total	12	12

2.3.8.3 Flora y Vegetación

La localidad de Chiuchiu la componen 2 sectores (Inca Coya y Alvarado). Ambos sectores se encuentran en la zona pre-puneña, a 2.500 msnm. El sector de Inca Coya se encuentra a orillas del río Salado. Dicho humedal presentó un curso de agua superficial asociado a un conjunto de especies azonales. Respecto al sector Alvarado, este se encuentra colindante al poblado del Chiu Chiu. El sector presentó una mezcla de especies azonales y cultivos agrícolas. Ambos lugares tienen un potencial forrajero, no obstante en terreno no se pudo evidenciar el uso de la comunidad para este u otros fines. El listado de especies de la localidad de Chiuchiu se presenta en la Tabla 2-116.

Tabla 2-116. Listado de especies de la localidad de Chiuchiu.

Nro	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Estado de conservación	Origen	Sector Inca Coya	Sector Alvarado
1	Asteraceae	*Tessaria absinthioides*	Brea, sonora	Sin categoría	Nativa	x	x
2	Ranuncula-ceae	*Ranunculus uniflorus*	Tupu tupu	Sin categoría	Nativa	x	
3	Ruppiaceae	*Ruppia filifolia*	Loroma	Sin categoría	Nativa	x	x
4	Poaceae	*Distichlis scoparia*	Grama	Sin categoría	Nativa	x	x
5	Poaceae	*Festuca deserticola*	Waylla , paja brava	Sin categoría	Nativa	x	
6	Poaceae	*Cortaderia atacamensis*	Cortadera, cola de zorro	Sin categoría	Nativa		x
7	Juncaceae	*Juncus balticus*	Unkillo	Sin categoría	Nativa		x
8	Asteraceae	*Baccharis juncea*	Suncho	Sin categoría	Nativa		x
9	Solanaceae	*Lycium humile*	Wicha	Sin categoría	Nativa		x

En relación a la vegetación presente en los sectores que componen la localidad de Ollague, dentro del sector de Inca Coya la flora de la ribera se encontró dominada por *Tessaria absinthioides (brea)* y *Distichlis scoparia* (Grama). En la zona más húmeda, aledaña al curso de agua, se encontró la hierba *Festuca deserticola* (paja brava). En términos vegetación, el humedal presentó un matorral dominado por *Tessaria absinthioides (brea)* acompañado por la hierba *Distichlis scoparia* (Grama). Por otra parte, para el sector Alvarado la flora de las riberas estuvo dominada por *Tessaria absinthioides (*Brea), *Cortaderia atacamensis* (cola de zorro), *Distichlis scoparia* (Grama) y *Baccharis juncea (Suncho)*. En el curso de agua se encuentró principalmente, *Ruppia filifolia (Loroma)*. La formación vegetacional dominante es de carácter ripariana, con cierta dominancia de un matorral compuesto por *Tessaria absinthioides* (Brea) y la presencia como especie acompañante de la hierba *Cortaderia atacamensis* (Cola de zorro).

Humedal de Inca Coya

Humedal de Alvarado

Figura 2-108 Vista general de Localidad de Chiuchiu

2.3.8.4 Fauna

En Inca Coya se registraron 13 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 5 especies. Estas pertenecen a las Clases Aves y Reptilia (Lagartijas y culebras) (**Tabla 2-117**). La especie más abundante fue el chercán (*Troglodytes musculus*) con 6 individuos, mientras que ninguna de las otras especies observadas superó los 3 ejemplares.

En el sector de Alvarado se registraron 15 individuos pertenecientes a 3 especies, todas ellas correspondientes a la clase Aves. Esta clase representó el 100% de la abundancia total de especies avistadas. Se observó un dominio de pato colorado (*Anas cyanoptera*), mientras el resto de especies no superaron los 3 individuos cada una.
No se registraron ejemplares pertenecientes a la clase Mammalia (mamíferos) ni representantes de la clase Amphibia (Ranas y sapos), tanto en el sector de Inca Coya como en Alvarado. En el sector de Inca Coya se registró la presencia de lagartija de la puna (*Liolaemus puna*), siendo esta la única representante de la clase Reptilia (Lagartijas y culebras).

Del total de especies registradas en ambos sectores, solo una especie está considerada dentro de una categoría de conservación; la lagartija de la puna, en el sector de Inca Coya, como **Casi amenazada (NT)** (Tabla 2-117). Además, 5 especies avistadas (100%) correspondieron a especies de origen nativo. No fueron registradas especies introducidas ni endémicas.

Folio007199

Tabla 2-117 . Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Chiu Chiu, en los sectores de Inca Coya y Alvarado.

Nº	Nombre Científico	Nombre Común	Sector Inca Coya			Sector Alvarado		
			Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación
1	*Troglodytes musculus*	Chercán	6	46,2				
2	*Phleocryptes melanops*	Trabajador	2	15,4				
3	*Zonotrichia capensis*	Chincol	3	23,1		3	20	
4	*Liolaemus puna*	Lagartija de la puna	1	7,7	Casi amenazada			
5	*Ardea alba*	Garza grande	1	7,7				
6	*Anas cyanoptera*	Pato colorado				10	66,7	
7	*Anthus correndera*	Bailarín chico				2	13,3	
Total			13	100		15	100	

Folio007200

2.3.9 Caracterización Localidad de Talabre

La localidad de Talabre se encuentra conformada por 2 sectores, los cuales corresponden al sector de Catarape y al sector de Saltar.

2.3.9.1 Antecedentes

El sistema de Catarape, es un sistema que no presenta protección ambiental, se sitúa a 3.954 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con poblados, a zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica a la baja, con una variabilidad negativa en hectáreas por año de 0,84%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema intervenido por concepto de extracción de agua, presentando un caudal de extracción de 649,30 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota. Además presenta una alta afectación por cercanía de poblados y/o comunidades, dada su cercanía con el poblado que lleva su nombre. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de inestabilidad.
El sistema de Saltar, es un sistema que no presenta protección ambiental, se sitúa a 4.200 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con poblados, a zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica a la baja, con una variabilidad negativa en hectáreas por año de 0,72%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema intervenido por concepto de extracción de agua, presentando un caudal de extracción de 649,30 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota. Además presenta una alta afectación por cercanía de poblados y/o comunidades, dada su cercanía con el poblado que lleva su nombre. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de inestabilidad.

2.3.9.2 Calidad de Agua

Las aguas del sector Catarape fueron clasificadas como moderadamente ácidas, en base al pH registrado, con un bajo valor de salinidad y conductividad eléctrica, como también, una baja concentración de oxígeno disuelto y coliformes fecales en sus aguas. Entre los iones presentes en las aguas de este sector, la mayor abundancia la presentó el sulfato y calcio, mientras que los metales con mayores concentraciones fueron boro y arsénico (Tabla 2-122). Sólo la concentración de arsénico, entre todos los parámetros considerados, clasificó las aguas como no aptas para el riego al registrar un valor levemente superior al estipulado (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-118). Por otro lado, los valores de arsénico y pH clasificaron las aguas como no aptas para el consumo. Si bien se detectó la presencia de coliformes totales, el valor fue bajo y cercano al límite de detección (NCh409/1.Of2005) (Tabla 2-119).

Folio007201

Figura 2-109 Sector Catarape, localidad de Talabre, abril 2016

Tabla 2-118 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Catarape, abril 2016.

Uso del agua para el riego, sector Catarape			
Apto	Alerta	No apto	
Aluminio (Al)		Litio (Li)	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Bario (Ba)		Mercurio (Hg)	
Berilio (Be)		Molibdeno (Mo)	
Boro (B)		Niquel (Ni)	
Cadmio (Cd)		pH	
Cloruro		Plata (Ag)	
Cobalto (Co)		Plomo (Pb)	
Cobre (Cu)		Selenio (Se)	
Coliformes fecales		Sulfato	
Conductividad		Vanadio (V)	
Cromo (Cr)		Zinc (Zn)	
Hierro (Fe)			

Tabla 2-119 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Catarape, abril 2016.

Uso como agua potable sector Catarape			
Apto	Alerta	No apto	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Cadmio (Cd)		Mercurio (Hg)	
Cloruro		pH	
Cobre (Cu)		Plomo (Pb)	
Cromo (Cr)		Selenio (Se)	
Hierro (Fe)		Sulfato	
Magnesio (Mg)		Zinc (Zn)	
Coliformes totales			

Las aguas del sector Saltar fueron clasificadas como neutras, en base al valor de pH, con un bajo contenido de sales disueltas, conductividad eléctrica y bajo valor de oxígeno disuelto, como también, la ausencia de contaminación de origen fecal en sus aguas. Los iones con mayor abundancia en las aguas de este sector fueron bicarbonato y calcio,

Folio007202

mientras que los metales que alcanzaron las mayores concentraciones fueron boro y estroncio (Tabla 2-122). La mayoría de los parámetros de referencia clasificaron las aguas como aptas para ser usadas en riego, a excepción del molibdeno por su concentración levemente superior al límite normativo (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-120). Caso similar lo presentó el arsénico, al ser el único parámetro que registró un valor superior al valor límite que clasifica las aguas como potable (NCh409/1.Of2005) (Tabla 2-121).

Figura 2-110 Sector Saltar, localidad de Talabre, abril 2016

Tabla 2-120 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Saltar, abril 2016.

Uso del agua para el riego, sector Saltar			
Apto	Alerta	No apto	
Aluminio (Al)	Litio (Li)		
Arsénico (As)	Manganeso (Mn)		
Bario (Ba)	Mercurio (Hg)		
Berilio (Be)	Molibdeno (Mo)		
Boro (B)	Niquel (Ni)		
Cadmio (Cd)	pH		
Cloruro	Plata (Ag)		
Cobalto (Co)	Plomo (Pb)		
Cobre (Cu)	Selenio (Se)		
Coliformes fecales	Sulfato		
Conductividad	Vanadio (V)		
Cromo (Cr)	Zinc (Zn)		
Hierro (Fe)			

Folio007203

Tabla 2-121 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Saltar, abril 2016.

Uso como agua potable sector Saltar			
Apto		Alerta	No apto
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Cadmio (Cd)		Mercurio (Hg)	
Cloruro		pH	
Cobre (Cu)		Plomo (Pb)	
Cromo (Cr)		Selenio (Se)	
Hierro (Fe)		Sulfato	
Magnesio (Mg)		Zinc (Zn)	
Coliformes totales			

Tabla 2-122 Parámetros de calidad de agua, sector Catarape y sector Saltar, campaña de otoño 2016.

Punto de muestreo		CNM-11	CNM-12	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Sector Catarape	Sector Saltar		
Aluminio (Al)	mg/L	0,0164	0,021	5,00	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0,000074	0,000157	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0,179	0,0519	0,10	0,01
Bario (Ba)	mg/L	0,00977	0,00329	4,00	-
Berilio (Be)	mg/L	0,000437	0,0000066	0,10	-
Bicarbonato	mg/L	57	164	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	<0,000050	<0,000050	-	-
Boro (B)	mg/L	0,623	0,274	0,75	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0,0000139	<0,0000050	0,01	0,01
Calcio (Ca)	mg/L	7,59	22,1	-	-
Carbonato	mg/L	<5	<5	-	-
Césio (Cs)	mg/L	0,000352	0,00106	-	-
Cloruro	mg/L	11	7	200	400,0
Cobalto (Co)	mg/L	<0,000050	<0,000050	0,05	-
Cobre (Cu)	mg/L	0,00086	<0,00050	0,20	2,00
Coliformes fecales	NMP/100mL	2	<1,8	1000	-
Coliformes totales	NMP/100mL	2	<1,8	-	Ausencia
Conductividad	mS/cm	0,16	0,32	< 0,75 0,75 - 1,5 1,5 - 3 3 - 7,5	-
Cromo (Cr)	mg/L	<0,00050	0,00065	0,10	0,05
Estaño (Sn)	mg/L	<0,00020	<0,00020	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0,0657	0,141	-	-

Punto de muestreo		CNM-11	CNM-12	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Sector Catarape	Sector Saltar		
Fosforo (P)	mg/L	0,54	<0,30	-	-
Gálio (Ga)	mg/L	<0,000050	<0,000050	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0,074	<0,030	5,00	0,30
Ítrio (Y)	mg/L	0,0000301	0,0000221	-	-
Litio (Li)	mg/L	0,0201	0,0444	2,50	-
Magnesio (Mg)	mg/L	3,12	19,2	-	125,0
Manganeso (Mn)	mg/L	0,00199	0,0055	0,20	0,10
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,000050	<0,000050	0,001	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,000866	0,0175	0,01	-
Niquel (Ni)	mg/L	0,00033	0,0004	0,20	-
Oxígeno disuelto	mg/L	4,2	4	-	-
pH	-	6,1	7,4	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Plata (Ag)	mg/L	<0,0000050	<0,0000050	0,20	-
Plomo (Pb)	mg/L	<0,000050	<0,000050	5,00	0,05
Potasio (K)	mg/L	4,3	3,2	-	-
Rênio (Re)	mg/L	<0,0000050	<0,0000050	-	-
Rubídio (Rb)	mg/L	0,0125	0,00751	-	-
Salinidad	g/L	0	0	-	-
Saturación de oxigeno	%	62	71	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0,00035	0,00052	0,02	0,01
Silicio (Si)	mg/L	44,7	31,5	-	-
Sodio (Na)	mg/L	19,5	18,4	-	-
Sulfato	mg/L	23	40	250,0	500,0
Talio (Tl)	mg/L	0,0000122	<0,0000050	-	-
Teluro (Te)	mg/L	<0,000010	0,000211	-	-
Temperatura	° C	9,8	16,4	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0,00087	0,00134	-	-
Tório (Th)	mg/L	<0,0000050	<0,0000050	-	-
Tungsteno (W)	mg/L	0,000013	0,000261	-	-
Uranio (U)	mg/L	0,000738	0,000955	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0,00746	0,0376	0,10	-
Zinc (Zn)	mg/L	0,0283	0,0591	2,00	3,0
Zirconio (Zr)	mg/L	<0,000050	<0,000050	-	-

Requisito de agua para su uso en riego según NCh 1333 Of.78
Requisito de agua para ser clasificada como potable según NCh409/1 Of 2005
Celda rosada indica superación NCh NCh 1333 Of.78
Celda verde indica superación NCh NCh 409 Of.2005

Folio007205

2.3.9.3 Biota Acuática

La localidad de Talabre está compuesta por los sectores Catarape y Saltar, donde se registró un total de 26 taxa, la mayor riqueza estuvo dada en el sector de Catarape con 18 taxa, destaca en ambos sectores el orden Cocconeidales con la presencia de 9 taxa (Tabla 2 25); el componente fitoplanctónico estuvo representado por 19 taxa de los cuales 16 son diatomeas de la clase Bacillariophyceae y 3 corresponden a otras algas, donde el sector de Saltar registró la mayor riqueza con 14 taxa (Tabla 2 26); la presencia de zoobentos estuvo compuesta por 4 taxa, la mayor riqueza fue en el sector de Saltar con 3 taxa, destaca el díptero Chironomidae indeterminado que se encuentra presente en ambos sectores (Tabla 2 27); finalmente el componente zooplanctónico estuvo representado por un total de 17 taxa, la mayor riqueza se registró en Saltar con 15 taxa y destacan Canthocamptidae indeterminado, Copepoda indeterminado y Simulidae indeterminado, ya que solo estos taxa se registra su presencia en ambos sectores (Tabla 2 28).

Tabla 2-123 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Catarape y Saltar, abril 2016.

Localidad				**Talabre**	
Sector				**Catarape**	**Saltar**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-11**	**CNM-12**
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium exiguum*	x	
			Achnanthidium atomus	x	
			Achnanthidium gracillimum	x	
			Caloneis sp.	x	x
			Planothidium biporomum	x	x
			Planothidium delicatulum	x	x
			Planothidium lanceolatum	x	x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis euglypta*		x
			Cocconeis lineata	x	x
	Cymbellales	Gomphonemataceae	*Gomphonema pseudoaugur*	x	
			Gomphonema sp.		x
			Luticola mutica	x	
			Luticola nivalis	x	x
			Luticola ventricosa	x	
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula capitatoradiata*		x
			Navicula cincta	x	
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia capitellata*	x	
			Nitzschia halloyii	x	x
			Nitzschia inconspicua		x
			Nitzschia linearis		x
			Nitzschia spp.	x	x
			Nitzschia veneta		x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Staurosirella pinnata*	x	
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria ulna*		x

Folio007206

Localidad				**Talabre**	
Sector				**Catarape**	**Saltar**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-11**	**CNM-12**
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Epithemia sp.*		x
	-	-	*Pennada indet.*	x	
			Riqueza Total	**18**	**16**

Tabla 2-124 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Catarape y Saltar, abril 2016.

Localidad				**Talabre**	
Sector				**Catarape**	**Saltar**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-11**	**CNM-12**
Bacillariophyceae	Cocconeidaceae	Cocconeidaceae	*Cocconeis placentula*	x	x
	Cymbellales	Gomphonemataceae	*Encyonema caespitosum*		x
			Gomphonema pseudoaugur		x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia halloyii*	x	
			Nitzschia sp.	x	x
			Nitzschia vitrea	x	x
			Denticula sp.		x
	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Planothidium hauckianum*	x	
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria ulna*	x	x
			Tabularia fasciculata	x	x
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Epithemia turgida*		x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria capucina*		x
	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira varians*	x	
	Naviculales	Pinnulariaceae	*Pinnularia sp.*	x	
	Desmidiales	Closteriaceae	*Closterium sp.*	x	x
Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	*Spirogyra sp.*	x	x
	Chaetophorales	Chaetophoraceae	*Stigeoclonium sp.*	x	
Chlorophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria limosa*	x	x
Cyanophyceae			*Oscillatoria sp.*	x	x
			Riqueza Total	**12**	**14**

Tabla 2-125 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Catarape y Saltar, abril 2016.

Localidad				Talabre	
Sector				Catarape	Saltar
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-11	CNM-12
Insecta	Coleoptera	Elmidae	*Elmidae indet.*		x
Insecta	Diptera	Chironomidae	*Chironomidae indet.*	x	x
Insecta	Diptera	Dolichopodidae	*Dolichopodidae indet.*	x	
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella sp.*		x
			Riqueza	**2**	**3**

Tabla 2-126 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Catarape y Saltar, abril 2016.

Localidad				Talabre	
Sector				Catarape	Saltar
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-11	CNM-12
Branchiopoda	Diplostraca	Chydoridae	*Alona sp.*		x
Maxillopoda	Cyclopoida	-	*Cyclopoida indet.*		x
	Harpacticoida	Canthocamptidae	*Canthocamptidae indet.*	x	x
	-	-	*Copepoda indet.*	x	x
Arachnida	Acari (Subclase)	-	*Acari indet.*		x
Hirudinea	-	-	*Hirudinea indet.*		x
Insecta	Coleoptera	Elmidae	*Elmidae indet.*		x
	Diptera	Chironomidae	*Chironomidae indet.*	x	x
		Ephydridae	*Ephydridae indet.*		x
		Simulidae	*Simulidae indet.*	x	x
	Ephemeroptera	-	*Ephemeroptera indet.*		x
	Diptera	Trichoptera	*Trichoptera indet.*	x	
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella sp.*	x	
Nematoda	-	-	*Nematoda indet.*		x
Oligochaeta	-	-	*Oligochaeta indet*		x
Ostracoda	-	-	*Ostracoda indet.*		x
Tardigrada	-	-	*Tardigrada indet.*	x	x
			Riqueza	**8**	**15**

Folio007208

2.3.9.4 Flora y Vegetación

La localidad de Talabre se encuentra conformada por 2 sectores, los cuales corresponden al sector de Catarape y al sector de Saltar. El sector de Catarape corresponde a una quebrada ubicada en plena Puna, sobre los 4.000 msnm, ubicada a 13,5 Km en dirección Este desde la localidad de Talabre. Dentro del sector se observó la presencia de agua superficial asociada a un conjunto de especies hidrófilas azonales. No obstante, se halló un conjunto de especies en las laderas contiguas de carácter zonal. En cuanto a al sector de Saltar, este se encuentra ubicado en la zona puneña, sobre los 4.200 msnm, a 14 Km en dirección Este desde la localidad de Talabre, a los pies del Volcán Lascar. Se trató de un curso de agua superficial con presencia de especies azonales sobre el afluente y especies zonales en las laderas próximas. Cabe mencionar que de acuerdo a la información entregada por el delegado de la comunidad de Talabre, quien acompañó la visita, del lugar no se extrae agua, plantas ni otros recursos del humedal, solo se utiliza para el pastoreo extensivo de los animales de la comunidad. Las especies registradas en la localidad de Talabre se presentan en la Tabla 2-127.

Tabla 2-127 Listado de especies de la localidad de Talabre.

N°	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Estado de conservación	Sector Catarape	Sector Saltar
1	Poaceae	*Festuca orthophylla*	Paja brava	Nativa	Sin categoría	x	x
2	Juncaceae	*Oxychloe andina*	Pako	Nativa	Sin categoría	x	x
3	Fabaceae	*Astragalus sp.*	Garbanzo	Nativa	Sin categoría	x	x
4	Asteraceae	*Baccharis boliviensis*	Tola, Lejia	Nativa	Sin categoría	x	x
5	Poaceae	*Stipa frígida*	Paja amarilla	Nativa	Sin categoría	x	x
6	Asteraceae	*Parastrephia quadrangularis*	Chacha	Nativa	Sin categoría	x	
7	Fabaceae	*Adesmia spinosissima*	Añawa blanca	Nativa	Sin categoría	x	
8	Poaceae	*Festuca chrysophylla*	Paja iro, Liro	Nativa	Sin categoría	x	x
9	Verbenaceae	*Lampayo medicinalis*	Lampayo	Endémica	Sin categoría	x	x
10	Poaceae	*Deyeuxia sp.*	s/i	Nativa	Sin categoría	x	
11	Cactaceae	*Maihueniopsis boliviana*	Puscayo, piskayu.	Nativa	Preocupación menor	x	
12	Fabaceae	*Lupinus subinflatus*	konte chico	Nativa	Sin categoría	x	
13	Cyperaceae	*Zameioscirpus atacamensis*	Paquial	Nativa	Sin categoría		x

Respecto a las formaciones vegetales presentes en la localidad de Talabre, fue posible distinguir dos formaciones diferentes, la primera ubicada en el sector de Catarape la cual se trató de un Pajonal Hídrico de *Festuca chrysophyla, con* la presencia de *Oxychloe andina* (Pako) cerca del curso de agua. Por otro lado, la vegetación zonal de la ladera Norte es dominada por *Stipa frígida* (Paja amarilla) y en ladera Sur predomina *Maihueniopsis boliviana* (Puskayo) y *Adesmia spinosissima* (Añawa).

Folio007209

En relaciónal sector de Saltar, la vegetación azonal estuvo compuesta por *Festuca chrysophylla* (Paja brava) y en la zona donde pasa el curso de agua por *Oxychloe andina* (Pako). Por otro lado, la vegetación zonal de las laderas Norte y Sur es dominada por *Stipa frígida* (Paja amarilla). La formación vegetacional se trató de un Bofedal-Pajonal de *Festuca chrysophylla* con *Oxychloe andina (* **Figura 2-111** y **Figura 2-112**).

Figura 2-111 Vista general del sector de Catarape

Figura 2-112 Vista general del sector de Saltar

Folio007210

2.3.9.5 Fauna

En el sector de Catarape se registraron 40 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 19 especies, pertenecientes a las Clases Aves, Reptilia y Mammalia. (Tabla 2-128).

En Saltar se registraron 23 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 10 especies. Estas pertenecen a las Clases Aves, y Reptilia (Lagartijas y culebras) Donde las aves presentaron la mayor riqueza y abundancia. Las Clases Amphibia (Sapos y ranas) no fue registrada en ninguno de los sectores, mientras que la clase Mammalia (Mamíferos) fue registrada solo en el sector de Catarape (Tabla 2-128).

La especie más abundante para el sector de Catarape fue el churrete de alas blancas (*Cinclodes atacamensis*) con 11 individuos (17,5%), mientras que las otras 20 especies no registraron abundancia mayor a 10 ejemplares. Para el sector de Saltar, la especie más abundante fue la dormilona fraile (*Muscisaxicola flavinucha*) con 5 individuos (21,7%), seguida en segundo lugar por la Kiula o perdiz de la puna (*Tinamotis pentlandii*) con 4 ejemplares (17,4%).

La avifauna fue el grupo taxonómico de mayor abundancia y riqueza de especies registrado en el área de estudio, representando el 80% de la abundancia total de especies avistadas en el sector de Catarape y un 95,7% en el sector de Saltar. Se registró solo una especie de reptiles, la lagartija de Constanza, en las vegas de Catarape y Saltar, con 1 individuo en cada lugar. Se detectaron 7 especies de mamíferos, mediante evidencias directas e indirectas, éstos corresponden a: alpaca, burro feral, guanaco, llama, ratón orejudo amarillento, vicuña y zorro culpeo, todos con tan sólo un registro por cada especie, todos asociados al sector de Catarape.

De las especies registradas en terreno en la localidad, 4 especies son consideradas en alguna categoría de conservación para el sector de Catarape; la lagartija de Constanza en el estado de **Preocupación menor (LC)**; el guanaco, como **Vulnerable (VU)** y el zorro culpeo como **Preocupación menor (LC)** y la vicuña, catalogada como **En Peligro (EN)** (Tabla 2-128).

En el caso del sector de Saltar se encontraron tres especies con alguna categoría de conservación; La lagartija de Constanza clasificada como **Preocupación menor (LC)**, La kiula y el halcón peregrino como **Vulnerable (VU)** (Tabla 2-128).

Además, para el sector de Catarape 18 especies avistadas (95%) correspondieron a especies de origen nativo., 1 solo 1 especie (5%) corresponde a una especie doméstica y no se registraron especies endémicas. Mientras que en el sector de Saltar la totalidad de especies son de origen nativo. No se registraron especies introducidas ni endémicas.

Tabla 2-128 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Talabre, en los sectores de Catarape y Saltar

Nº	Nombre Científico	Nombre Común	Sector Catarape			Sector Saltar		
			Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación
1	*Vicugna pacos*	Alpaca	1	2,5	-			
2	*Equus asinus*	Burro feral	1	2,5	-			
3	*Asthenes modesta*	Canastero chico	3	7,5	-			
4	*Cinclodes atacamensis*	Churrete de alas blancas	11	27,5	-			
5	*Muscisaxicola albilora*	Dormilona ceja blanca	2	5	-	2	8,7	
6	*Muscisaxicola flavinucha*	Dormilona fraile	1	2,5	-	5	21,7	
7	*Muscisaxicola rufivertex*	Dormilona nuca rojiza	6	15	-	2	8,7	
8	*Lama guanicoe*	Guanaco	1	2,5	Vulnerable			
9	*Liolaemus constanzae*	Lagartija de Constanza	1	2,5	Preocupación menor	1	4,3	Preocupación menor
10	*Lama glama*	Llama	1	2,5	-			
11	*Geositta cunicularia*	Minero	1	2,5	-	1	4,3	
12	*Geositta punensis*	Minero de la puna	3	7,5	-	2	8,7	
13	*Geositta isabellina*	Minero grande	1	2,5	-			
14	*Phrygilus unicolor*	Pájaro plomo	1	2,5	-	3	13,0	
15	*Phrygilus plebejus*	Plebeyo	2	5	-	1	4,3	
16	*Phyllotis xanthopygus*	Ratón orejudo amarillento	1	2,5	-			
17	*Leptasthenura aegithaloides*	Tijeral	1	2,5	-			
18	*Vicugna vicugna*	Vicuña	1	2,5	En Peligro			
19	*Lycalopex culpaeus*	Zorro culpeo	1	2,5	Preocupación menor			
20	*Tinamotis pentlandii*	Kiula				4	17,4	/ulnerable
21	*Falco peregrinus*	Halcón peregrino				2	8,7	/ulnerable
	Total		**40**	**100**		**23**	**100**	

2.3.10 Caracterización Localidad de Machuca

2.3.10.1 Antecedentes

El sistema Machuca es un sistema categorizado como sitio prioritario de conservación 2010, el cual se sitúa a 4.000 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas con zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica al alza, con una variabilidad positiva en hectáreas por año de 0,16%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema con intervención de extracción de agua, presentando un caudal de extracción de 73,33 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota. Además presenta una afectación media por cercanía de poblados y/o comunidades, dada la cercanía con el poblado que lleva su nombre. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de estabilidad

2.3.10.2 Calidad de Agua

Las aguas del sector Machuca fueron clasificadas como fuertemente alcalinas, en base al valor de pH, con una baja salinidad, conductividad eléctrica y la ausencia de contaminación de origen fecal en sus aguas. Los iones con mayor abundancia en estas aguas fueron bicarbonato y sodio, mientras que los metales que alcanzaron las mayores concentraciones fueron boro, manganeso y estroncio, entre otros (Tabla 2-131). El boro, manganeso y pH clasificaron las aguas como no aptas para el riego al registrar valores levemente superiores al límite normativo (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-129). Por otro lado, las concentraciones de arsénico, hierro, manganeso y pH registraron valores que no permitieron clasificar las aguas como potable (NCh409/1.Of2005) (Tabla 2-130).

Figura 2-113 Sector Machuca, abril 2016

Tabla 2-129 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Machuca, abril 2016.

Folio007213

Uso del agua para el riego, sector Machuca			
Apto		Alerta	No apto
Aluminio (Al)		Litio (Li)	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Bario (Ba)		Mercurio (Hg)	
Berilio (Be)		Molibdeno (Mo)	
Boro (B)		Niquel (Ni)	
Cadmio (Cd)		pH	
Cloruro		Plata (Ag)	
Cobalto (Co)		Plomo (Pb)	
Cobre (Cu)		Selenio (Se)	
Coliformes fecales		Sulfato	
Conductividad		Vanadio (V)	
Cromo (Cr)		Zinc (Zn)	
Hierro (Fe)			

Tabla 2-130 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Machuca, abril 2016.

Uso como agua potable sector Machuca			
Apto		Alerta	No apto
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Cadmio (Cd)		Mercurio (Hg)	
Cloruro		pH	
Cobre (Cu)		Plomo (Pb)	
Cromo (Cr)		Selenio (Se)	
Hierro (Fe)		Sulfato	
Magnesio (Mg)		Zinc (Zn)	
Coliformes totales			

Tabla 2-131 Parámetros de calidad de agua, sector Machuca, abril 2016.

Punto de muestreo		CNM-13	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Machuca		
Aluminio (Al)	mg/L	0,168	5,00	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0,000259	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0,0669	0,10	0,01
Bario (Ba)	mg/L	0,0235	4,00	-
Berilio (Be)	mg/L	0,0000161	0,10	-
Bicarbonato	mg/L	147	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	<0,000050	-	-
Boro (B)	mg/L	0,757	0,75	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0,000131	0,01	0,01
Calcio (Ca)	mg/L	29,8	-	-
Carbonato	mg/L	29	-	-
Césio (Cs)	mg/L	0,00019	-	-
Cloruro	mg/L	18	200	400,0

Folio007214

Punto de muestreo		CNM-13	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	**unidad de medida**	**Machuca**		
Cobalto (Co)	mg/L	0,000935	0,05	-
Cobre (Cu)	mg/L	0,00572	0,20	2,00
Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,8	1000	-
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,8	-	Ausencia
Conductividad	mS/cm	0,36	< 0,75 0,75 - 1,5 1,5 - 3 3 - 7,5	-
Cromo (Cr)	mg/L	0,00066	0,10	0,05
Estaño (Sn)	mg/L	<0,00020	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0,302	-	-
Fosforo (P)	mg/L	<0,30	-	-
Gálio (Ga)	mg/L	<0,000050	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0,343	5,00	0,30
Ítrio (Y)	mg/L	0,000189	-	-
Litio (Li)	mg/L	0,029	2,50	-
Magnesio (Mg)	mg/L	15,2	-	125,0
Manganeso (Mn)	mg/L	0,474	0,20	0,10
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,000050	0,001	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,00188	0,01	-
Niquel (Ni)	mg/L	0,0008	0,20	-
Oxígeno disuelto	mg/L	10,8	-	-
pH	-	9,1	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Plata (Ag)	mg/L	0,0000067	0,20	-
Plomo (Pb)	mg/L	0,000204	5,00	0,05
Potasio (K)	mg/L	4,3	-	-
Rênio (Re)	mg/L	<0,0000050	-	-
Rubídio (Rb)	mg/L	0,00767	-	-
Salinidad	g/L	0,0	-	-
Saturación de oxigeno	%	169	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0,00023	0,02	0,01
Silicio (Si)	mg/L	29,5	-	-
Sodio (Na)	mg/L	32,2	-	-
Sulfato	mg/L	19	250,0	500,0
Talio (Tl)	mg/L	0,0000066	-	-
Teluro (Te)	mg/L	<0,000010	-	-

Punto de muestreo		CNM-13	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Machuca		
Temperatura	° C	16,6	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0,00581	-	-
Tório (Th)	mg/L	0,0000179	-	-
Tungsteno (W)	mg/L	0,00011	-	-
Uranio (U)	mg/L	0,000405	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0,0316	0,10	-
Zinc (Zn)	mg/L	0,0302	2,00	3,0
Zircônio (Zr)	mg/L	0,000113	-	-

Requisito de agua para su uso en riego según NCh 1333 Of.78
Requisito de agua para ser clasificada como potable según NCh409/1 Of 2005
Celda rosada indica superación NCh NCh 1333 Of.78
Celda verde indica superación NCh NCh 409 Of.2005

2.3.10.3 Biota Acuática

La localidad de Machuca está compuesta por el sector Machuca que para el ensamble fitoplanctónico registró una presencia total de 16 taxa, de las cuales destaca el orden Fragilariales con 5 taxa (Tabla 2 29); la presencia de organismos fitoplanctónicos obtuvo un registro de 17 taxa de las cuales 12 fueron diatomeas de la clase Bacillariophyceae y 5 correspondieron a otras algas, de las cuales destaca la familia Bacillariaceae con 4 taxa representantes (Tabla 2 30); la comunidad zoobentónica no registró ningún individuo (Tabla 2 31); finalmente la presencia de zooplancton registro un total 16 taxa, destacando el phylum Rotifera con 5 taxa representada (Tabla 2 32).

Tabla 2-132 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Machuca, abril 2016.

Localidad				Machuca
Sector				Machuca
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-13
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidales	*Cocconeis lineata*	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria capucina*	x
			Pseudostaurosira brevistriata	x
			Pseudostaurosira sp.	x
			Staurosira construens	x
			Staurosirella pinnata	x
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula capitatoradiata*	x
			Navicula cincta	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia halloyii*	x
			Nitzschia latens	x
			Nitzschia spp.	x
	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Planothidium frequentissimum*	x
			Planothidium lanceolatum	x

Localidad				Machuca
Sector				Machuca
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-13
			Caloneis sp.	x
	Naviculales	Sellaphoraceae	*Sellaphora pupula*	x
			Sellaphora sp.	x
			Riqueza Total	16

Tabla 2-133 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Machuca, abril 2016.

Localidad				Machuca
Sector				Machuca
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-13
Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	*Encyonema caespitosum*	x
			Gomphonema pseudoaugur	x
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula cryptotenella*	x
		Diadesmidaceae	*Luticola mutica*	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia halloyii*	x
			Nitzschia sp.	x
			Nitzschia vitrea	x
	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Planothidium delicatulum*	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira brevistriata*	x
	Surirellales	Surirellaceae	*Surirella splendida*	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Tryblionella hungarica*	x
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria ulna*	x
Conjugatophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	*Closterium sp.*	x
		Cosmarium sp.	*Cosmarium sp.*	x
	Zygnematales	Zygnemataceae	*Spirogyra sp.*	x
Cyanophyceae	Nostocales	Aphanizomenonaceae	*Nodularia sp.*	x
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria sp.*	x
			Riqueza Total	17

Tabla 2-134 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Machuca, abril 2016.

Localidad				Machuca
Sector				Machuca
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-13
Riqueza				0

Tabla 2-135 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Machuca, abril 2016.

Localidad				Machuca
Sector				Machuca
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-13
Branchiopoda	Diplostraca	Chydoridae	*Alona sp.*	x
Branchiopoda	Diplostraca	Chydoridae	*Chydorus sphaericus*	x
Branchiopoda	Diplostraca	Daphniidae	*Simocephalus sp.*	x
Branchiopoda	Diplostraca	Macrothricidae	*Macrothrix sp.*	x
Maxillopoda	Cyclopoida	-	*Cyclopoida indet.*	x
Maxillopoda	-	-	*Copepoda indet.*	x
Rotifera	Flosculariaceae	Testudinellidae	*Testudinella sp.*	x
Rotifera	Ploima	Brachionidae	*Brachionus quadridentatus*	x
Rotifera	Ploima	Euchlanidae	*Euchlanis dilatata*	x
Rotifera	Ploima	Lecanidae	*Monostyla sp.*	x
Rotifera	Ploima	Lepadellidae	*Lepadella sp.*	x
Hirudinea	-	-	*Hirudinea indet.*	x
Insecta	Diptera	Chironomidae	*Chironomidae indet.*	x
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella sp.*	x
Oligochaeta	-	-	*Oligochaeta indet*	x
Ostracoda	-	-	*Ostracoda indet.*	x
			Riqueza	**16**

2.3.10.4 Flora y Vegetación

El humedal ubicado en las inmediaciones de la localidad de Machuca, emplazado a 4.000 msnm, aproximadamente, se subdivide en dos sectores a partir de la ruta B-245, que conecta San Pedro de Atacama con el Tatio, que lo atraviesa de este a oeste. De este modo, se tienen los humedales Machuca Norte y Machuca Sur. La diferencia radica en el nivel de conservación que presenta cada sector.

El humedal de Machuca se encuentra sectorizado en 2, El sector **Machuca Norte** se ubica al norte de la ruta B-245, que conecta San Pedro de Atacama con el Tatio. Presentó cierto nivel de deterioro de sus componentes, se evidenció basura proveniente de la actividad turística que se desarrolla en el poblado de Machuca, ubicado a pocos metros. Además, se pudo apreciar una baja en el nivel de agua del humedal. Por otro lado se encuentra el sector **Machuca Sur,** el cual se ubica en la ruta B-245, que conecta San Pedro de Atacama con el Tatio. Presentó mayor nivel de conservación de sus componentes, a pesar que también se encuentra a orilla de camino y mucho más expuesto. Se evidencian cercos para cuarteles forrajeros en humedal, también se aprecia la presencia de animales domésticos y gran cantidad de aves. No obstante, se evidenció cierta baja en el nivel de agua del humedal*(* **Figura 2-114** y **Figura 2-115**). Las especies que se encontraron en el lugar se detallan en la **Tabla 2-136**

Folio007218

Tabla 2-136 Listado de especies del sector Machuca.

N	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Estado de conservación
1	Cyperaceae	*Zameioscirpus atacamensis*	Paquial	Nativa	Sin categoría
2	Cactaceae	*Maihueniopsis boliviana*	Puscayo, piskayu.	Nativa	Preocupación menor
3	Juncaceae	*Oxychloe andina*	Pako	Nativa	Sin categoría
4	Asteraceae	*Baccharis boliviensis*	Tola, Lejia	Nativa	Sin categoría
5	Poaceae	*Festuca chrysophylla*	Paja iro, Liro	Nativa	Sin categoría
6	Poaceae	*Stipa frígida*	Paja amarilla	Nativa	Sin categoría

Figura 2-114 Vista general del sector hacia el camino que va al Tatio

Figura 2-115 Predominio de Pako, cuyo destino es forrajero

Folio007219

En cuanto a las formaciones vegetales presentes, la vegetación azonal está compuesta, predominantemente por *Oxychloe andina (Pako) y Zameioscirpus atacamensis (Paquial)* en la zona donde pasa (pasaba) el curso de agua. Por otro lado, la vegetación zonal de las laderas Norte y Sur es dominada por *Baccharis boliviensis* (Tola). En gran parte de la superficie la formación dominante fue un Bofedal, el cual presentó un bajo nivel de agua.

2.3.10.5 Fauna

En la localidad visitada se registraron 136 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 20 especies. Estas pertenecen a las Clases Aves y Mammalia (Mamíferos). Las Clases Amphibia (Ranas y sapos) y Reptilia (Lagartijas y culebras) no fueron registradas en el área de estudio (**Tabla 2-137**).
Las especies más abundantes fueron la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) con 27 individuos (19,9%), la vicuña (*Vicugna vicugna*) con 26 individuos (19,1%) y el canastero chico (*Asthenes modesta)* con 13 individuos (9,6%), mientras que las otras 17 especies no registraron abundancia mayor a 10 ejemplares.
La avifauna fue el grupo de mayor abundancia y riqueza registrado en el área de estudio, representando el 78,7% de la abundancia total de especies avistadas. Se observó un dominio de la parina chica con una abundancia de 27 ejemplares y del canastero chico con 13 individuos, Las otras 15 especies presentan abundancias menores a 10 ejemplares. Entre los mamíferos, se detectaron 3 especies de mamíferos, mediante evidencias directas e indirectas, burro feral (2 registros), vicuña (26 registros) y zorro culpeo (1 registro).

Tabla 2-137 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Machuca.

Nº	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación
1	*Equus asinus*	Burro feral	2	1,5	-
2	*Asthenes modesta*	Canastero chico	13	9,6	-
3	*Cinclodes atacamensis*	Churrete de alas blancas	1	0,7	-
4	*Lessonia oreas*	Colegial del norte	6	4,4	-
5	*Phrygilus dorsalis*	Cometocino de dorso castaño	7	5,1	-
6	*Phrygilus atriceps*	Cometocino del norte	4	2,9	-
7	*Phoenicopterus chilensis*	Flamenco chileno	2	1,5	Vulnerable
8	*Chroicocephalus serranus*	Gaviota andina	4	2,9	Vulnerable
9	*Phrygilus unicolor*	Pájaro plomo	3	2,2	-
10	*Phoenicoparrus andinus*	Parina grande	27	19,9	Vulnerable
11	*Anas flavirostris*	Pato Jergón chico	3	2,2	-
12	*Anas geórgica*	Pato Jergón grande	6	4,4	-
13	*Lophonetta specularioides*	Pato juarjual	5	3,7	-
14	*Anas puna*	Pato puna	6	4,4	-
15	*Chloephaga melanoptera*	Piuquén	9	6,6	Preocupación menor

Folio007220

Nº	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación
16	*Pterocnemia tarapacensis*	Suri	1	0,7	-
17	*Fulica ardesiaca*	Tagua andina	7	5,1	-
18	*Fulica gigantea*	Tagua gigante	3	2,2	Vulnerable
19	*Vicugna vicugna*	Vicuña	26	19,1	En Peligro
20	*Lycalopex culpaeus*	Zorro culpeo	1	0,7	Preocupación menor
Total			**136**	**100,0**	

De las especies registradas en terreno en la localidad, 7 especies son consideradas en alguna categoría de conservación; piuquén catalogado como **Preocupación menor (LC)**, el flamenco chileno, la gaviota andina, la parina chica y la tagua gigante como **Vulnerable (VU)** y el zorro culpeo como **Preocupación menor (LC)** y la vicuña, catalogada como **En Peligro (EN)** (**Tabla 2-137**). Además, 19 especies (95%) correspondieron a especies de origen nativo y una (5%) doméstica (burro feral). No fueron registradas especies endémicas.

2.3.11 Caracterización Localidad de Peine

2.3.11.1 Calidad de Agua

En el sector Tilopozo, las aguas fueron clasificadas como neutras, en base al pH, con mayores concentraciones de boro, litio y estroncio entre metales, como también mayores concentraciones de cloruro y sodio entre los iones presentes en las aguas de este sector (Tabla 2-140). El arsénico, boro, cloruro, litio, molibdeno y sulfato presentaron valores que clasificaron las aguas como no aptas para el riego, entre todos los parámetros referenciados para clasificar para este uso, mientras que la conductividad eléctrica clasificó las aguas como aptas para el riego de plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos. En el caso de los coliformes fecales, la concentración registrada fue considerablemente inferior al límite normativo (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-138). Por otro lado, los valores de arsénico, cloruro, sulfato y la presencia de coliformes totales clasificaron las aguas como no aptas para el consumo, considerando que solo se tiene un valor de coliformes totales, en la actual campaña (NCh409/1.Of.2005) (Tabla 2-139).

Folio007221

Figura 2-116 Sector Tilopozo, localidad de Peine, abril 2016

Tabla 2-138 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Tilopozo, abril 2016.

Uso del agua para el riego, sector Tilopozo					
Apto		Alerta		No apto	
Aluminio (Al)	🟢	Litio (Li)		🔴	
Arsénico (As)	🔴	Manganeso (Mn)		🟢	
Bario (Ba)	🟢	Mercurio (Hg)		🟢	
Berilio (Be)	🟢	Molibdeno (Mo)		🔴	
Boro (B)	🔴	Niquel (Ni)		🟢	
Cadmio (Cd)	🟢	pH		🟢	
Cloruro	🔴	Plata (Ag)		🟢	
Cobalto (Co)	🟢	Plomo (Pb)		🟢	
Cobre (Cu)	🟢	Selenio (Se)		🟢	
Coliformes fecales	🟢	Sulfato		🔴	
Conductividad	🟡	Vanadio (V)		🟢	
Cromo (Cr)	🟢	Zinc (Zn)		🟢	
Hierro (Fe)	🟢				

Folio007222

Tabla 2-139 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Tilopozo, abril 2016.

Uso como agua potable sector Tilopozo					
Apto		Alerta		No apto	
Arsénico (As)	🔴		Manganeso (Mn)	🟢	
Cadmio (Cd)	🟢		Mercurio (Hg)	🟢	
Cloruro	🔴		pH	🟢	
Cobre (Cu)	🟢		Plomo (Pb)	🟢	
Cromo (Cr)	🟢		Selenio (Se)	🟢	
Hierro (Fe)	🟢		Sulfato	🔴	
Magnesio (Mg)	🟢		Zinc (Zn)	🟢	
Coliformes totales	🔴				

Tabla 2-140 Parámetros de calidad de agua, sector Tilopozo, campaña de otoño 2016.

Punto de muestreo		CNM-14	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Tilopozo		
Aluminio (Al)	mg/L	0,0531	5,00	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0,000117	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0,431	0,10	0,01
Bario (Ba)	mg/L	0,0235	4,00	-
Berilio (Be)	mg/L	0,000013	0,10	-
Bicarbonato	mg/L	434	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	<0,00010	-	-
Boro (B)	mg/L	11,8	0,75	-
Cadmio (Cd)	mg/L	<0,000015	0,01	0,01
Calcio (Ca)	mg/L	148	-	-
Carbonato	mg/L	<5	-	-
Césio (Cs)	mg/L	0,0104	-	-
Cloruro	mg/L	949	200	400,0
Cobalto (Co)	mg/L	<0,00010	0,05	-
Cobre (Cu)	mg/L	<0,0010	0,20	2,00
Coliformes fecales	NMP/100mL	79	1000	-
Coliformes totales	NMP/100mL	170	-	Ausencia
Conductividad	mS/cm	4,10	< 0,75 0,75 - 1,5 1,5 - 3 3 - 7,5	-
Cromo (Cr)	mg/L	<0,0010	0,10	0,05
Estaño (Sn)	mg/L	<0,00040	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	1,46	-	-
Fosforo (P)	mg/L	<0,30	-	-
Gálio (Ga)	mg/L	<0,00010	-	-

Punto de muestreo		CNM-14	NCh1333.Of.78	NCh409/1Of2005
Parámetro	**unidad de medida**	**Tilopozo**		
Hierro (Fe)	mg/L	<0,030	5,00	0,30
Ítrio (Y)	mg/L	<0,000010	-	-
Litio (Li)	mg/L	4,74	2,50	-
Magnesio (Mg)	mg/L	84,8	-	125,0
Manganeso (Mn)	mg/L	0,00082	0,20	0,10
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,000050	0,001	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,0288	0,01	-
Niquel (Ni)	mg/L	<0,00040	0,20	-
Oxígeno disuelto	mg/L	3,9	-	-
pH	-	7,0	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Plata (Ag)	mg/L	<0,000010	0,20	-
Plomo (Pb)	mg/L	<0,00010	5,00	0,05
Potasio (K)	mg/L	72,5	-	-
Rênio (Re)	mg/L	0,000032	-	-
Rubídio (Rb)	mg/L	0,129	-	-
Salinidad	g/L	2,7	-	-
Saturación de oxigeno	%	62	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0,00106	0,02	0,01
Silicio (Si)	mg/L	49,7	-	-
Sodio (Na)	mg/L	522	-	-
Sulfato	mg/L	581	250,0	500,0
Talio (Tl)	mg/L	<0,000010	-	-
Teluro (Te)	mg/L	<0,000020	-	-
Temperatura	° C	24,4	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0,00107	-	-
Tório (Th)	mg/L	<0,000010	-	-
Tungsteno (W)	mg/L	0,000395	-	-
Uranio (U)	mg/L	0,00249	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0,0518	0,10	-
Zinc (Zn)	mg/L	0,023	2,00	3,0
Zircônio (Zr)	mg/L	<0,00010	-	-

Requisito de agua para su uso en riego según NCh 1333 Of.78
Requisito de agua para ser clasificada como potable según NCh409/1 Of 2005
Celda rosada indica superación NCh NCh 1333 Of.78
Celda verde indica superación NCh NCh 409 Of.2005

Folio007224

2.3.11.2 Biota Acuática

La localidad de Peine está compuesta por el sector de Tilopozo donde se registró la presencia de 13 taxa para el componente fitobentónico, destacando la familia Bacillariaceae con 3 taxa del género *Denticula*, género que se caracteriza por presentar una resistencia biótica que le permite persistir en ambientes con niveles más altos de estrés ambiental (Tabla 2-141); la presencia de fitoplancton registró un total de 26 taxa de las cuales 17 son diatomeas de la familia Bacillariophyceae y 9 corresponden a otras algas, destaca el género *Planothidium* que registró 2 taxa, al igual que el género *Halamphora* (Tabla 2-142); para la comunidad zoobentónica no registró ningún individuo Tabla 2-143); finalmente el componente zooplanctónico registró un total de 10 taxa donde el orden Diplostraca registró 2 taxa (Tabla 2-144).

Tabla 2-141 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Tilopozo, abril 2016.

Localidad				**Peine**
Sector				**Tilopozo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-14**
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Caloneis sp.*	x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis euglypta*	x
			Cocconeis lineata	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula kuetzingii*	x
			Denticula sp.	x
			Denticula valida	x
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Halamphora coffeaeformis*	x
			Halamphora veneta	x
		Naviculaceae	*Navicula cincta*	x
			Navicula cryptotenella	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia inconspicua*	x
			Nitzschia spp.	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Staurosira sp.*	x
			Riqueza Total	**13**

Tabla 2-142 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Tilopozo, abril 2016.

Localidad				**Peine**
Sector				**Tilopozo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-14**
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium atomus*	x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis placentula*	x
			Planothidium biporomum	x
			Planothidium delicatulum	x
	Cymbellales	Cymbellaceae	*Cymbella pusilla*	x
	Naviculales	Diploneidaceae	*Diploneis elliptica*	x

Localidad				**Peine**
Sector				**Tilopozo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-14**
		Amphipleuraceae	*Halamphora coffeaeformis*	x
			Halamphora montana	x
	Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia sp.*	x
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula microdigitoradiata*	x
			Sellaphora japonica	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia sp.*	x
		Sellaphoraceae	*Nitzschia vitrea*	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira brevistriata*	x
			Staurosirella pinnata	x
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Tabularia fasciculata*	x
			Ulnaria ulna	x
Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	*Oedogonium sp.*	x
	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	*Pediastrum boryanum*	x
Conjugatophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	*Closterium sp.*	x
	Zygnematales	Zygnemataceae	*Mougeotia sp.*	x
Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	*Spirogyra sp.*	x
Cyanophyceae	Chroococcales	Gomphosphaeriaceae	*Gomphosphaeria sp.*	x
	Nostocales	Aphanizomenonaceae	*Nodularia sp.*	x
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria limosa*	x
			Oscillatoria sp.	x
			Riqueza Total	**26**

Tabla 2-143 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Tilopozo, abril 2016.

Localidad				**Peine**
Sector				**Tilopozo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-14**
Riqueza				**0**

Tabla 2-144 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Tilopozo, abril 2016.

Localidad				**Peine**
Sector				**Tilopozo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-14**
Branchiopoda	Diplostraca	Chydoridae	*Alona sp.*	x
Branchiopoda	Diplostraca	Chydoridae	*Chydorus sphaericus*	x
Maxillopoda	Harpacticoida	Canthocamptidae	*Canthocamptidae indet.*	x

Folio007226

Localidad				**Peine**
Sector				**Tilopozo**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-14**
Maxillopoda	-	-	*Copepoda indet.*	x
Gastropoda	Caenogastropoda	Cochliopidae	*Cochliopidae indet.*	x
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	*Ceratopogonidae indet.*	x
Insecta	Odonata	-	*Odonata indet.*	x
Nematoda	-	-	*Nematoda indet.*	x
Oligochaeta	-	-	*Oligochaeta indet*	x
Ostracoda	-	-	*Ostracoda indet.*	x
			Riqueza	**10**

2.3.11.3 Flora y Vegetación

Este sector se ubica en el sector sur del Salar de Atacama a 40 km de la localidad de Peine a 2.300 msnm. La vegetación del lugar se concentra en torno a un afloramiento de agua, sin embargo no se aprecia alta humedad superficial en el sector. Se pudo apreciar una alta presencia de vegetación azonal en desmedro de la zonal.
Las especies que se encontraron en el lugar se detallan en la **Tabla 2-145**

Tabla 2-145 Listado de especies del sector de Tilopozo.

N°	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Estado de conservación
1	Cyperaceae	*Schoenoplectus americanus*	Junco	Nativa	Sin categoría
2	Poaceae	*Distichlis spicata*	Pasto salado, Grama	Nativa	Sin categoría
3	Asteraceae	*Tessaria absinthioides*	Brea, sonora	Nativa	Sin categoría
4	Asteraceae	*Baccharis juncea*	Suncho	Nativa	Sin categoría

La vegetación azonal del lugar se dispone en un gradiente de humedad. Respecto de las especies asociadas a la condición de menor humedad se tiene a *Distichlis spicata var spicata* (Pasto salado), cuya ubicación se concentra en la periferia de los sectores más húmedos y que evidencia la mayor concentración de sales. Por otro lado, las especies asociadas a la condición de mayor humedad son *Schoenoplectus americanus* (Junco) y *Baccharis juncea* (Suncho), especies que se ubican en el entorno del afloramiento de agua.
En cuanto a las especies zonales, se pudo apreciar la abundante presencia de *Tessaria absinthioides* (Brea) en los sectores periféricos del lugar. También se pudo apreciar rastrojos de esta misma especie en todo el entorno.
En términos de la formación vegetacional que prevalece, se trata de una Vega. Ver figuras 10 y 11 *(* **Figura 2-117** y **Figura 2-118**).

Figura 2-117 Afloramiento y especes de alta humedad

Figura 2-118 Predominio de grama en sector de humedad

Folio007228

2.3.11.4 Fauna

En el sector de estudio se registraron 9 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 5 especies. Estas pertenecieron a las Clases Aves, y Mammalia (Mamíferos), mientras que la clase Amphibia (Ranas y sapos) y Reptilia (Lagartijas y culebras) no fueron registradas en el área de estudio (**Tabla 2-146**).
La especie más abundante fue el churrete de alas blancas (*Cinclodes atacamensis)* con 4 individuos (44,4%) mientras que las otras 2 especies registraron abundancias menores a 5 ejemplares. Se detectan 2 especies de mamíferos, mediante evidencias directas e indirectas, tuco-tuco de Atacama (2 registros) y el zorro culpeo (1 registro).

Tabla 2-146 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Peine, Sector Tilopozo.

N°	Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación
1	*Falco femoralis*	Halcón perdiguero	1	11,1	
2	*Vanellus resplendens*	Queltehue de la puna	1	11,1	
3	*Cinclodes atacamensis*	Churrete de alas blancas	4	44,4	
4	*Ctenomys fulvus*	Tuco - tuco de Atacama	2	22,2	Vulnerable
5	*Lycalopex culpaeus*	Zorro culpeo	1	11,1	Preocupación menor
	Total		9	100	

De las especies registradas en terreno en la localidad, 2 especies son consideradas en alguna categoría de conservación; el tuco-tuco de Atacama como **Vulnerable (VU)** y el zorro culpeo como **Preocupación Menor (LC)** (**Tabla 2-146**). Además, todas las especies avistadas (100%) correspondieron a especies de origen nativo, sin encontrar especies introducidas ni endémicas.

2.3.12 Caracterización Localidad de Camar

2.3.12.1 Antecedentes

El sistema Allana, es un sistema que no presenta protección ambiental, se sitúa a 3.020 m.s.n.m. Es un sistema que presenta una afectación antrópica directa, dado que es una zona de pastoreo de animales. Es un sistema con intervención de extracción de agua, presentando un caudal de extracción de 730,27 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota. Además presenta una baja afectación por cercanía de poblados y/o comunidades. Destaca que es el único sistema prioritario, que no cuenta con un análisis de tasa de variabilidad histórica, dado que su superficie no permite un análisis temporal a través de imágenes satelitales. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema no puede ser categorizado.

Folio007229

2.3.12.2 Calidad de Agua

Las aguas del sector Allana fueron clasificadas como moderadamente alcalinas, en base al valor de pH, con mayores concentraciones de boro, estroncio y litio entre metales, como también, cloruro y magnesio entre iones (Tabla 2-149). Las aguas fueron clasificadas como no aptas para el riego en base a los valores de arsénico, boro, cloruro y sulfato, mientras que el resto de los parámetros como por ejemplo coliformes fecales, presentaron valores inferiores al límite normativo. La conductividad eléctrica clasificó las aguas como aptas para el riego de plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-147). Por otro lado, el arsénico, cloruro, magnesio, sulfato y la presencia de coliformes totales clasificaron las aguas como no aptas para el consumo, considerando que solo se tiene un valor de coliformes totales para dicha clasificación (NCh409/1.Of2005) (Tabla 2-148).

Figura 2-119 Sector Allana, localidad de Camar, sector de Allana , abril 2016

Folio007230

Tabla 2-147 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Allana, abril 2016.

Uso del agua para el riego, sector Allana					
Apto		Alerta		No apto	
Aluminio (Al)	🟢	Litio (Li)	🟢		
Arsénico (As)	🔴	Manganeso (Mn)	🟢		
Bario (Ba)	🟢	Mercurio (Hg)	🟢		
Berilio (Be)	🟢	Molibdeno (Mo)	🟢		
Boro (B)	🔴	Niquel (Ni)	🟢		
Cadmio (Cd)	🟢	pH	🟢		
Cloruro	🔴	Plata (Ag)	🟢		
Cobalto (Co)	🟢	Plomo (Pb)	🟢		
Cobre (Cu)	🟢	Selenio (Se)	🟢		
Coliformes fecales	🟢	Sulfato	🔴		
Conductividad	🟡	Vanadio (V)	🟢		
Cromo (Cr)	🟢	Zinc (Zn)	🟢		
Hierro (Fe)	🟢				

Tabla 2-148 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Allana, abril 2016.

Uso como agua potable sector Allana					
Apto		Alerta		No apto	
Arsénico (As)	🔴	Manganeso (Mn)	🟢		
Cadmio (Cd)	🟢	Mercurio (Hg)	🟢		
Cloruro	🔴	pH	🟢		
Cobre (Cu)	🟢	Plomo (Pb)	🟢		
Cromo (Cr)	🟢	Selenio (Se)	🟢		
Hierro (Fe)	🟢	Sulfato	🔴		
Magnesio (Mg)	🔴	Zinc (Zn)	🟢		
Coliformes totales	🔴				

Tabla 2-149 Parámetros de calidad de agua, sector Allana, campaña de otoño 2016.

Punto de muestreo		CNM-15	NCh1333,Of,78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Allana		
Aluminio (Al)	mg/L	0,2	5,00	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0,000074	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0,107	0,10	0,01
Bario (Ba)	mg/L	0,0108	4,00	-
Berilio (Be)	mg/L	0,0000646	0,10	-
Bicarbonato	mg/L	245	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	<0,000050	-	-
Boro (B)	mg/L	9,04	0,75	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0,000737	0,01	0,01
Calcio (Ca)	mg/L	274	-	-
Carbonato	mg/L	22	-	-

Folio007231

Punto de muestreo		CNM-15	NCh1333,Of,78	NCh409/1Of2005
Parámetro	**unidad de medida**	**Allana**		
Césio (Cs)	mg/L	0,00179	-	-
Cloruro	mg/L	519	200	400,0
Cobalto (Co)	mg/L	0,000092	0,05	-
Cobre (Cu)	mg/L	0,00231	0,20	2,00
Coliformes fecales	NMP/100mL	240	1000	-
Coliformes totales	NMP/100mL	240	-	Ausencia
Conductividad	mS/cm	4,26	< 0,75 (1) 0,75 - 1,5 (2) 1,5 - 3 (3) 3 - 7,5 (4)	-
Cromo (Cr)	mg/L	0,00077	0,10	0,05
Estaño (Sn)	mg/L	<0,00020	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	1,14	-	-
Fosforo (P)	mg/L	<0,30	-	-
Gálio (Ga)	mg/L	0,000055	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0,156	5,00	0,30
Ítrio (Y)	mg/L	0,000226	-	-
Litio (Li)	mg/L	0,489	2,50	-
Magnesio (Mg)	mg/L	234	-	125,0
Manganeso (Mn)	mg/L	0,00523	0,20	0,10
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,000050	0,001	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,00244	0,01	-
Niquel (Ni)	mg/L	0,00157	0,20	-
Oxígeno disuelto	mg/L	5,2	-	-
pH	-	8,1	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Plata (Ag)	mg/L	0,0000369	0,20	-
Plomo (Pb)	mg/L	0,000402	5,00	0,05
Potasio (K)	mg/L	20	-	-
Rênio (Re)	mg/L	0,0000133	-	-
Rubídio (Rb)	mg/L	0,00675	-	-
Salinidad	g/L	2,8	-	-
Saturación de oxigeno	%	82	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0,00119	0,02	0,01
Silicio (Si)	mg/L	31,2	-	-
Sodio (Na)	mg/L	388	-	-
Sulfato	mg/L	675	250,0	500,0

Punto de muestreo		CNM-15	NCh1333,Of,78	NCh409/1Of2005
Parámetro	**unidad de medida**	**Allana**		
Talio (Tl)	mg/L	<0,0000050	-	-
Teluro (Te)	mg/L	<0,000010	-	-
Temperatura	° C	20,3	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0,00937	-	-
Tório (Th)	mg/L	0,000026	-	-
Tungsteno (W)	mg/L	0,000043	-	-
Uranio (U)	mg/L	0,0107	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0,00843	0,10	-
Zinc (Zn)	mg/L	0,0476	2,00	3,0
Zircônio (Zr)	mg/L	0,000069	-	-

Requisito de agua para su uso en riego según NCh 1333 Of.78
Requisito de agua para ser clasificada como potable según NCh409/1 Of 2005
Celda rosada indica superación NCh 1333 Of.78
Celda verde indica superación NCh 409 Of.2005

Folio007233

2.3.12.3 Biota Acuática

La localidad de Camar está compuesta por el sector de Allana que para el ensamble de fitobentos registró 16 taxa, donde destaca la familia Cocconeidaceae con 6 taxa representados (Tabla 2 37); la presencia de fitoplancton obtuvo una riqueza total de 23 taxa de las cuales 20 fueron diatomeas de la clase Bacillariophyceae y 3 correspondieron a otras algas, destaca el orden Naviculales con 6 taxa y en particular la diatomea Pseudostaurosira brevistriata, la cual se ha considerado una de las especies más dominantes en los ríos y lagunas de Chile (Tabla 2 38); la comunidad de zoobentos estuvo representada por 3 taxa de los cuales 2 corresponden a insectos del orden Coleópteros y 1 Amphipodo de la clase Malacostraca (Tabla 2 39); finalmente para el ensamble de zooplancton se registró la presencia de 6 taxa, donde cada uno correspondió a una clase diferente (Tabla 2 40).

Tabla 2-150 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Allana, abril 2016.

Localidad				**Camar**
Sector				**Allana**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-15**
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium minutissimum*	x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis euglypta*	x
			Cocconeis lineata	x
			Planothidium biporomum	x
			Planothidium delicatulum	x
			Planothidium frequentissimum	x
			Planothidium lanceolatum	x
	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella meneghiniana*	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula sp.*	x
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Epithemia argus*	x
			Epithemia sp.	x
			Rhopalodia musculus	x
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Halamphora coffeaeformis*	x
		Naviculaceae	*Navicula cincta*	x
			Navicula cryptotenella	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia inconspicua*	x
			Nitzschia spp.	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira brevistriata*	x
			Staurosira sp.	x
			Riqueza	**16**

Folio007234

Tabla 2-151 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Allana, abril 2016.

Localidad				**Camar**
Sector				**Allana**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-15**
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Achnanthidium atomus*	x
		Cocconeidaceae	*Cocconeis neodiminuta*	x
			Planothidium lanceolatum	x
	Surirellales	Surirellaceae	*Campylodiscus bicostatus*	x
	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella meneghiniana*	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula kuetzingii*	x
			Nitzschia pusilla	x
			Nitzschia sp.	x
	Cymbellales	Gomphonemataceae	*Gomphonema sp.*	x
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Halamphora carvajaliana*	x
			Halamphora coffeaeformis	x
			Halamphora montana	x
		Naviculaceae	*Navicula salinicola*	x
			Navicula sp.	x
		Stauroneidaceae	*Craticula accomoda*	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira brevistriata*	x
			Stauroneis sp.	x
			Staurosirella pinnata	x
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia constricta*	x
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	*Mastogloia smithii*	x
Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	Oedogonium sp.	x
Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra sp.	x
Cyanophyceae	Chroococcales	Gomphosphaeriaceae	Gomphosphaeria sp.	x
			Riqueza	**23**

Tabla 2-152 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Allana, abril 2016.

Localidad				**Camar**
Sector				**Allana**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-15**
Insecta	Coleoptera	Elmidae	*Elmidae adulto indet.*	x
Insecta	Coleoptera	Elmidae	*Elmidae indet.*	x
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella sp.*	x
			Riqueza	**3**

Folio007235

Tabla 2-153 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Allana, abril 2016.

Localidad				Camar
Sector				Allana
Phylum o Clase	Orden	Familia	Especies/ Punto de muestreo	CNM-15
Maxillopoda	Harpacticoida	Canthocamptidae	*Canthocamptidae indet.*	x
Gastropoda	Caenogastropoda	Cochliopidae	*Cochliopidae indet.*	x
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	*Ceratopogonidae indet.*	x
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella sp.*	x
Nematoda	-	-	*Nematoda indet.*	x
Ostracoda	-	-	*Ostracoda indet.*	x
			Riqueza	**6**

2.3.12.4 Flora y Vegetación

Este humedal se encuentra distante 8 km al noreste de la localidad de Camar a 2.939 msnm. El sector presentó la mayor diversidad de especies azonales y zonales del presente estudio, a pesar del importante uso ganadero que la comunidad hace del sector. Se pudo evidenciar parte de la superficie con *Medicago sativa* (Alfalfa) y abundantes fecas de animales domésticos.
Las especies que se encontraron en el lugar se detallan en la Tabla 2-154

Tabla 2-154 Listado de especies del sector de Allana.

N°	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Estado de conservación
1	Poaceae	*Cortaderia atacamensis*	Cola de zorro	Nativa	Sin categoría
2	Asteraceae	*Baccharis boliviensis*	Tola, Lejia	Nativa	Sin categoría
3	Poaceae	*Distichlis spicata var spicata*	Pasto salado, Grama	Nativa	Sin categoría
4	Juncaceae	*Oxychloe andina*	Pako	Nativa	Sin categoría
5	Verbenaceae	*Acantholippia deserticola*	Rica-rica	Endémica	Sin categoría
6	Fabaceae	*Prosopis tamarugo*	Tamarugo	Nativa	En Peligro
7	Frankeniaceae	*Frankenia triandra*	Yaretilla	Nativa	Sin categoría
8	Asteraceae	*Adesmia sp.*	Monte verde	Nativa	Sin categoría
9	Fabaceae	*Medicago sativa*	Alfalfa	Exótica	Sin categoría
10	Ephedraceae	*Ephedra breana*	Pingo-pingo	Nativa	Sin categoría
11	Chenopodiaceae	*Atriplex atacamensis*	Cachiyuyo, cachuyo	Endémica	Sin categoría
12	Cactaceae	*Oreocereus leucotrichus*	Chascudo, C. Blanco.	Nativa	Sin categoría

La vegetación azonal está dominada por *Cortaderia atacamensis* (Cola de zorro), *Oxychloe andina* (Pako) y *Distichlis spicata var spicata* (Pasto salado) en el curso de agua. En la zona aledaña a éste se ubican *Baccharis boliviensis* (Tola) y *Acantholippia deserticola* (Rica-rica), así como la presencia de una especie arbórea como *Prosopis tamarugo* (Tamarugo). También presenta abundante presencia de alfalfa (especie

introducida), cuyo destino es forraje para animales domésticos10 y 11 *(* **Figura 2-120** y **Figura 2-121**).
Se trató de una formación vegetacional de Vega dominada por *Oxychloe andina y Cortaderia atacamensis* (Cola de zorro).

Figura 2-120 Vista general de Quebrada Allana

Figura 2-121 Cola de zorro y Pako en curso de agua

2.3.12.5 Fauna

En el sitio de estudio se registraron 54 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 6 especies. Estas pertenecen a las Clases Aves, y Mammalia (Mamíferos) Donde las aves presentaron la mayor riqueza y abundancia. Las Clases Amphibia (Ranas y sapos) y Reptilia (Lagartijas y culebras) no fueron registradas en el área de estudio (Tabla 2-155).
El Chirihue verdoso y la tortolita cordillerana (o paloma cordillerana) presentaron la mor abundancia, con 17 y 14 individuos, respectivamente, mientras que las otras 4 especies no superaron los 15 ejemplares.

Folio007237

La avifauna fue el grupo de mayor abundancia (53 individuos) y riqueza registrado en el área de estudio, representando el 98,1% de la abundancia total de especies avistadas en la vega de Allana. El Chirihue verdoso y la tortolita cordillerana dominaron con 17 y 14 individuos respectivamente, luego Chirihue dorado (11) y Cometocino del norte (7). Se detectó solo una especie de mamífero, la cual corresponde al ratón orejudo amarillento, con tan solo un registro.

Tabla 2-155 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Camar, Sector Allana.

Nº	Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación
1	*Metriopelia melanoptera*	Tortolita cordillerana	14	25,9	
2	*Sicalis auriventris*	Chirihue dorado	11	20,4	
3	*Sicalis olivacens*	Chirihue verdoso	17	31,5	
4	*Phrygilus atriceps*	Cometocino del norte	7	13,0	
5	*Carduelis atrata*	Jilguero negro	4	7,4	
6	*Phyllotis xanthopygus*	Ratón orejudo amarillento	1	1,9	
	Total		54	100,0	

De las especies registradas en terreno en la localidad, ninguna está en alguna categoría de conservación**.** De la totalidad de especies, el 100% son nativas. No fueron registradas especies introducidas ni endémicas (**Tabla 2-155**).

2.3.13 Caracterización Localidad de Coyo

2.3.13.1 Antecedentes

El sistema laguna de Tebenquiche, es un sistema que no presenta protección ambiental, se sitúa 2.311 m.s.n.m. Es un sistema que presenta una afectación antrópica directa, dado que es una zona de bebedero de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica en el cuerpo de agua y en el sistema vegetacional, al alza con una variabilidad positiva en hectáreas por año de 0,12% y 0,17% respectivamente, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema con una intervención de extracción de agua promedio de 2949,38 L/s en un plano de 30 km en dirección norte – sur por sobre su cota. En resumen, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición general de estabilidad con presión.

2.3.13.2 Calidad de Agua

Las aguas del sector Tebenquiche fueron clasificadas como neutras, en base al pH registrado, ausencia de contaminación de origen fecal, una baja concentración de oxígeno disuelto, altos valores de salinidad y conductividad eléctrica, siendo los iones de mayor abundancia cloruro y sodio, mientras que los metales de mayor concentración fueron boro y litio (Tabla 2-158). En base a la naturaleza de las aguasen este sector, estas no cumplen con los niveles de calidad requeridos para clasificarlas como aptas para el riego

Folio007238

en base a los parámetros como arsénico, boro, cloruro, conductividad eléctrica, litio, manganeso, molibdeno, selenio y sulfato con concentraciones considerablemente superiores a la normativa (NCh1333.Of.78) (Tabla 2-156). Lo mismo ocurre al considerar parámetros de referencia para clasificar las aguas como potable, ya que la naturaleza de estas aguas, con altos niveles de salinidad y altas concentraciones de arsénico, cloruro, hierro, cromo, magnesio, selenio y sulfato no permite su clasificación como apta para el consumo (NCh409/1.Of2005) (Tabla 2-157).

Figura 2-122 Sector Tebenquiche, localidad de Coyo, abril 2016

Tabla 2-156 Parámetros considerados para clasificar las aguas destinadas al regadío, NCh1333.Of.78. Sector Tebenquiche, abril 2016.

Uso del agua para el riego, sector Tebenquiche					
Apto		Alerta		No apto	
Aluminio (Al)		Litio (Li)			
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)			
Bario (Ba)		Mercurio (Hg)			
Berilio (Be)		Molibdeno (Mo)			
Boro (B)		Niquel (Ni)			
Cadmio (Cd)		pH			
Cloruro		Plata (Ag)			
Cobalto (Co)		Plomo (Pb)			
Cobre (Cu)		Selenio (Se)			
Coliformes fecales		Sulfato			
Conductividad		Vanadio (V)			
Cromo (Cr)		Zinc (Zn)			
Hierro (Fe)					

Folio007239

Tabla 2-157 Parámetros considerados para la clasificación del agua potable, NCh409/Of.2005. Sector Tebenquiche, abril 2016.

Uso como agua potable sector Tebenquiche			
Apto	Alerta	No apto	
Arsénico (As)		Manganeso (Mn)	
Cadmio (Cd)		Mercurio (Hg)	
Cloruro		pH	
Cobre (Cu)		Plomo (Pb)	
Cromo (Cr)		Selenio (Se)	
Hierro (Fe)		Sulfato	
Magnesio (Mg)		Zinc (Zn)	
Coliformes totales			

Tabla 2-158 Parámetros de calidad de agua, sector Tebenquiche, campaña de otoño 2016.

Punto de muestreo		CNM-16	NCh1333,Of,78	NCh409/1Of2005
Parámetro	unidad de medida	Tebenquiche		
Aluminio (Al)	mg/L	<0,60	5,00	-
Antimonio (Sb)	mg/L	<0,0060	-	-
Arsénico (As)	mg/L	5,62	0,10	0,01
Bario (Ba)	mg/L	0,053	4,00	-
Berilio (Be)	mg/L	<0,0010	0,10	-
Bicarbonato	mg/L	1756	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	<0,010	-	-
Boro (B)	mg/L	831	0,75	-
Cadmio (Cd)	mg/L	<0,0010	0,01	0,01
Calcio (Ca)	mg/L	204	-	-
Carbonato	mg/L	<5	-	-
Césio (Cs)	mg/L	0,676	-	-
Cloruro	mg/L	171631	200	400,0
Cobalto (Co)	mg/L	<0,010	0,05	-
Cobre (Cu)	mg/L	<0,10	0,20	2,00
Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,8	1000	-
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,8	-	Ausencia
Conductividad	mS/cm	202	< 0,75 0,75 - 1,5 1,5 - 3 3 - 7,5	-
Cromo (Cr)	mg/L	<0,10	0,10	0,05
Estaño (Sn)	mg/L	<0,040	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	11,5	-	-
Fosforo (P)	mg/L	<30	-	-
Gálio (Ga)	mg/L	<0,010	-	-

Punto de muestreo		CNM-16	NCh1333,Of,78	NCh409/1Of2005
Parámetro	**unidad de medida**	**Tebenquiche**		
Hierro (Fe)	mg/L	<3,0	5,00	0,30
Ítrio (Y)	mg/L	<0,0010	-	-
Litio (Li)	mg/L	666	2,50	-
Magnesio (Mg)	mg/L	11700	-	125,0
Manganeso (Mn)	mg/L	1,37	0,20	0,10
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,000050	0,001	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,105	0,01	-
Níquel (Ni)	mg/L	<0,040	0,20	-
Oxígeno disuelto	mg/L	1,6	-	-
pH	-	7,1	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Plata (Ag)	mg/L	0,0108	0,20	-
Plomo (Pb)	mg/L	<0,010	5,00	0,05
Potasio (K)	mg/L	12300	-	-
Rênio (Re)	mg/L	<0,0010	-	-
Rubídio (Rb)	mg/L	25,5	-	-
Salinidad	g/L	>70	-	-
Saturación de oxigeno	%	24	-	-
Selenio (Se)	mg/L	<0,040	0,02	0,01
Silicio (Si)	mg/L	14,6	-	-
Sodio (Na)	mg/L	100000	-	-
Sulfato	mg/L	49618	250,0	500,0
Talio (Tl)	mg/L	<0,0010	-	-
Teluro (Te)	mg/L	<0,0020	-	-
Temperatura	° C	27,3	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	<0,040	-	-
Tório (Th)	mg/L	<0,0010	-	-
Tungsteno (W)	mg/L	0,007	-	-
Uranio (U)	mg/L	0,00423	-	-
Vanadio (V)	mg/L	<0,010	0,10	-
Zinc (Zn)	mg/L	<0,60	2,00	3,0
Zircônio (Zr)	mg/L	<0,010	-	-

Requisito de agua para su uso en riego según NCh 1333 Of.78
Requisito de agua para ser clasificada como potable según NCh409/1 Of 2005
Celda rosada indica superación NCh 1333 Of.78
Celda verde indica superación NCh 409 Of.2005

Folio007241

2.3.13.3 Biota Acuática

La localidad de Coyo está compuesta por el sector de Tebenquiche, que registró la presencia de 19 taxa fitobentónicos, donde destaca la familia Bacillariaceae con 4 taxa representadas (Tabla 2-159); los organismos fitoplanctónicos registraron una presencia de 30 taxa de las cuales 25 fueron diatomeas de la clase Bacillariophyceae y 5 correspondieron a otras algas, destaca familia Gomphonemataceae y Bacillariaceae, ambas con 4 taxa (Tabla 2-160); la comunidad de zoobentos no registró ningún individuo (Tabla 2-161); finalmente para el zooplancton se registró un total de 4 taxa (Tabla 2-162).

Tabla 2-159 Presencia de taxa fitobentónicos, sector Tebenquiche, abril 2016.

Localidad				**Coyo**
Sector				**Tebenquiche**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-16**
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	*Campylodiscus bicostatus*	x
	Cymbellales	Cymbellaceae	*Cymbella pusilla*	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula sp.*	x
			Denticula valida	x
			Nitzschia inconspicua	x
			Nitzschia spp.	x
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Halamphora coffeaeformis*	x
			Halamphora veneta	x
		Naviculaceae	*Navicula salinicola*	x
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	*Mastogloia atacamae*	x
			Mastogloia sp.	x
	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	*Planothidium frequentissimum*	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira sp.*	x
			Staurosira sp.	x
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia constricta*	x
			Rhopalodia musculus	x
			Riqueza Total	**19**

Folio007242

Tabla 2-160 Presencia de taxa fitoplanctónicos, sector Tebenquiche, abril 2016.

Localidad				**Coyo**
Sector				**Tebenquiche**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-16**
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	*Campylodiscus bicostatus*	x
	Cocconeidales	Cocconeidaceae	*Cocconeis neodiminuta*	x
			Cocconeis placentula	x
		Achnanthidiaceae	*Planothidium biporomum*	x
			Planothidium delicatulum	x
			Planothidium lanceolatum	x
	Naviculales	Stauroneidaceae	*Craticula accomoda*	x
		Naviculaceae	*Navicula salinicola*	x
			Navicula sp.	x
		Amphipleuraceae	*Halamphora coffeaeformis*	x
			Halamphora veneta	x
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula sp.*	x
			Nitzschia halloyii	x
			Nitzschia inconspicua	x
			Nitzschia sp.	x
		Diploneidaceae	*Diploneis smithii*	x
	Cymbellales	Gomphonemataceae	*Encyonema caespitosum*	x
			Eunotia sp.	x
			Gomphonema pseudoaugur	x
			Gomphonema sp.	x
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Pseudostaurosira brevistriata*	x
			Staurosira construens var. exigua	x
			Staurosirella pinnata	x
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Tabularia fasciculata*	x
			Ulnaria ulna	x
Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	Oedogonium sp.	x
	Chaetophorales	Chaetophoraceae	Stigeoclonium sp.	x
Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra sp.	x
Cyanophyceae	Nostocales	Aphanizomenonaceae	Nodularia sp.	x
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria sp.	x
			Riqueza Total	**30**

Tabla 2-161 Presencia de taxa zoobentónicos, sector Tebenquiche, abril 2016.

Localidad				**Coyo**
Sector				**Tebenquiche**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-16**
Riqueza				**0**

Tabla 2-162 Presencia de taxa zooplanctónicos, sector Tebenquiche, abril 2016.

Localidad				**Coyo**
Sector				**Tebenquinche**
Phylum o Clase	**Orden**	**Familia**	**Especies/ Punto de muestreo**	**CNM-16**
Maxillopoda	Harpacticoida	Canthocamptidae	Canthocamptidae indet.	x
Maxillopoda	-	-	Copepoda indet.	x
Insecta	Diptera	Ephydridae	Ephydridae indet.	x
Ostracoda	-	-	Ostracoda indet.	x
Riqueza				**6**

2.3.13.4 Flora y Vegetación

Este humedal se encuentra distante a 25 km al suroeste de la localidad de San Pedro de Atacama a 2.307 msnm. El sector presentó solo vegetación azonal. El sector presenta evidencia de una alta concentración de sales, lo que se refleja en la escasa diversidad de especies alrededor de la laguna.
Las especies que se encontraron en el lugar se detallan en la Tabla 2-163

Tabla 2-163 Listado de especies del de Laguna Tebenquinche, sector Los Burros.

N°	**Familia**	**Nombre Científico**	**Nombre Común**	**Origen**	**Estado de conservación**
1	Poaceae	*Distichlis spicata*	Pasto salado, Grama	Nativa	Sin categoría
2	Asteraceae	*Tessaria absinthioides*	Brea, sonora	Nativa	Sin categoría
3	Juncaceae	*Juncus balticus*	Junco	Nativa	Sin categoría
4	Cyperaceae	*Bolboschoenus maritimus*	Junco	Nativa	Sin categoría
5	Asteraceae	*Baccharis juncea*	Suncho	Nativa	Sin categoría

En el área colindante a la laguna domina *Distichlis spicata var spicata* (Pasto salado) y en la zona más alejada se encuentra *Tessaria absinthioides* (Brea), *Juncus balticus* (Junco), *Bolboschoenus maritimus* (Junco) *y Baccharis juncea* (Suncho) *(* Figura 2-123 y Figura 2-124).

Folio007244

Figura 2-123 Vista general del sector de Tebenquiche

Figura 2-124 Predominio de juncos en el área

2.3.13.5 Fauna

En el sitio de estudio se registraron 5 ejemplares de vertebrados terrestres, distribuidos en 4 especies, todas pertenecientes a la Clase Aves, sin registrarse presencia de representantes de Reptilia (Lagartijas y culebras), Mammalia (Mamíferos) y Amphibia (Sapos y ranas) (Tabla 2-164).
La especie más abundante fue el pato juarjual (*Lophonetta specularioides*) con 2 individuos (40%), mientras que de las otras 3 especies se observó solo un individuo.

Folio007245

Tabla 2-164 Riqueza, abundancia y categoría de conservación de las especies registradas en la localidad de Coyo, sector Tebenquiche

Nº	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Abundancia (%)	Categoría conservación
1	*Charadrius alticola*	Chorlo de la puna	1	20	-
2	*Lophonetta specularioides*	Pato juarjual	2	40	-
3	*Fulica ardesiaca*	Tagua andina	1	20	-
4	*Mimus triurus*	Tenca de alas blancas	1	20	-
Total			**5**	**100**	

De las especies registradas en terreno en el sector, ninguna se encuentra catalogada dentro de algún criterio de clasificación. Además, todas las especies son de origen nativo, sin registrarse especies endémicas ni introducidas (Tabla 2-164).

Folio007246

2.4 MODELACIÓN NUMÉRICA

2.4.1 Evaluación económica-ambiental para la conservación

Para identificar, caracterizar y modelar los bienes y servicios ecosistémicos de los humedales seleccionados, se utilizaron los resultados del diagnóstico previo del estudio - BIP 30126593-0: “Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos”. Para la modelación y delimitación de los servicios ecosistémicos se propuso la herramienta ARIES (Artificial Intelligence for Ecosystem Services). Desafortunadamente, el modelo ARIES no se encuentra disponible ya que fue desactivado por sus creadores, lo que dio paso a la búsqueda de herramientas alternativas. En este sentido se ha evaluado el software InVEST (Integrated Evaluation of Ecosystem Services and Tradeoffs). Dentro de esta nueva herramienta, se contemplan modelos para diferentes servicios ecosistémicos, que cuantifican, mapean y valoran los beneficios provistos por los ecosistemas. Con esta herramienta fue posible analizar de los principales servicios ambientales que son transversales a todos los sistemas en análisis, correspondiente a la evaluación del sistema en términos de su condición y calidad esperada del hábitat desarrollado en ellos (de soporte), y el asociado al turismo.

2.4.1.1 Descripción de servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos se definen como “los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas”. Los humedales proporcionan una amplia gama de servicios ecosistémicos que contribuyen al bienestar humano, como pescado y fibras, abastecimiento y purificación de agua, regulación del clima, control de las inundaciones, protección de costas, oportunidades de recreación y turismo, entre otros (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

Según lo planteado por el International Water Management Institute (2014) y por Burkhard *et al*. (2009), los servicios ecosistémicos se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: servicios de provisión, servicios de regulación, servicios culturales y servicios de apoyo.

- Servicios de provisión: Estos servicios corresponden a la producción de bienes, tales como pescados y mariscos, madera y precursores de muchos productos industriales y farmacéuticos, pudiendo aportar de forma importante a la economía.
- Servicios de regulación: Corresponden a beneficios obtenidos de la regulación de procesos ecológicos, tales como la purificación del agua y la regulación del clima.
- Servicios culturales: Los humedales proporcionan importantes beneficios estéticos, educacionales, culturales y espirituales, así como una amplia gama de oportunidades para la recreación y el turismo.
- Servicios de apoyo: Estos servicios apoyan y son necesarios para la existencia de todos los demás servicios ecosistémicos, por lo que su preservación es fundamental. También se les llama servicios de hábitat.

Los diferentes tipos de servicios pueden estar estrechamente vinculados. Por ejemplo, los servicios de provisión pueden estar vinculados con los servicios culturales, donde las personas atribuyen valor espiritual a los productos que se obtienen de los humedales (IWMI, 2014).

La degradación y desaparición de humedales es más rápida que la experimentada por otros ecosistemas, por lo que es prioritario que al momento de tomar decisiones que

Folio007247

afecten directa o indirectamente a los humedales se considere la gama completa de beneficios y valores que otorgan los diferentes servicios ecosistémicos de humedales (EM, 2005).

2.4.1.2 Modelación de servicios ecosistémicos

InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) es un software diseñado por el Natural Capital Project para ayudar a la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales. La herramienta incluye modelos para cuantificar, mapear y valorar los beneficios provistos por los ecosistemas.

InVEST utiliza una estructura de "suministro-servicio-valor", para relacionar los servicios con los beneficios provistos a la gente. Los suministros representan lo que está potencialmente disponible en el ecosistema, los servicios incorporan información de los beneficiarios del servicio (localidades humanas y actividades) y el valor (o beneficio) incluye las preferencias sociales para el cálculo de los resultados económicos y sociales (ver Figura 2-125).

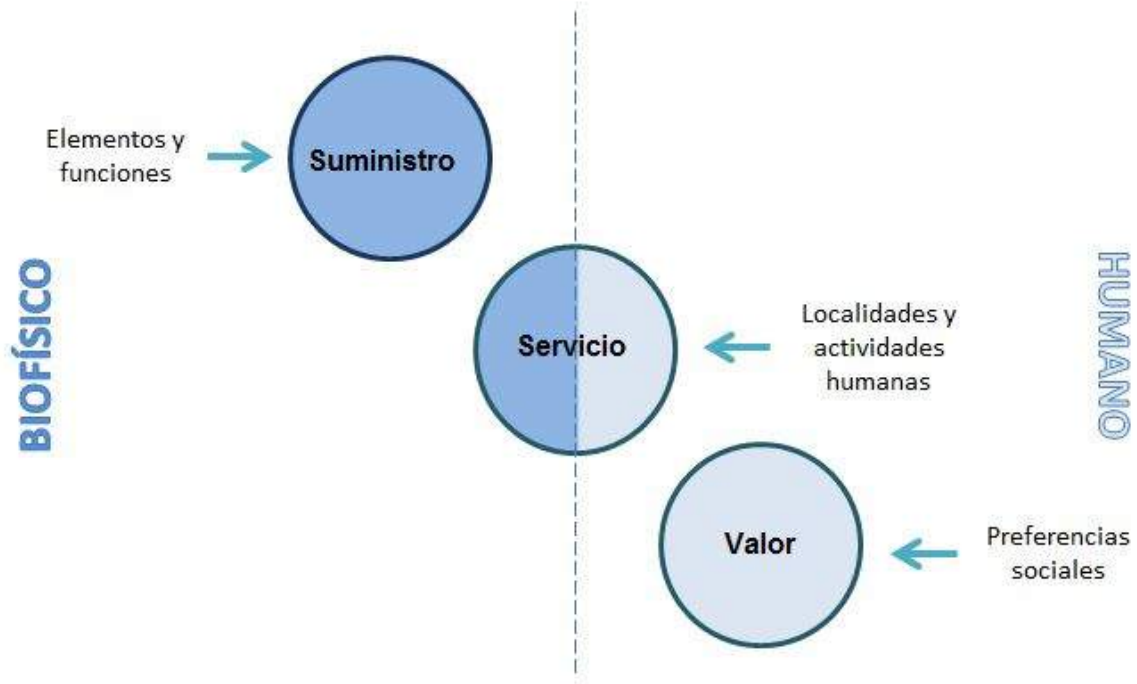


Figura 2-125. Esquema de suministro, servicio y beneficio considerado en el software InVEST.

Cada servicio ecosistémico es modelado de forma independiente en InVEST, por lo que cada uno de ellos está asociado a un modelo que requiere datos y que realiza procesos particulares. Los modelos se separan en aquellos que corresponden a servicios ecosistémicos de apoyo y servicios ecosistémicos finales (en donde se agrupan el resto de los servicios). Sólo los servicios ecosistémicos finales tienen la posibilidad de cuantificar un valor económico.

Folio007248

Los servicios posibles de ser evaluados con la herramienta son variados, y tal como es entendida una herramienta de este tipo, la mayoría de ellos apuntan a servicios asociados al desarrollo antrópico y/o a actividades ligadas al desarrollo económico. Es por ello que, dada la gran extensión de la zona en análisis y a la gran cantidad de sistemas (con grandes diferencias estructurales entre ellos), serán pocos servicios posibles de ser evaluados de forma transversal para todos los humedales del área de estudio. En la Tabla 2-165 se detallan los servicios ecosistémicos posibles de ser evaluados con la herramienta numérica. Junto lo anterior, se entrega la evaluación realizada sobre la aplicación/evaluación de cada uno de ellos en el análisis de este estudio.

Tabla 2-165. Servicios ecosistémicos contenidos en InVEST y resumen de la evaluación de la aplicación de ellos en la evaluación.

	Servicio Ecosistémico	**Evaluado**	**¿Por qué?**
	Servicios ecosistémicos de apoyo		
1	Calidad de agua marina	No	No existe medio marino.
2	Evaluación de riesgos de hábitat	No	Evaluación apuntada a la evaluación de riesgos específicos y de carácter antrópico (principalmente). Las "amenazas" existentes son consideradas en la evaluación de Calidad de hábitat.
3	**Calidad de hábitat**	Si	**Servicio de apoyo, beneficio general/transversal, el cual permite la existencia de los otros servicios.**
	Servicios ecosistémicos finales		
4	Almacenamiento y fijación de carbono: Regulación del clima	No	No existe un inventario suficiente para la evaluación de las fuentes de carbono ("*carbon pools*") para toda la región, por lo que su aplicación no puede a nivel general.
5	Almacenamiento y fijación de carbono azul: Regulación del clima	No	Aplicación a ecosistemas marinos.
6	Producción de agua: reservorio de producción hidroeléctrica	No	No existe la capacidad de generación.
7	Retención de nutrientes: Purificación del agua	No	Sistemas corresponde, en general, a sistemas fuente de agua, por lo que no son tratados como sistemas purificadores. En particular, gran parte de los sistemas son generadores de biología, y por lo tanto, generadores de nutrientes.
8	Retención de sedimentos: Evitar dragado y purificación del agua	No	Sistemas corresponde, en general, a sistemas fuente de agua, por lo que no corresponderán a sistemas purificadores.
9	Abundancia de polinizadores: polinización de cultivos	No	No existen cultivos extensivos en los sistemas caracterizados.
10	Exposición de costas y vulnerabilidad	No	No existe sistema marino asociado.

	Servicio Ecosistémico	Evaluado	¿Por qué?
	Servicios ecosistémicos de apoyo		
11	Atenuación de olas y reducción de la erosión	No	No existe sistema marino asociado.
12	Vistas no obstruidas: provisión de calidad escénica	No	Sistemas expuestos y sin proyección de cambio en vistas
13	**Recreación y turismo basado en naturaleza**	**Si**	
14	Gestión de producción de madera	No	Sistemas sin capacidad forestal.
15	Producción de energía por oleaje	No	No existe sistema marino asociado.
16	Producción de energía eólica costa afuera	No	No existe sistema marino asociado.
17	Producción acuícola peces marinos	No	No existe sistema marino asociado.

A continuación se describe el tratamiento que le da el modelo a dos servicios ecosistémicos: calidad de hábitat (servicio ecosistémico de soporte) y recreación y turismo (servicio ecosistémico cultural), correspondientes a los dos servicios posibles de ser evaluados para todo el territorio.

2.4.1.2.1 Recreación y turismo

Las personas deciden visitar un determinado lugar influenciados por diferentes atributos, como la existencia de caminos para la accesibilidad, historia y cultura del lugar, seguridad, o características ambientales como calidad del agua, cantidad de peces, etc. Estos atributos dependen de cada sitio, y se combinan linealmente para dar como resultado el número de visitas que tendrá un lugar.

Datos requeridos

- Área de interés (shape).
- Datos espaciales globales (información de atributos espaciales a nivel global provistos por el modelo de InVEST, que el usuario puede incluir de forma opcional).

Procesos modelados

El modelo de recreación y turismo de InVEST predice la extensión de días y personas en recreación, de forma espacial. En ausencia de la información del número de visitas (y_i), el modelo utiliza como sustituto el número total de fotografías por persona por día, subidas por usuarios a los lugares de interés en el sitio web *flickr.* Muchas de las fotografías en *flickr* llevan asignada una coordenada geográfica y la fecha en la cual la fotografía fue tomada. El modelo de InVEST calcula el total de días por año que un usuario tuvo al menos una fotografía dentro de cada celda, y entrega el número medio anual de foto-usuario-día entre los años 2005 y 2012 (Pechanec *et al.*, 2014).

Folio007250

InVEST relaciona las coberturas de los atributos con el resultado de la tasa de visitas, estimando la contribución de cada atributo en una regresión lineal simple:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \cdots + \beta_p x_{ip} \quad \text{para } i = 1 \ldots n$$

Donde y_i corresponde a la tasa de visitas en la celda i, x_{ip} es la cobertura de cada atributo en cada celda i, dentro de un área de interés (AOI) que contiene n celdas, y β_p corresponde a los efectos de cada atributo. De esta forma se obtienen los valores de los efectos de cada atributo (β_p), los cuales pueden ser utilizados en InVEST para predecir cómo los futuros cambios en el paisaje alterarán las tasas de visitas.

La herramienta genera un mapa que muestra los patrones actuales del uso recreativo, ya sea en su estado actual o en algún escenario futuro.

Limitaciones y alcances

Se debe considerar que el modelo de recreación para un estado actual, corresponderá a la visualización espacial del número de fotografías por usuario por día, que hayan sido subidas al sitio web *flickr* (en el período de tiempo indicado anteriormente), por lo que representa una aproximación para identificar los sitios más visitados, pero no refleja el número real de visitas de los sitios, dado que sólo una porción de los visitantes corresponden a usuarios de *flickr*. Sin embargo, al identificar los sitios con mayor número de fotografías, permite al usuario poder reconocer los sectores más expuestos al turismo dentro del área de estudio.

Actores vinculados

El servicio de “recreación y turismo” se encuentra asociado en este caso, a los actores más relevantes de la región, correspondiente a las comunidades que utilizan y, en cierto grado, dependen de los sistemas naturales. Esta dependencia en muchos casos proviene de su vinculación cultural a los sistemas naturales, la cual ha permitido el desarrollo de la actividad de turismos cultural en la zona. Así, este tipo de turismo les ha permitido a las comunidades la generación de un plan de desarrollo y gestión de los sistemas naturales, asegurando tanto el cuidado del patrimonio como también una vía de desarrollo económico.

2.4.1.2.2 Calidad de hábitat

Los patrones de biodiversidad son estimados utilizando mapas de uso y cobertura de suelos, en conjunto con las amenazas a las que se expone el área de estudio. El resultado de calidad de hábitat es función de 4 factores principales: el impacto relativo de cada amenaza, la sensibilidad relativa de cada tipo de hábitat a cada amenaza, la distancia entre los hábitats y las fuentes de amenazas y el grado en que el área está legalmente protegida.

Datos requeridos

- Mapa de uso y cobertura de suelos.
- Datos de amenazas.
- Fuentes de amenazas.
- Accesibilidad a las fuentes de degradación (opcional).

Folio007251

- Tipos de hábitat y sensibilidad de cada tipo de hábitat a cada amenaza.
- Constante de saturación-media.

Procesos modelados

La calidad de hábitat en la celda x con uso y cobertura de suelo del tipo j está dado por Q_{xj}:

$$Q_{xj} = H_j\left(1 - \frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + k^z}\right)$$

Donde H_j representa la idoneidad del hábitat del uso y cobertura de suelo tipo j. A través de este índice, el usuario define qué tipo de uso y cobertura de suelo puede proveer hábitat para el objetivo de conservación que se desee analizar (especie o grupo de especies que se esté analizando). El índice debe tomar valores entre 0 y 1, y para simplificar se puede tomar una aproximación binaria, en la que se le asigna el valor 1 a los usos de suelo que se consideren hábitat y 0 a los que no. Los parámetros k y z son constantes, con $z = 2{,}5$ y $k = 0{,}5$, pero este último puede ser modificado por el usuario para calibración.

Por último, D_{xj} corresponde al nivel total de amenaza en la celda x y uso y cobertura de suelo tipo j, dado por:

$$D_{xj} = \sum_{r=1}^{R}\sum_{y=1}^{Y_r}\left(\frac{w_r}{\sum_{r=1}^{R} w_r}\right) r_y i_{rxy} \beta_x S_{jr}$$

Donde w_r corresponde al peso relativo de cada amenaza (tomando valores de 0 a 1) a todos los tipos de hábitat; r_y corresponde a la amenaza originada en la celda y; i_{rxy} al impacto de la amenaza r originada en la celda y en el hábitat de celda x; β_x al nivel de accesibilidad en la celda x, en relación al grado de protección legal, institucional o social que tenga el hábitat (será igual a 1 para todas las celdas si no existen estas mitigaciones); y S_{jr} a la sensibilidad relativa de tipo de hábitat j a la amenaza r (índice entre 0 y 1, donde 1 indica mayor sensibilidad).

Limitaciones y alcances

El modelo de Calidad de Hábitat representa cada amenaza de forma espacial con una influencia radial (pudiendo definir que esta influencia es lineal o exponencial), lo que no siempre corresponde a la verdadera influencia de una amenaza. Por ejemplo, en el caso de una extracción de agua en un cauce, la influencia real es hacia aguas abajo de ésta. Este aspecto se debe considerar para interpretar correctamente los resultados.

Por otro lado, los valores de sensibilidad de un determinado hábitat a cada amenaza son difíciles de determinar y en general son estimados a través de criterio de expertos. Se debe tener en cuenta que el modelo responderá a los valores entregados por el usuario de sensibilidades y pesos de amenazas, por lo que una mala estimación en estos parámetros repercutirá directamente en el resultado.

Por último, es necesario tener en cuenta que el resultado del modelo permite identificar zonas de hábitat más y menos sensibles, con respecto únicamente a las amenazas consideradas por el usuario.

A pesar de las limitaciones descritas, el modelo InVEST es reconocido como una buena alternativa para la modelación de los servicios ecosistémicos, a través de modelos que se encuentran bien documentados y que han aparecido en la literatura reciente (Bagstard *et al.*, 2012).

Actores vinculados

El servicio de "calidad de hábitat" corresponde a un servicio de apoyo, el cual se liga con existencia del sistema mismo, y permitiendo el desarrollo de los otros servicios. Es por ello que es servicio es de beneficio general/transversal, vinculando a todos los Actores y usuarios que tengan alguna relación con el sistema. Además, debido a la relevancia de estos sistemas en el desarrollo de las comunidades locales, es posible inferir que estos últimos corresponderían al principal actor vinculado a este servicio.

2.4.1.3 Implementación del modelo InVEST a la zona de estudio

A continuación se describe la implementación en el software InVEST de los dos servicios ecosistémicos descritos. El primero corresponde al servicio recreativo, y el segundo al de calidad de hábitat. Las aplicaciones se realizaron para escenarios actuales y hasta el nivel de "servicio" (ver Figura 2-125), es decir cuantificando el servicio de forma espacial y de magnitud a través de índices de presencia relativa.

2.4.1.3.1 Recreación y turismo

Ingresando el área de interés en el modelo InVEST, se obtuvieron los puntos con mayor número de visitas, los cuales se indican en la Figura 2-126. Como se mencionó en la descripción del modelo, los números de visitas están asociados al número de fotografías subidas por los usuarios a la plataforma *flickr.* Del resultado se aprecian dos sectores con alta concentraciones de visitas, que corresponden a San Pedro de Atacama y Calama. Además, se aprecian otros sectores destacados en las cercanías de estos centros poblados (colores naranjo y amarillo en la Figura 2-126).
Las zonas con mayor presencia de humedales se encuentran al noreste del área de estudio, donde prácticamente en todo el sector se presenta un número base de visitas. En la zona sur del área de estudio, en cambio, hay sectores sin registro de visitas. Por lo tanto, se puede interpretar que existe un alto número de visitas en zonas cercanas a humedales del área de estudio.

Folio007253

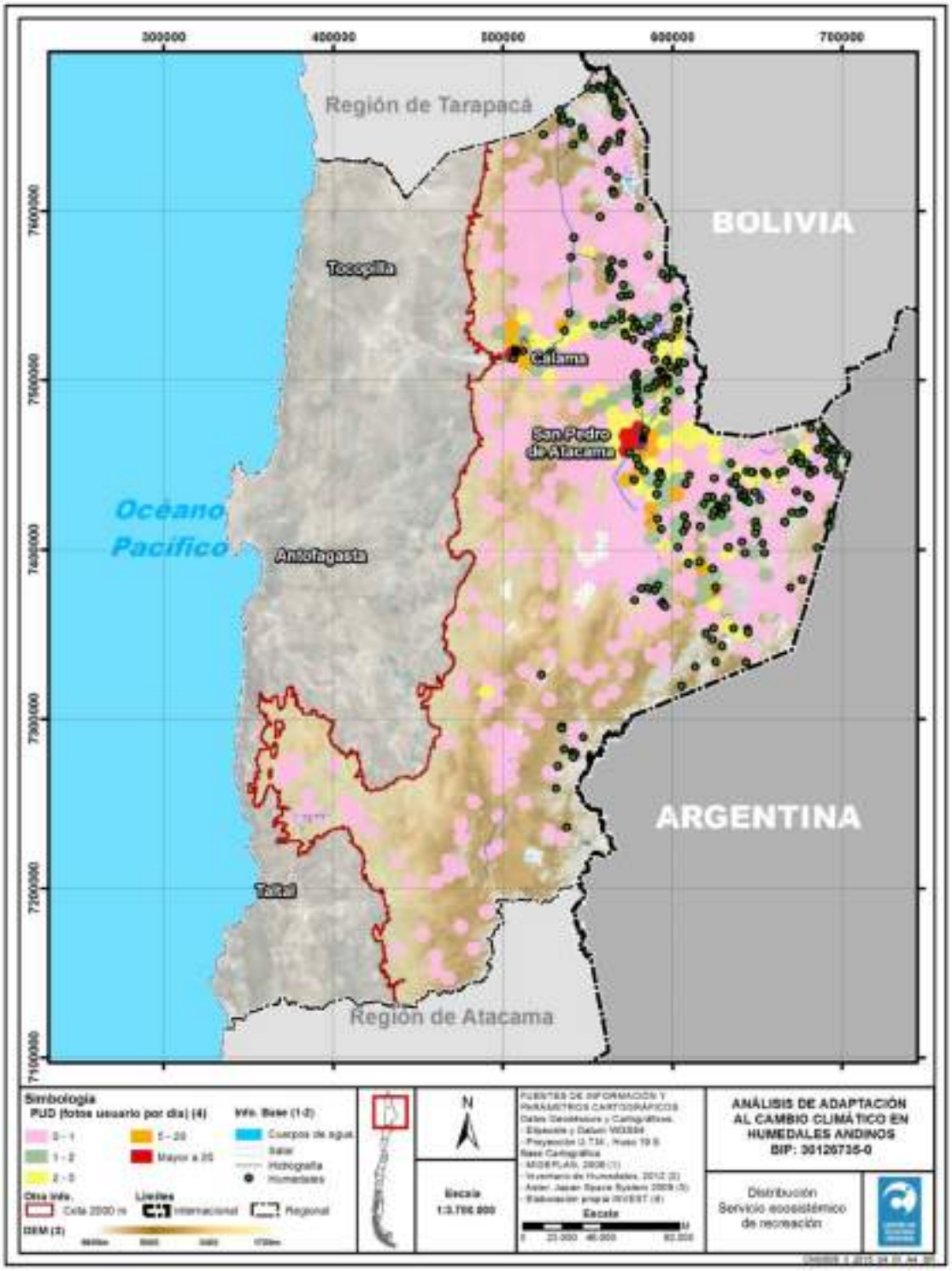


Figura 2-126. Distribución del servicio ecosistémico de recreación en área de estudio

Folio007254

2.4.1.3.2 Calidad de hábitat

El modelo elaborado pretende determinar la calidad de hábitat en los humedales, incluyendo cuerpos de agua y sistemas vegetacionales, a través de un índice de calidad de hábitat representado en un mapa del área de estudio. Este índice toma valores entre 0 y 1, donde 1 corresponde a las zonas con mayor calidad de hábitat y 0 con menor. Para efectos del modelo, todas las zonas que no corresponden a humedales, no serán considerados hábitat y por lo tanto tomarán un valor del índice de calidad igual a 0. El modelo fue generado considerando una grilla con tamaño de celda de 100 m.

El mapa de calidad de hábitat se genera a partir de los input de uso de suelos (que indicará la ubicación de los humedales), las amenazas que afectan a estas zonas y el grado de protección legal que tiene el sitio en estudio. A medida que un punto está más expuesto a amenazas de distinto tipo, la calidad de hábitat disminuye.

En la presente sección se describe el modelo desarrollado con el software InVEST, incluyendo los inputs considerados y el resultado obtenido.

Inputs

Uso y cobertura de suelos

El mapa de uso y cobertura de suelo es la base que utiliza el modelo para determinar los hábitat a analizar. Para seleccionar los sistemas a considerar como hábitats, se utilizaron los polígonos de vegetación identificados por el índice NDVI a partir de imágenes Landsat. Los polígonos considerados incluyeron los cuerpos vegetacionales, que incluyen tanto a vegas y bofedales como a otros cuerpos adicionales. Además se incluyeron los cuerpos de agua de la región, los cuales en muchos casos están estrechamente relacionados a los cuerpos vegetacionales identificados por el índice NDVI. En la Figura 2-127 se presenta el mapa ingresado, con el cual el modelo asocia espacialmente los valores asignados de sensibilidad de cada uso de suelo a cada amenaza.

Folio007255

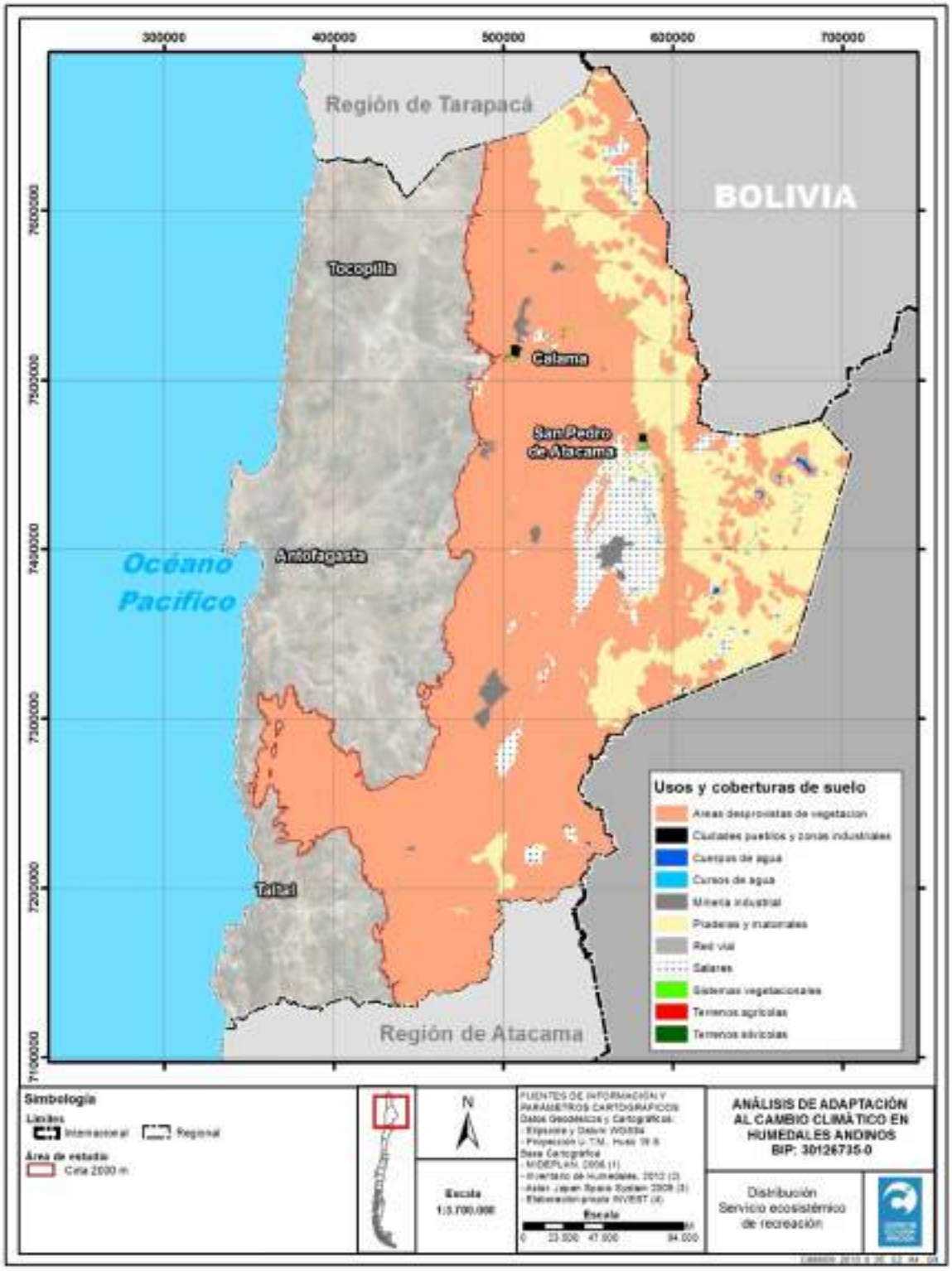


Figura 2-127 Mapa de uso y cobertura de suelos considerado para la modelación del servicio ecosistémico de Calidad de Hábitat.

Folio007256

Amenazas

La elección de las amenazas se basó en el análisis multicriterio realizado en el estudio BIP 30126593-0: "Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos", de donde se consideraron 6 amenazas: extracción de agua superficial, extracción de agua subterránea, zona de pastoreo, zona de bebedero, presencia de centros poblados y superficie. La amenaza de centros poblados fue completada con la información de grandes ciudades y de poblados menores. Además, se incluyeron algunas amenazas adicionales, como recreación y turismo, faenas mineras y red vial. Por lo tanto, se consideró un total de 9 amenazas. Cada una de las amenazas se debió introducir al modelo en formato *raster,* en el cual se identifica el valor de la amenaza distribuido espacialmente, en un rango de 0 a 1 (con 0 ausencia de la amenaza y 1 presencia) y otorgando en algunos casos valores intermedios escalados según algún parámetro relevante. La influencia de las amenazas decae de forma lineal o exponencial hasta una distancia máxima señalada.

El detalle de los valores ingresados a las amenazas se presenta en formato digital dentro del **Anexo B.**
A continuación se describe cada una de las amenazas introducidas en el modelo, así como las fuentes de donde fueron obtenidas y los supuestos asociados.

- *Extracciones de aguas subterráneas y superficiales*: Se consideraron los derechos de agua, tanto superficiales como subterráneos de forma escalada según su caudal, de manera de considerar una amenaza mayor para los caudales mayores. Los valores de la amenaza se generaron linealmente entre 0 y 1, para lo que se utilizaron los caudales recopilados en el estudio "Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos / BIP 30126593-0". Se consideró un área de influencia de 30 km de radio para cada punto de extracción de agua. La influencia de la amenaza consideró un decaimiento lineal para el caso de los derechos de agua superficial y exponencial para el caso de los subterráneos. En la Tabla 2-166 se indican de forma resumida la equivalencia entre caudales y el índice de cada amenaza. El detalle de las extracciones consideradas y sus respectivos índices asociados se presenta en el **Anexo B.**

Folio007257

Tabla 2-166. Equivalencia entre caudales de extracción de agua superficial y subterránea y el índice de amenaza.

Agua superficial		Agua subterránea	
Caudal [l/s]	**Índice**	**Caudal [l/s]**	**Índice**
[180, ∞[	1.0	[180, ∞[	1.0
[130, 180[	0.9	[150, 180[	0.9
[110, 130[	0.8	[135, 150[	0.8
[100, 110[	0.7	[105, 135[	0.7
[70, 100[	0.6	[80, 105[	0.6
[50, 70[	0.5	[59, 80[	0.5
[30, 50[	0.4	[35, 59[	0.4
[10, 30[	0.3	[11.5, 35[	0.3
[0.1, 10[	0.2	[0.02, 11.5[	0.2
]0, 0.1[	0.1	]0, 0.02[	0.1
0.0	0.0	0.0	0.0

- *Zonas de pastoreo y bebederos:* El ganado constituye una amenaza debido a que produce, por pisoteo o ramoneo, efectos negativos directos sobre la vegetación, a través del consumo de tejido fotosintético y la eliminación de partes reproductivas de las plantas (Tadey, 2008). En el área de estudio se tiene registro de zonas definidas de pastoreo y bebederos, según la información cartográfica considerada en el estudio “Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos / BIP 30126593-0”. Los valores de estas amenazas se consideraron como 1 y 0, donde 1 representa la presencia de zonas de pastoreos o bebederos y 0 la ausencia.

- *Recreación y turismo:* Las actividades de recreación y turismo generan alteraciones en el medio natural de forma inevitable, incluso de parte de los usuarios más consientes (Tejedo, 2012), por lo que representa una de las amenazas a la calidad del hábitat. Las zonas más visitadas dentro del área de estudio corresponden a las ciudades de San Pedro de Atacama y Calama (ver Figura 2-126). Para la implementación de esta amenaza, se utilizó el mapa generado con InVEST en el modelo de recreación, descrito en la sección anterior. Los valores de este *raster,* correspondientes a fotos por usuario por día, se escalaron entre 0 y 1 a partir de los resultados entregados por el modelo. En la Tabla 2-167 se presenta esta equivalencia, y en el **Anexo B** se presenta el detalle de cada uno de los valores obtenidos con su equivalencia al valor de la amenaza.

Folio007258

Tabla 2-167. Equivalencia entre índice de fotos por usuario por día (PUD) e índice de amenaza.

PUD	Índice
[17, ∞[	1.0
[15, 17[	0.9
[13, 15[	0.8
[11, 13[	0.7
[9, 11[	0.6
[7, 9[	0.5
[5, 7[	0.4
[3, 5[	0.3
[1, 3[	0.2
[0.1 - 1[	0.1
0.0	0.0

- *Centros poblados:* Al igual que la recreación y turismo, se consideró que la cercanía a centros poblados representa una amenaza para los humedales. Para efectos de ingresar esta amenaza al modelo, se dividió en dos amenazas distintas: la primera considera los grandes centros poblados (con poblaciones mayores a los 600 habitantes), donde se incluyen las ciudades como Calama y Chuquicamata; la segunda considera los poblados menores y las comunidades indígenas. Para la amenaza de grandes poblados se delimitaron las áreas de las ciudades y se les asignó un valor de amenaza entre 0 y 1, escalado según su población (estos valores se presentan en la Tabla 2.168 y en el Anexo B). Para la amenaza de poblados menores, en cambio, se consideraron amenazas puntuales, con valores de presencia y ausencia (1 y 0, respectivamente). Para diferenciar entre los grandes poblados y los pequeños, el peso considerado para ambos fue diferente, dándole un mayor peso a los grandes centros poblados. Además, dado que los grandes poblados se delimitaron según sus áreas, afectan directamente zonas de mayor tamaño. Para ambos tipos de amenaza, se consideró una influencia de 20 km, de forma lineal.

Folio007259

Tabla 2.168. Equivalencia entre poblaciones y el índice de amenaza.

Nombre	Población (2002)	Índice
Toconao	630	0.00
San Pedro de Atacama	1938	0.02
Chuquicamata	10465	0.08
Calama	126796	1.00
Estación Zaldívar	9053	0.07

- *Superficie:* Se consideró la hipótesis de que a menor superficie, mayor es la vulnerabilidad del sistema, por lo tanto el área fue considerada como una amenaza, utilizando un índice entre 0 y 1, donde el valor 1 se asoció a los humedales de menor área y 0 a los de mayor área. Para generar este índice, se calcularon las áreas de los polígonos identificados como vegetación y cuerpos de agua, y se escalaron de 0 a 1.

- *Faenas mineras*: A partir del catastro de faenas mineras del Sernageomin (2011), se identificaron las zonas del área de estudio correspondientes a faenas mineras. Se consideraron para este efecto las áreas correspondientes a concesión de explotación, con estado vigente, tanto de minería metálica como no metálica y que perteneciera a los siguientes tipos de instalaciones: plantas de procesamiento, mina a rajo abierto, fundición, depósitos y planta molienda. Los valores de esta amenaza se consideraron como 1 y 0, donde 1 representa la presencia de zonas mineras y 0 la ausencia.

- *Red vial*: Se consideró la amenaza de caminos, a partir de la información de red vial del Mideplan (2006). Los valores de esta amenaza fueron considerados como 1 y 0, según su presencia y ausencia.

La Tabla 2-168 corresponde a la tabla de amenazas ingresada al modelo, donde se indican las distancias máximas de influencia consideradas, el peso de las amenazas y el tipo de decaimiento de la influencia (el cual puede ser lineal o exponencial). Se consideró una distancia máxima de influencia de 2 km para las amenazas que poseen un mapa de distribución definido por zonas (pastoreo, bebederos, superficie, faenas mineras y red vial), ya que sus mapas ya indican un área de influencia, mientras que para las amenazas definidas a partir de puntos y para la de grandes poblados, se consideraron distancias mayores de influencia (de 20 y 30 km, ver Tabla 2-168).

Folio007260

Tabla 2.169. Datos de distancia máxima, peso relativo y tipo de decaimiento para cada amenaza.

Amenaza	Distancia máxima [km]	Peso relativo	Decaimiento
Extracción de agua superficial	30	0.21	Lineal
Extracción de agua subterránea	30	0.21	Exponencial
Zona de pastoreo	2	0.03	Exponencial
Zona de bebedero	2	0.02	Exponencial
Superficie	2	0.05	Exponencial
Recreación y turismo	20	0.13	Lineal
Centros poblados: grandes poblados	20	0.13	Lineal
Centros poblados: poblados menores	20	0.08	Lineal
Faenas mineras	2	0.10	Exponencial
Red vial	2	0.04	Lineal

Los valores de sensibilidad de los hábitats modelados se indican en la Tabla 2-169. Se consideró que la amenaza a la que los humedales son más sensibles corresponde a la extracción de agua.

Tabla 2.170. Valores considerados de sensibilidad de cada uso de suelo a cada amenaza.

Amenazas	Sensibilidades		
	Cuerpos de agua	Sistemas vegetacionales	Otros usos de suelo
Extracción de agua superficial	1.0	1.0	0.0
Extracción de agua subterránea	1.0	1.0	0.0
Zona de pastoreo	0.5	0.6	0.0
Zona de bebedero	0.6	0.5	0.0
Superficie	0.4	0.4	0.0
Recreación y turismo	0.7	0.7	0.0
Grandes poblados	0.7	0.7	0.0
Pequeños poblados	0.6	0.6	0.0
Faenas mineras	0.7	0.7	0.0
Red vial	0.6	0.6	0.0

En las Figura 2-128, Figura 2-129, Figura 2-130, Figura 2-131 y Figura 2-132 se muestran los mapas ingresados para cada una de las amenazas consideradas en el análisis.

Folio007261

Grado de accesibilidad al área de estudio

Se consideró cierto grado de protección en las zonas de conservación y/o protección ambiental que están presentes en el área de estudio, y que han sido definidas por el MMA (IHZPA). En el modelo se ingresan las áreas sin protección con un valor igual a 1 y las áreas protegidas de forma efectiva con un valor igual a 0. A los sitios RAMSAR y SNASPE se les asignó un valor de 0,6, a las Áreas Prioritarias de Conservación se le asignó un valor de 0,9, y al resto del área de estudio un valor de 1.

El valor de accesibilidad se encuentra como factor dentro del cálculo total de amenazas, por lo que al indicar que una zona está protegida totalmente (valor igual a 0), la amenaza sobre este punto desaparece y la calidad de hábitat es máxima. Es por esto que se considera sólo cierto grado de protección, ya que no sería real que las amenazas desaparecieran completamente.

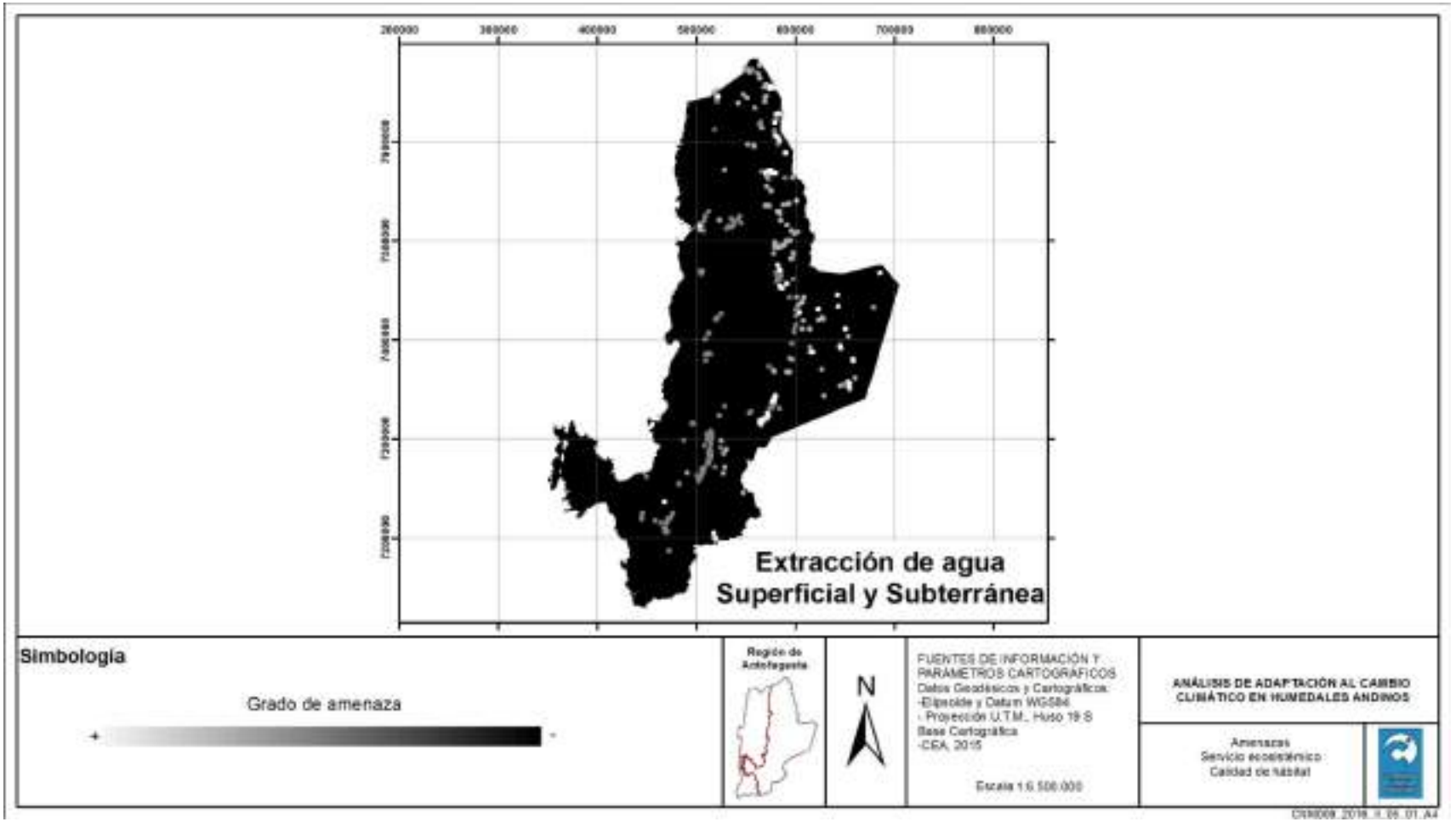


Figura 2-128. Mapas de amenazas consideradas para el modelo de Calidad de Hábitat en InVEST: Extracciones de agua Superficial y Subterránea. Las zonas en blanco indican los valores de máxima amenaza.

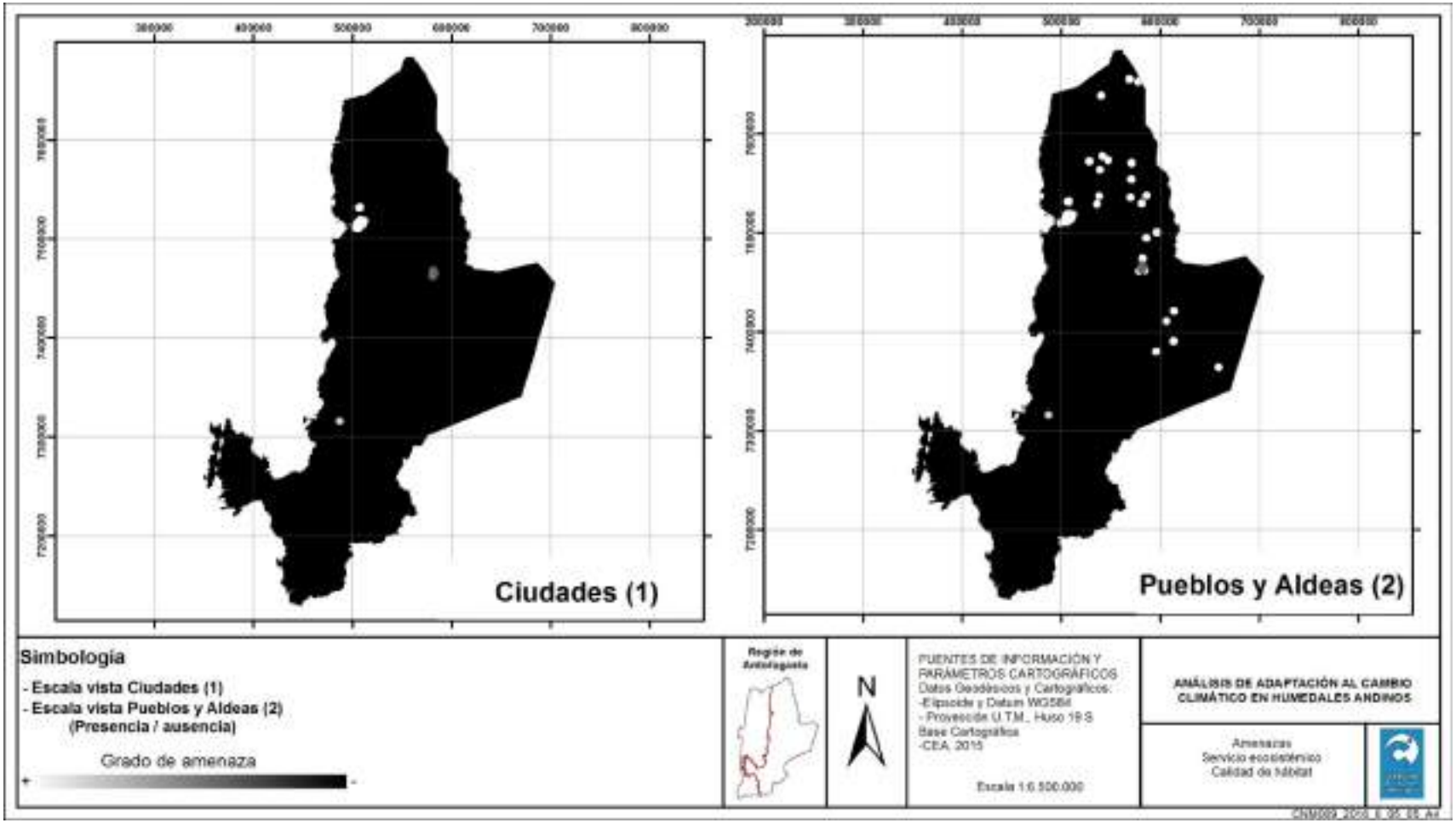


Figura 2-129. Mapas de amenazas consideradas para el modelo de Calidad de Hábitat en InVEST: (Izquierda) Centros poblados: Ciudades y (Derecha) Centros poblados: Pueblos y aldeas. Las zonas en blanco indican los valores de máxima amenaza.

Folio007264

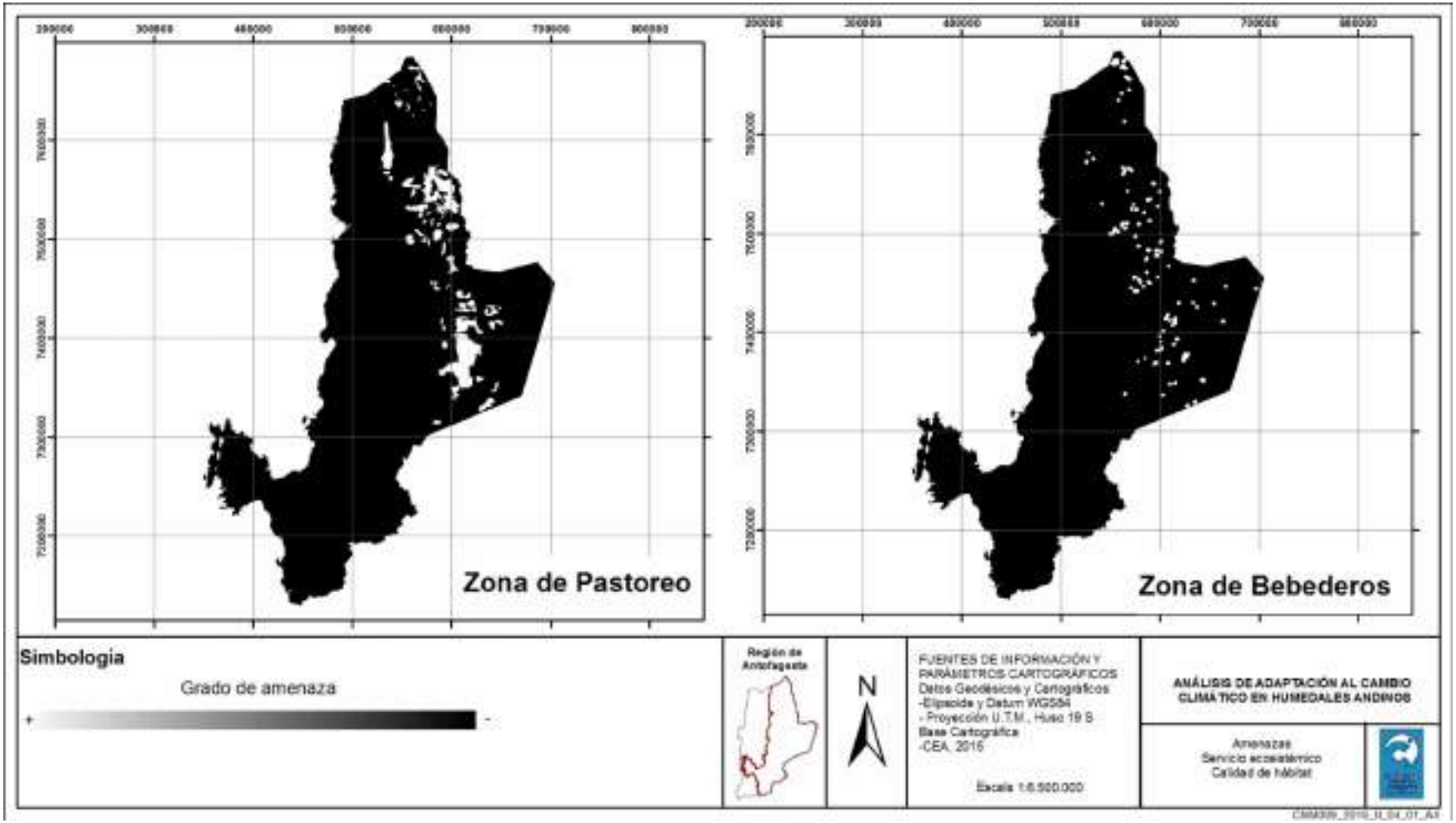


Figura 2-130. Mapas de amenazas consideradas para el modelo de Calidad de Hábitat en InVEST: (Izquierda) Zona de Pastoreo y (Derecha) Zona de Bebederos. Las zonas en blanco indican los valores de máxima amenaza.

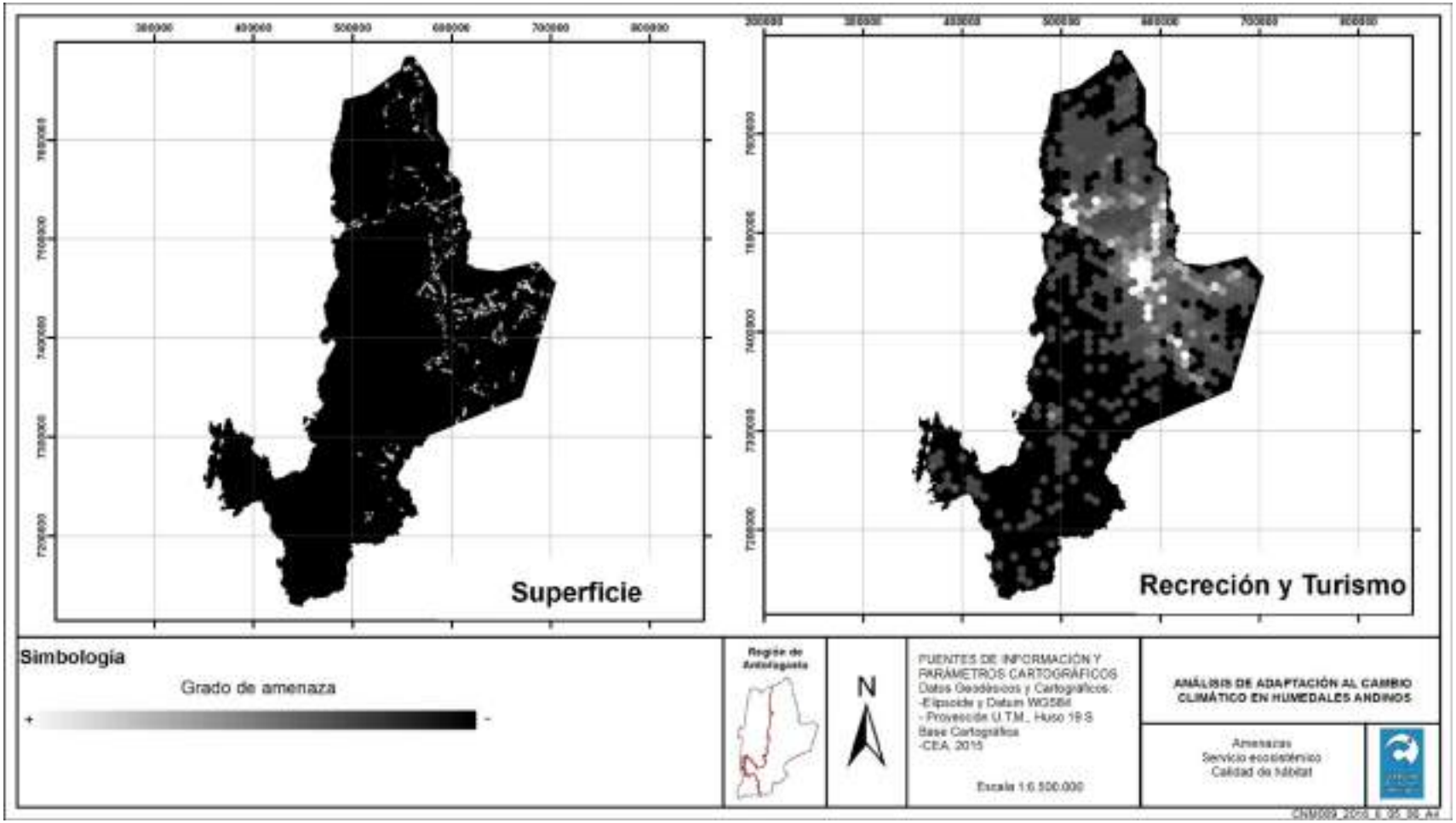


Figura 2-131. Mapas de amenazas consideradas para el modelo de Calidad de Hábitat en InVEST: (Izquierda) Superficie y (Derecha) Recreación y Turismo. Las zonas en blanco indican los valores de máxima amenaza.

Folio007266

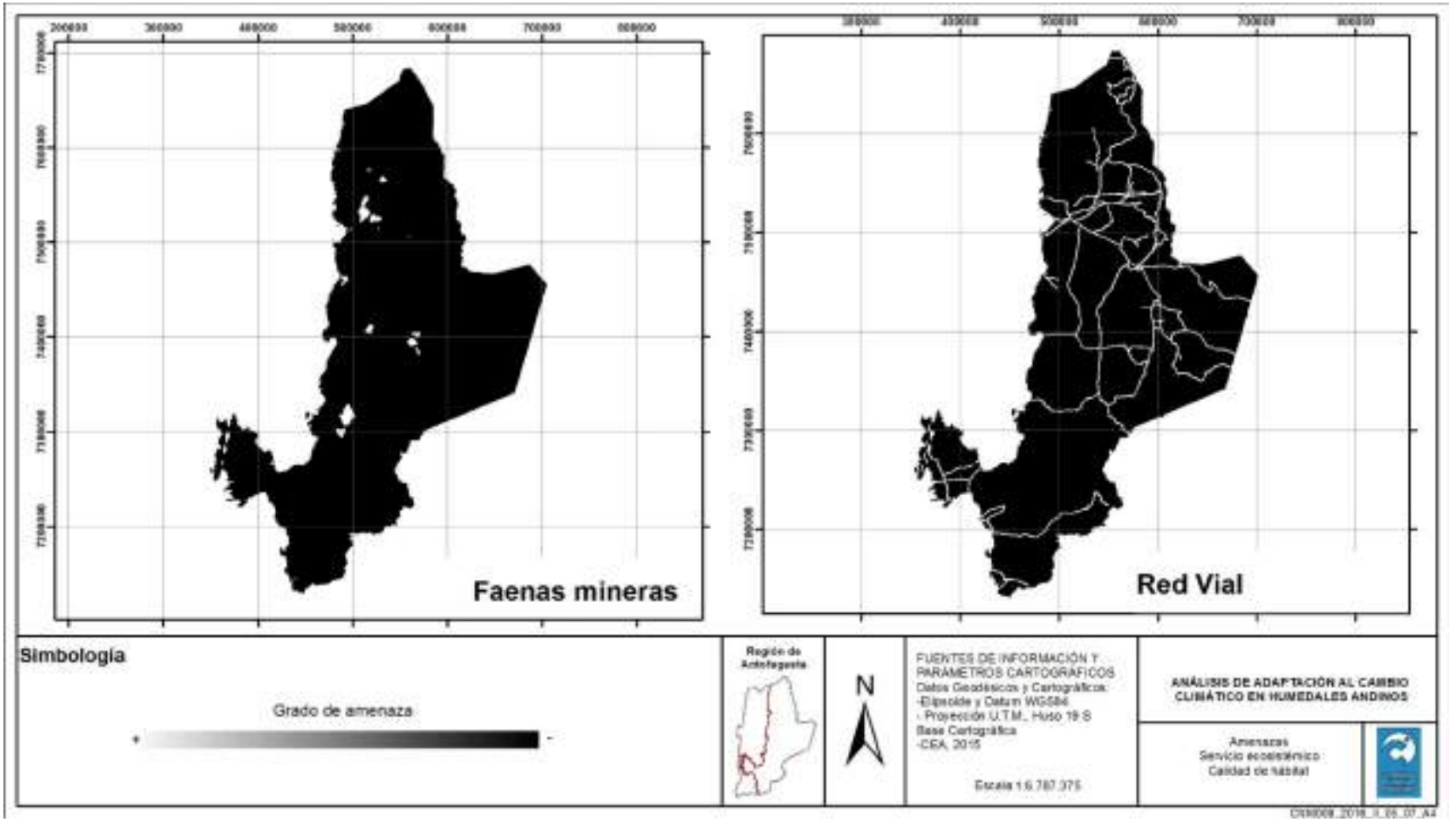


Figura 2-132. Mapas de amenazas consideradas para el modelo de Calidad de Hábitat en InVEST: (Izquierda) Faenas mineras y (Derecha) Red vial. Las zonas en blanco indican los valores de máxima amenaza.

Folio007267

Resultado

El resultado del modelo de calidad de hábitat es la ponderación de la influencia de todas las amenazas y de las áreas de protección, obteniendo para cada celda un valor de índice de calidad de hábitat, que nos indica el estado del sistema. El resultado de este modelo se presenta en la Figura 2-133, donde se indica de forma gráfica el valor del índice de calidad de hábitat. Los humedales en color rojo corresponden a los más amenazados, y por lo tanto, con menor índice de calidad de hábitat. Los humedales en color verde, en cambio, reciben la influencia de un menor número de amenazas y su índice se mantiene alto. Se debe tener en cuenta que el índice corresponde a una valoración relativa entre los humedales.

En general, los valores de calidad de hábitat bajos (polígonos en color naranjo a rojo) responden a la amenaza de derechos de aguas cercanos, tanto superficiales como subterráneos, que fueron definidas como las amenazas de mayor peso. Sin embargo, hay zonas que pueden no tener influencia de ninguna amenaza de mucho peso, pero que están afectadas por un gran número de amenazas menores, provocando que el índice de calidad de hábitat calculado en ese punto sea bajo.

Para poder correr el modelo de forma de cruzar todas las capas de información, fue necesario estimar de forma espacial las superficies de hábitats y de amenazas. Es por esto que los sectores considerados como sistemas vegetacionales corresponden a los resultados estimados a partir de imágenes Landsat con el índice NDVI, con lo cual no es posible realizar una distinción entre un sistema zonal y uno azonal (humedales en estudio). Esto provoca que el resultado del modelo abarque no solamente los humedales, sino que también indique algunos sectores que no corresponden a humedales, como por ejemplo la localidad de San Pedro de Atacama, la cual presente un alto valor en el mapa de NDVI por la presencia de vegetación de tipo zonal. Por esta razón, en algunos casos los polígonos pueden no estar directamente asociado a los humedales. Para identificar la cercanía de los humedales, en el mapa de la Figura 2-133 se indica los puntos de éstos, correspondientes a los identificados en el estudio “Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos / BIP 30126593-0” a partir del SITHA.

Se observa que los humedales en la zona sur del área de estudio presentan mayor calidad de hábitat (presentando un color verde oscuro en el mapa de la Figura 2-133), mientras que en la zona centro y norte, los índices de calidad de hábitat decaen, lo que responde a la distribución de las amenazas consideradas.

Folio007268

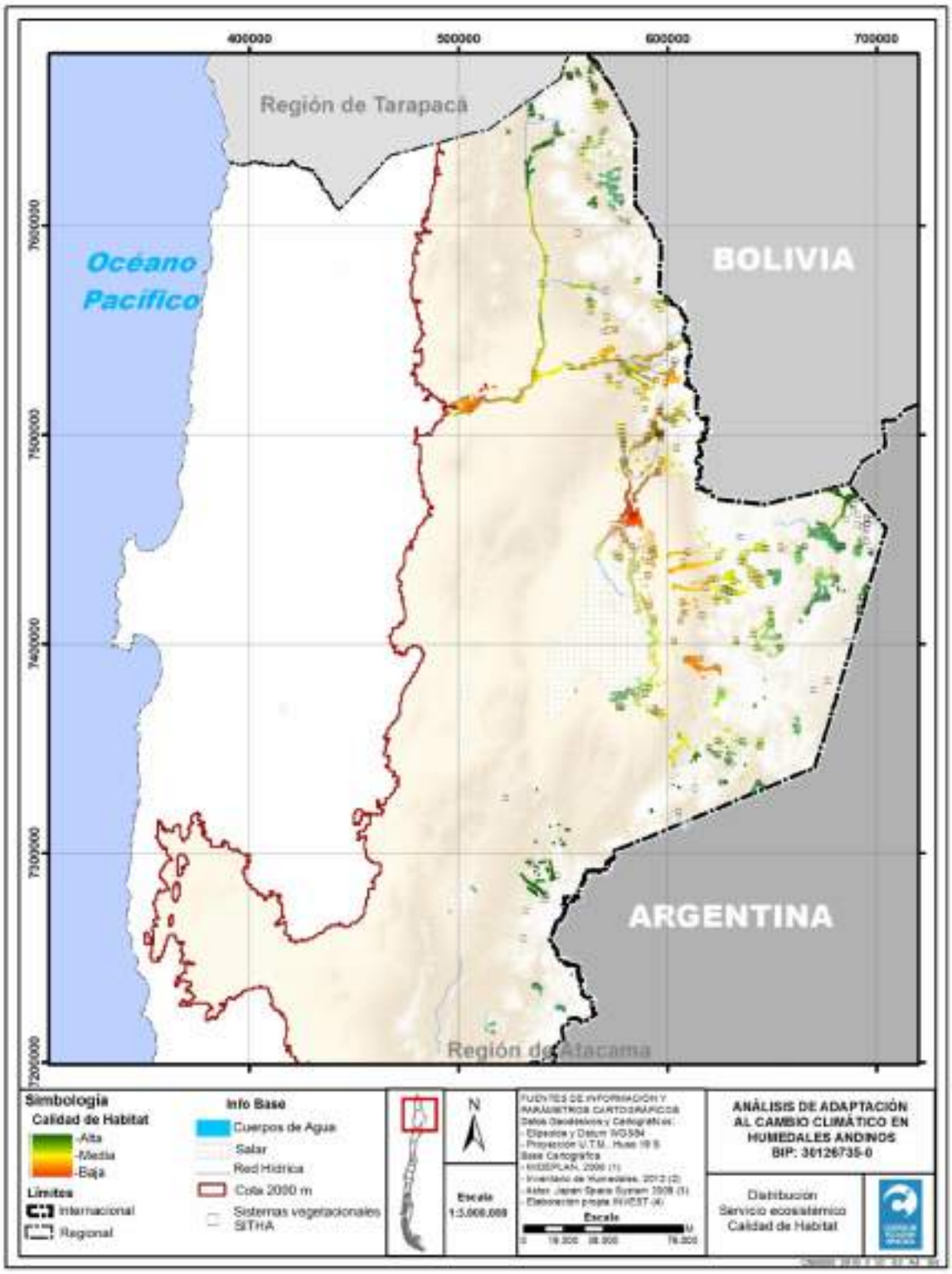


Figura 2-133. Resultado preliminar del modelo de servicio ecosistémico de Calidad de Hábitat, enfocado en humedales.

Folio007269

2.4.1.4 Identificación de los usos, presiones, amenazas y servicios ecosistémicos de los humedales en análisis

Para identificar las interacciones existentes entre los humedales presentes en la zona de estudio y las actividades antrópicas que se desarrollan al interior o en el entorno de estos sistemas, es que se consideraron tanto las bases (inputs) como los resultados del modelo INVEST, para determinar los usos/presiones/amenazas y los servicios ecosistémicos asociados a cada uno de los humedales identificados en el estudio.

Para ello se consideraron las siguientes variables: Extracción de agua superficial, extracción de agua subterránea, zona de pastoreo, zona de bebedero, presencia de centros poblados, recreación y turismo y calidad del hábitat. Luego se determinó la existencia o no de estas variables, y en el caso que corresponde el nivel o condición del sistema, considerando que el resultado el INVEST fuera no nulo.

Para el caso de la "recreación y turismo" y "calidad de hábitat", se realizó una categorización del estado de los humedales según el valor entregado por el modelo. La Tabla 2-171 muestra la categorización realizada para recreación y turismo, mientras que la Tabla 2-172 indica la categorización de calidad de hábitat.

Tabla 2-171. Categorización de la prestación del servicio ecosistémico de recreación y turismo del humedal.

Valor	Categoría
Igual a 0	No
Entre 0 y 0,25	Bajo
Entre 0,25 y 0,75	Medio
Mayor a 0,25	Alto

Tabla 2-172. Categorización de la prestación del servicio ecosistémico de apoyo de calidad hábitat del humedal.

Valor	Categoría
Menor a 0,25	Baja
Entre 0,25 y 0,75	Media
Mayor a 0,25	Alta

Los resultados fueron separados por Cuerpos de Agua Agrupados (CA) y Vegas-Bofedales (VB), y los cuale se entregan en la Tabla 2-173 y Tabla 2-174 respectivamente. Además, esta información puede encontrarse en Anexo B (Anexo B\1_Bases_Datos\BD_Humedales).

Folio007270

Tabla 2-173. Resumen de usos, presiones, amenazas y servicios ecosistémicos en cuerpos de agua del análisis.

				Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	**Nombre**	**Norte**	**Este**	**Zona de bebedero**	**Presencia de centros poblados**	**Extracción de agua subterránea**	**Extracción de agua superficial**	**Zona de pastoreo**	**Recreación y turismo**	**Calidad**
1	Salar de Carcote	7,638,487	565,554	Sí	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
2	Salar de Ascotan	7,618,499	573,975	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
3	SP Alto Loa	7,566,051	539,964	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
4	Sin Nombre	7,538,982	568,378	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
5	Alconcha	7,671,102	553,133	Sí	No	Sí	Sí	No	No	Alta
6	Laguna Cejas	7,449,192	580,672	Sí	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
7	Laguna Tabinquiche	7,441,619	575,890	Sí	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
8	Laguna Yona Grande	7,445,817	583,738	Sí	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
9	Laguna Chaxa y Barros Negros	7,421,645	586,239	No	No	Sí	Sí	No	Alto	Media
10	Lejia	7,400,714	633,330	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
11	Aguas Calientes	7,402,782	647,938	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Alta
12	Salar de Pujsa	7,432,800	651,752	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
13	Aguas Calientes 1	7,442,243	662,885	Sí	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
14	Salar de Loyoques o Quisquiro	7,425,122	673,337	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
15	Salar de Tara	7,450,227	677,545	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Alta
16	Laguna Helada	7,444,677	691,354	Sí	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
17	Laguna Miscanti	7,375,133	625,326	Sí	No	Sí	Sí	No	Alto	Media
18	Laguna Salada SA	7,380,151	587,361	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
19	La Punta y la Brava SA	7,375,511	577,087	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
20	Salar de Pular	7,317,155	605,906	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
21	Salar de Capur	7,349,360	623,553	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
22	Salar de Talar	7,344,028	629,384	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
23	Salar de Aguas Calientes	7,353,011	634,859	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
24	Laguna Tuyajto	7,351,393	643,508	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Media
25	Salar el Laco	7,360,909	661,841	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
26	Salar de Incahuasi	7,331,826	643,070	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
27	VCL-2 Salar Punta Negra	7,283,035	507,106	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
28	Aguas Calientes IV	7,230,062	545,136	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
29	Salar de Pajonales	7,218,639	516,402	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
30	Sin Nombre	7,402,459	688,155	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
31	SP Oasis de Calama	7,529,663	541,218	Sí	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media

				Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	**Nombre**	**Norte**	**Este**	**Zona de bebedero**	**Presencia de centros poblados**	**Extracción de agua subterránea**	**Extracción de agua superficial**	**Zona de pastoreo**	**Recreación y turismo**	**Calidad**
32	Sin Nombre	7,521,952	513,799	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
33	Sin Nombre	7,535,168	582,478	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Baja
34	Sin Nombre	7,507,518	599,053	No	No	Sí	Sí	Sí	Medio	Media
35	Sin Nombre	7,498,677	596,900	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
36	sin nombre SA	7,420,551	588,487	No	No	Sí	Sí	No	Alto	Media
37	V3 - Salar de Punta Negra	7,272,125	495,901	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
38	Sin Nombre	7,333,808	609,058	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Baja
39	Laguna Miniques	7,371,206	623,153	Sí	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
40	Sector C Salar de Atacama	7,406,292	592,097	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
41	Sin Nombre	7,438,265	584,468	No	No	Sí	Sí	No	Alto	Media
42	Laguna Trinchera	7,410,956	663,435	Sí	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
43	Sin Nombre	7,419,893	692,863	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Alta
44	Sin Nombre	7,645,376	554,683	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
45	Sin Nombre	7,372,280	643,973	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
46	Laguna Hedionda	7,431,456	641,946	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
47	Laguna de la Azufrera	7,226,411	549,615	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
48	Laguna Verde	7,429,769	633,048	Sí	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media

Folio007272

Tabla 2-174. Resumen de usos, presiones, amenazas y servicios ecosistémicos en cuerpos de agua del análisis.

					Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	NOMBRE_RES	Sistema	Norte	Este	Zona de bebedero	Presencia de centros poblados	Extracción de agua subterránea	Extracción de agua superficial	Zona de pastoreo	Recreación y turismo	Calidad del hábitat
0	Puquios	S/I	7,677,658	563,902	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
1	Causisa	S/I	7,674,477	562,518	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
2	Cienaga Redonda	S/I	7,674,291	563,902	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
3	Churchicha	S/I	7,673,858	556,802	Sí	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
4	Alconcha	S/I	7,672,795	550,312	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
5	Guallatani	S/I	7,672,158	558,102	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Alta
6	Salar de Alconcha	S/I	7,672,058	553,302	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
7	Coasa	S/I	7,670,245	562,640	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
8	Aguadita	S/I	7,667,808	563,952	Sí	No	Sí	Sí	No	No	Alta
9	Chaquisienaga	S/I	7,666,734	565,575	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
10	Casca	S/I	7,664,961	564,894	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
11	Vicuneria	S/I	7,664,262	565,489	No	No	Sí	Sí	No	No	Media
12	Palpana 1	S/I	7,659,558	566,802	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
13	Coyahuasito	SP Alto Loa, cabecera de Rio	7,659,258	533,502	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Baja
14	Quebrada del Inca	S/I	7,657,908	570,301	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
15	Amincha	S/I	7,657,558	566,602	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
16	Mino 1	SP Alto Loa, cabecera de Rio	7,656,208	534,802	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
17	Chaco	S/I	7,655,592	568,634	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
18	Paco Paco	SP Alto Loa, cabecera de Rio	7,653,558	534,302	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
19	Mino 2	SP Alto Loa, cabecera de Rio	7,653,558	535,402	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
20	Pantano	S/I	7,652,058	539,802	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
21	Casicsa	S/I	7,648,536	546,652	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
22	Cuchicha	Salar de Carcote	7,646,058	570,101	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
23	Quenuales	SP Alto Loa, Rio Chaihuiri	7,645,455	547,097	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
24	Quebrada Sapunta	S/I	7,645,058	523,702	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja

Folio007273

					Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	**NOMBRE_RES**	**Sistema**	**Norte**	**Este**	**Zona de bebedero**	**Presencia de centros poblados**	**Extracción de agua subterránea**	**Extracción de agua superficial**	**Zona de pastoreo**	**Recreación y turismo**	**Calidad del hábitat**
25	Ojo Caliente	Salar de Carcote	7,644,758	568,901	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
26	Vega Chaihuiri	SP Alto Loa, Rio Chaihuiri	7,643,958	547,802	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
27	Caichape	S/I	7,641,441	562,621	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
28	Sapunta	Salar de Carcote	7,640,423	568,715	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
29	Chela	S/I	7,639,208	541,602	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
30	Laguna del Leon	Salar de Carcote	7,638,458	560,902	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
31	Calixto o Carcote	Salar de Carcote	7,635,558	559,102	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
32	Palpana 2	Salar de Ascotan	7,623,590	562,371	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
33	Cebollar	Salar de Ascotan	7,619,558	567,101	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
34	Cebollar Viejo	Salar de Ascotan	7,612,058	564,602	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
35	Polapi	Salar de Ascotan	7,610,059	565,502	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
36	Borde Sureste Ascota	S/I	7,601,975	580,780	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
37	La Turbera	S/I	7,596,601	557,268	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
38	Taira (Rio Loa)	SP Alto Loa, Caja de Rio Segunada Seccion	7,584,159	541,802	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
39	Colana	S/I	7,573,745	585,882	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
40	Santa Barbara	SP Alto Loa, Caja de Rio Segunada Seccion	7,572,459	540,152	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
41	Cueva Negra (Rio S.P.)	S/I	7,570,809	564,251	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
42	Ojo de San Pedro	S/I	7,568,784	570,828	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
43	Cayohueico	S/I	7,565,738	562,797	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
44	Siloli - Rio Siloli	S/I	7,565,233	600,093	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
45	Aycina	S/I	7,563,801	562,686	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
46	Quebrada Negra	S/I	7,563,218	600,063	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
47	Carcanal	S/I	7,562,742	564,508	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media

Folio007274

					Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	**NOMBRE_RES**	**Sistema**	**Norte**	**Este**	**Zona de bebedero**	**Presencia de centros poblados**	**Extracción de agua subterránea**	**Extracción de agua superficial**	**Zona de pastoreo**	**Recreación y turismo**	**Calidad del hábitat**
48	Inacaliri	S/I	7,562,659	594,301	No	No	Sí	Sí	No	No	Media
49	Cabana	S/I	7,559,557	597,157	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
50	Caucochar	S/I	7,559,349	563,197	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
51	Torre Bajo	S/I	7,556,146	571,098	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
52	Paniri	S/I	7,550,259	575,101	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Media
53	Paicato	S/I	7,549,987	571,931	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
54	Topain 1	S/I	7,549,459	569,601	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
55	Linzor (Alto)	SP Geyser del Tatio, Rio Toconce	7,543,059	603,666	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
56	Chillahuita	SP Geyser del Tatio, Rio Toconce	7,542,459	601,101	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
57	Linzor 2 (Bajo)	SP Geyser del Tatio, Rio Toconce	7,542,180	601,605	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
58	Lasana	S/I	7,539,560	539,202	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
59	Turi	S/I	7,539,449	570,082	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
60	Media Quebrada	S/I	7,536,642	591,244	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
61	Rio Salado	S/I	7,536,430	576,367	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
62	Ayquina	S/I	7,535,902	570,081	No	Sí	Sí	Sí	No	Bajo	Media
63	Cerro Plomo	SP Geyser del Tatio, Rio Hijalar	7,535,520	603,836	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
64	Huiculunche	S/I	7,535,460	564,401	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
65	Escalera	S/I	7,534,642	578,412	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
66	Aguas Calientes 1	SP Geyser del Tatio, Rio Hijalar	7,533,780	603,199	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
67	Curte	S/I	7,533,466	579,499	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
68	Puente del Diablo	S/I	7,532,550	553,726	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
69	Topain 2	S/I	7,532,460	559,802	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
70	Agua Dulce 1	S/I	7,531,962	586,970	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
71	Chilcar	S/I	7,530,860	577,301	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
72	Chica	S/I	7,530,160	581,301	No	Sí	Sí	Sí	No	Medio	Media
73	Geyser del Tatio	S/I	7,530,060	602,401	No	No	Sí	Sí	Sí	Alto	Media

Folio007275

					Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	**NOMBRE_RES**	**Sistema**	**Norte**	**Este**	**Zona de bebedero**	**Presencia de centros poblados**	**Extracción de agua subterránea**	**Extracción de agua superficial**	**Zona de pastoreo**	**Recreación y turismo**	**Calidad del hábitat**
74	Chiu Chiu	SP Oasis de Calama	7,529,450	536,352	No	Sí	Sí	Sí	No	Medio	Media
75	Caspana	S/I	7,528,960	581,801	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
76	Sailao	S/I	7,528,089	571,911	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
77	Quival	S/I	7,526,506	572,323	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
78	Ojo Talicuna	S/I	7,525,963	594,766	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
79	El Tatio	SP Geyser del Tatio, Rio Salado	7,525,060	599,301	No	No	Sí	Sí	No	Alto	Baja
80	Incahuasi 1	S/I	7,523,970	577,004	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
81	Cablor	S/I	7,523,148	589,624	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
82	Chita 1	S/I	7,520,960	585,001	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
83	Toconce	S/I	7,518,360	588,001	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
84	Yalquincha	S/I	7,517,260	512,102	No	No	Sí	Sí	No	Alto	Baja
85	Rio Loa Salar de Rudolf	SP Oasis de Calama	7,516,458	527,947	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
86	Calama	S/I	7,512,710	506,102	No	No	Sí	Sí	No	Alto	Baja
87	Purifican	S/I	7,512,235	589,351	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
88	Coyapujo	S/I	7,511,760	596,851	No	No	Sí	Sí	Sí	Medio	Baja
89	Jauna	S/I	7,511,260	596,161	No	No	Sí	Sí	Sí	Medio	Media
90	Tocorpuri	S/I	7,510,800	604,096	No	No	Sí	Sí	Sí	Medio	Baja
91	Ojos de Putana	S/I	7,509,960	607,001	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
92	Putana	S/I	7,507,845	599,019	No	No	Sí	Sí	Sí	Medio	Media
93	Incahuasi 2	S/I	7,506,860	602,301	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
94	Lagunita	S/I	7,505,683	592,448	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
95	Chita 2	S/I	7,505,210	603,301	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
96	Chucurate	S/I	7,504,785	593,939	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
97	Guaytiquina	S/I	7,504,351	593,611	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
98	Turipaco	S/I	7,503,821	578,784	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
99	Yuto	S/I	7,503,441	594,397	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
100	Cuta	S/I	7,501,860	577,501	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
101	Chita 3	S/I	7,501,260	595,851	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
102	Chita 4	S/I	7,501,160	596,401	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
103	Rio Quebrada	S/I	7,501,160	597,101	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
104	Chita 5	S/I	7,500,843	595,050	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Media

Folio007276

					Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	NOMBRE_RES	Sistema	Norte	Este	Zona de bebedero	Presencia de centros poblados	Extracción de agua subterránea	Extracción de agua superficial	Zona de pastoreo	Recreación y turismo	Calidad del hábitat
105	T Chita	S/I	7,500,460	596,001	No	Sí	Sí	Sí	No	Medio	Media
106	Machuca	S/I	7,499,725	596,782	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
107	Guaillar	S/I	7,499,560	592,551	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
108	Vega Grande	S/I	7,499,153	596,752	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
109	Jones	S/I	7,498,973	579,019	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
110	Envidias	S/I	7,498,910	590,351	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
111	Conapujyo	S/I	7,498,028	597,149	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
112	Penaliri	S/I	7,497,560	590,301	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
113	Matancilla	S/I	7,497,327	578,886	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
114	Paila	S/I	7,495,760	588,401	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
115	Lican	S/I	7,495,327	578,871	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
116	Rio Grande	S/I	7,494,860	585,301	No	Sí	Sí	Sí	No	Bajo	Media
117	Jorquencal	S/I	7,493,510	604,251	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
118	Yerba Buena	S/I	7,493,300	579,049	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
119	Cocha	S/I	7,488,360	579,301	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
120	Turipite	S/I	7,487,630	596,912	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
121	San Bartolo	S/I	7,486,560	580,101	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
122	Puritama	S/I	7,486,483	579,287	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
123	Quebrada de Guanten	S/I	7,482,325	595,286	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
124	Purifica 1	S/I	7,481,860	596,101	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
125	Chicaliri	S/I	7,471,934	681,595	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
126	Zapaleri	S/I	7,470,710	689,499	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
127	Calar	SP Ayllu San Pedro de Atacama	7,470,598	583,956	No	No	Sí	Sí	No	Alto	Baja
128	Quebrada Delgada 1	S/I	7,469,360	690,499	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
129	Toro Muerto	S/I	7,469,260	687,300	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
130	Quebrada Tres Vertie	S/I	7,466,760	688,799	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
131	Quebrada Angostura	S/I	7,463,106	689,255	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
132	Quebrada Cajchimayo	S/I	7,461,902	691,204	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
133	Colorada	S/I	7,460,079	695,631	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
134	Pampa Amarilla	S/I	7,459,304	685,638	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
135	Laguna Colorada	S/I	7,459,278	695,496	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
136	Quebrada Blanca	S/I	7,459,026	697,993	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja

Folio007277

					Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	**NOMBRE_RES**	**Sistema**	**Norte**	**Este**	**Zona de bebedero**	**Presencia de centros poblados**	**Extracción de agua subterránea**	**Extracción de agua superficial**	**Zona de pastoreo**	**Recreación y turismo**	**Calidad del hábitat**
137	Chojfias	S/I	7,457,304	695,697	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
138	Oyape	SP Ayllu San Pedro de Atacama	7,457,085	574,501	No	No	Sí	Sí	No	Alto	Baja
139	Poquis	S/I	7,456,810	690,996	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
140	Tara	Salar de Tara	7,456,361	673,600	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
141	Taruna	S/I	7,456,011	703,239	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
142	Piedra Delfin	S/I	7,455,961	693,149	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
143	Cienaga Grande	S/I	7,455,031	695,613	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
144	Salar de Tara 1	Salar de Tara	7,454,561	675,800	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
145	Baltinache	SP Ayllu San Pedro de Atacama	7,453,561	578,801	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
146	Huaillitas	Salar de Tara	7,452,561	670,400	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
147	Joyita - Hoyitos	S/I	7,452,081	694,699	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
148	Salar de Tara 2	Salar de Tara	7,450,961	675,628	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
149	Agua Amarga	S/I	7,450,891	634,841	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
150	Cueva Pintada	Salar de Tara	7,450,561	679,300	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
151	Cejas	Laguna Cejas	7,449,661	580,301	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
152	Quebrada Delgada 2	S/I	7,449,061	695,299	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
153	Laguna Helada	Laguna Helada	7,447,606	692,189	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
154	Tara Oriente	S/I	7,446,975	683,717	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
155	Yona Grande	Laguna Yona Grande	7,446,561	583,451	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
156	Salar de Talar 1	Salar de Tara	7,446,561	682,300	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
157	Salar de Talar 2	Salar de Tara	7,446,561	684,100	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
158	Aguas Calientes 2	Aguas Calientes	7,446,361	666,100	Sí	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
159	Quepiaco	S/I	7,446,261	643,800	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media

Folio007278

					Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	**NOMBRE_RES**	**Sistema**	**Norte**	**Este**	**Zona de bebedero**	**Presencia de centros poblados**	**Extracción de agua subterránea**	**Extracción de agua superficial**	**Zona de pastoreo**	**Recreación y turismo**	**Calidad del hábitat**
160	3 Aguas	S/I	7,446,041	654,228	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
161	Los Pantanos	Aguas Calientes I	7,445,661	592,901	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
162	Penablanquita	S/I	7,445,651	647,325	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
163	Penablanca	Laguna Helada	7,445,421	646,539	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
164	Aguas Calientes 3	Aguas Calientes	7,445,061	663,300	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
165	Salar de Talar 3	Salar de Tara	7,444,861	681,300	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
166	Tujilirea	SP Salar de Atacama, Sector Oriental A	7,444,654	591,973	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Media
167	La Pacana	Aguas Calientes I	7,444,482	655,625	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
168	Guachalajte	S/I	7,444,061	697,299	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
169	Quebrada de Zapar	S/I	7,443,896	610,036	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
170	Vizcachas	S/I	7,443,061	637,800	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
171	Tambillo	S/I	7,442,861	593,301	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
172	Hornar	S/I	7,442,086	624,709	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
173	Tebinquinche	Laguna Tebenquiche	7,441,011	577,531	No	No	Sí	Sí	No	Medio	Baja
174	Cerro Yalquis	S/I	7,439,561	634,800	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
175	Olar	SP Salar de Atacama, Sector Oriental A	7,439,161	591,401	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
176	La Azufrera	S/I	7,438,897	637,091	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
177	Quebrada Silapeti	S/I	7,438,817	607,829	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
178	Alitar 1	S/I	7,435,561	639,800	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
179	Quilapana	Salar de Loyoques o Quisquiro	7,434,561	673,000	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
180	Pujsa Norponiente	Salar de Pujsa	7,434,061	648,700	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
181	Alitar 2	S/I	7,433,561	642,800	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja

Folio007279

					Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	**NOMBRE_RES**	**Sistema**	**Norte**	**Este**	**Zona de bebedero**	**Presencia de centros poblados**	**Extracción de agua subterránea**	**Extracción de agua superficial**	**Zona de pastoreo**	**Recreación y turismo**	**Calidad del hábitat**
182	Tapar	Salar de Loyoques o Quisquiro	7,432,561	590,801	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
183	Loyone	S/I	7,432,061	679,700	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
184	Calachi	S/I	7,431,261	640,300	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Baja
185	Laguna Hedionda	S/I	7,431,161	642,624	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Baja
186	Mari	S/I	7,431,130	623,352	No	No	Sí	Sí	No	No	Media
187	Vilaco	S/I	7,430,941	620,749	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
188	Loyoques	Salar de Loyoques o Quisquiro	7,430,561	681,000	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
189	Potor	S/I	7,430,125	631,824	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
190	Pujsa Sur	Salar de Pujsa	7,429,361	651,800	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
191	Acamarachi Chica	S/I	7,428,961	643,600	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
192	Acamarachi Grande	S/I	7,427,961	645,100	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
193	Quemala	S/I	7,427,026	618,664	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
194	Lampasar	S/I	7,426,359	627,140	No	No	Sí	Sí	No	No	Media
195	Volcancito	S/I	7,425,838	628,112	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
196	Estancia Vieja	S/I	7,424,970	629,551	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
197	Pena Colorada	S/I	7,424,888	629,878	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
198	Hecar	S/I	7,424,561	631,800	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
199	Purifica 2	S/I	7,422,831	677,100	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
200	Catarape	S/I	7,422,661	624,800	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
201	Pampa Quisquiro	Salar de Loyoques o Quisquiro	7,421,984	670,344	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
202	Laguna Blanca	S/I	7,421,981	693,914	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
203	Agua Delgada 1	Salar de Loyoques o Quisquiro	7,421,861	676,500	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
204	Laguna Celeste	Salar de Loyoques o Quisquiro	7,421,535	674,000	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
205	Saltar	S/I	7,420,561	629,000	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
206	Tumbe	S/I	7,419,874	623,686	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
207	Lever	S/I	7,419,801	693,785	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja

Folio007280

					Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	**NOMBRE_RES**	**Sistema**	**Norte**	**Este**	**Zona de bebedero**	**Presencia de centros poblados**	**Extracción de agua subterránea**	**Extracción de agua superficial**	**Zona de pastoreo**	**Recreación y turismo**	**Calidad del hábitat**
208	Soncor	S/I	7,419,661	607,051	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Media
209	Carvajal	SP Salar de Atacama, Sector Oriental C	7,418,061	591,151	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Media
210	Ojos del Rio Salado	Salar de Loyoques o Quisquiro	7,416,161	666,538	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
211	Pili	Salar de Aguas Calientes, Cercano a Laguna Lejia	7,416,061	649,300	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Baja
212	Macho Sallana	S/I	7,416,061	692,799	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
213	Mucar Chica	S/I	7,415,061	692,299	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
214	Allana	S/I	7,414,561	608,301	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
215	Mucar Grande	S/I	7,413,561	692,799	No	No	No	No	No	No	Baja
216	Querico	S/I	7,413,531	616,539	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
217	Rio Negro	Salar de Aguas Calientes, Cercano a Laguna Lejia	7,413,061	649,700	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
218	Quelana	SP Salar de Atacama, Sector Oriental C	7,412,061	593,301	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
219	Camar	S/I	7,411,032	606,441	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
220	Suculto	Salar de Aguas Calientes, Cercano a Laguna Lejia	7,409,561	649,300	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
221	Toro Blanco	Salar de Aguas Calientes, Cercano a Laguna Lejia	7,404,462	641,230	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
222	Chamaca	Salar de Aguas	7,403,562	653,300	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta

Folio007281

					Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	**NOMBRE_RES**	**Sistema**	**Norte**	**Este**	**Zona de bebedero**	**Presencia de centros poblados**	**Extracción de agua subterránea**	**Extracción de agua superficial**	**Zona de pastoreo**	**Recreación y turismo**	**Calidad del hábitat**
		Calientes, Cercano a Laguna Lejia									
223	Laguna Lejia	Laguna Lejia	7,401,362	633,000	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
224	Caspana	S/I	7,401,258	603,333	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
225	Laguna Cienaga	S/I	7,400,956	685,606	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
226	Aguas Calientes 4	Salar de Aguas Calientes, Cercano a Laguna Lejia	7,398,062	642,724	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
227	Sucultur	Salar de Aguas Calientes, Cercano a Laguna Lejia	7,398,062	654,300	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta
228	Quepe	S/I	7,392,762	615,801	No	No	Sí	Sí	Sí	Medio	Baja
229	Quiusuna	S/I	7,391,935	609,506	No	No	Sí	Sí	Sí	Medio	Baja
230	Quebrada Yacimiento	S/I	7,388,562	623,800	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
231	Perdiz	S/I	7,382,062	676,599	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
232	Palao	SP Salar de Atacama, Sector Sur-Oriental A	7,378,862	591,601	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
233	Miscanti	Laguna Miscanti	7,377,921	625,477	Sí	No	Sí	Sí	No	Alto	Media
234	Lari	S/I	7,377,662	669,750	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
235	Tilocalar Vega	S/I	7,377,362	585,201	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
236	La Punta Vega	SP Salar de Atacama, Sector Sur-Oriental C	7,377,118	581,901	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
237	Silolao	SP Salar de Atacama, Sector Sur-Oriental B	7,375,962	589,701	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
238	Tilopozo	S/I	7,370,062	577,801	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
239	Puriselte	SP Salar de Atacama,	7,369,062	594,301	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja

Folio007282

					Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	**NOMBRE_RES**	**Sistema**	**Norte**	**Este**	**Zona de bebedero**	**Presencia de centros poblados**	**Extracción de agua subterránea**	**Extracción de agua superficial**	**Zona de pastoreo**	**Recreación y turismo**	**Calidad del hábitat**
		Sector Tilomonte									
240	Tarajne	S/I	7,367,862	594,301	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
241	Tulan	SP Salar de Atacama, Sector rio Tulan	7,366,562	595,801	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
242	Tapur	Salar de Capur	7,353,762	624,200	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
243	Aguas Calientes 5	Aguas Calientes 5	7,353,422	636,165	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
244	Tuyajto 2	Lagunas Tuyajto	7,353,062	644,400	No	No	Sí	Sí	Sí	Bajo	Baja
245	Tuyajto 1	Lagunas Tuyajto	7,350,962	644,750	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Media
246	Culamar	Salar de Capur	7,350,362	619,800	No	No	Sí	Sí	No	No	Media
247	Capur	Salar de Capur	7,346,763	623,800	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Alta
248	Talao - Talar	Salar de Talar	7,342,910	629,414	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
249	Purichare	S/I	7,333,677	625,522	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
250	Incahuasi 3	Salr de Incahuasi	7,333,363	643,700	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
251	Agua Delgada 2	S/I	7,330,830	613,552	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
252	Imilac	S/I	7,326,143	522,779	No	No	Sí	Sí	No	Bajo	Baja
253	Pular	Salar de Pular	7,319,363	605,396	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
254	Veladera	S/I	7,295,556	534,799	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
255	El Salto	S/I	7,294,306	534,947	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
256	Guanaqueros	S/I	7,289,314	547,424	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
257	Agua Dulce 2	S/I	7,281,914	536,202	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
258	Chuculaque	S/I	7,280,364	541,302	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
259	Vega de La Zorra	S/I	7,279,289	542,498	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
260	Quebrada Zorritas	S/I	7,277,402	541,434	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
261	Llullaillaco	S/I	7,272,064	532,372	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja
262	Tocomar	S/I	7,259,021	531,451	No	No	Sí	Sí	No	No	Baja

Folio007283

					Uso/Presión/Amenaza					Servicio Ecosistémico	
ID	**NOMBRE_RES**	**Sistema**	**Norte**	**Este**	**Zona de bebedero**	**Presencia de centros poblados**	**Extracción de agua subterránea**	**Extracción de agua superficial**	**Zona de pastoreo**	**Recreación y turismo**	**Calidad del hábitat**
263	Aguas Calientes 6	Salar de Aguas Calientes 6	7,235,837	537,588	No	No	Sí	Sí	No	No	Alta

Folio007284

2.4.2 Modelación acoplada atmosférica-hidrológica

La modelación numérica implementada en este estudio, está basada en el acople de un modelo atmosférico y un modelo de aguas subterráneas, a partir de la cual fue posible evaluar la respuesta de un sistema hidrológico con flujos sub-superficiales (subterráneos) ante diferentes tipos forzamientos externos de sus variables de funcionamiento. Los forzamientos están basados en las condiciones ambientales, impuestas por distintos escenarios de cambio climático, junto con presiones sobre el acuífero debidas a la extracción de aguas subterráneas por parte de los usuarios actuales y potenciales.
La conceptualización de la metodología del acople y desarrollo de los modelos se muestra en la Figura 2-134. En este esquema se muestra como el modelo atmosférico local (WRF) depende directamente de variables globales de diferentes escenarios de cambio climático, los que han sido propuestos por el "Panel Inter-gubernamental en Cambio Climático" o IPCC, según sus siglas en inglés ("Intergovernmental Panel On Climate Change"). A su vez, el modelo atmosférico local proporciona las condiciones atmosféricas (condiciones de borde) al modelo hidrogeológico, definiendo variables locales de precipitación y evaporación. Así, una fueron definidas las características del sistema a modelar (geología, morfología, etc.), y siendo establecidas todas las condiciones de borde atmosféricas que dominan la dinámica de las aguas subterráneas, fue posible modelar diferentes escenarios de combinación entre la presión o forzamiento del acuífero por parte de los diferentes actores (usuarios de los recursos hídricos) y los cambios en las condiciones tanto atmosféricas y de recarga, todas ellas afectando directa o indirectamente los niveles freáticos de las diferentes zonas de la región en estudio.

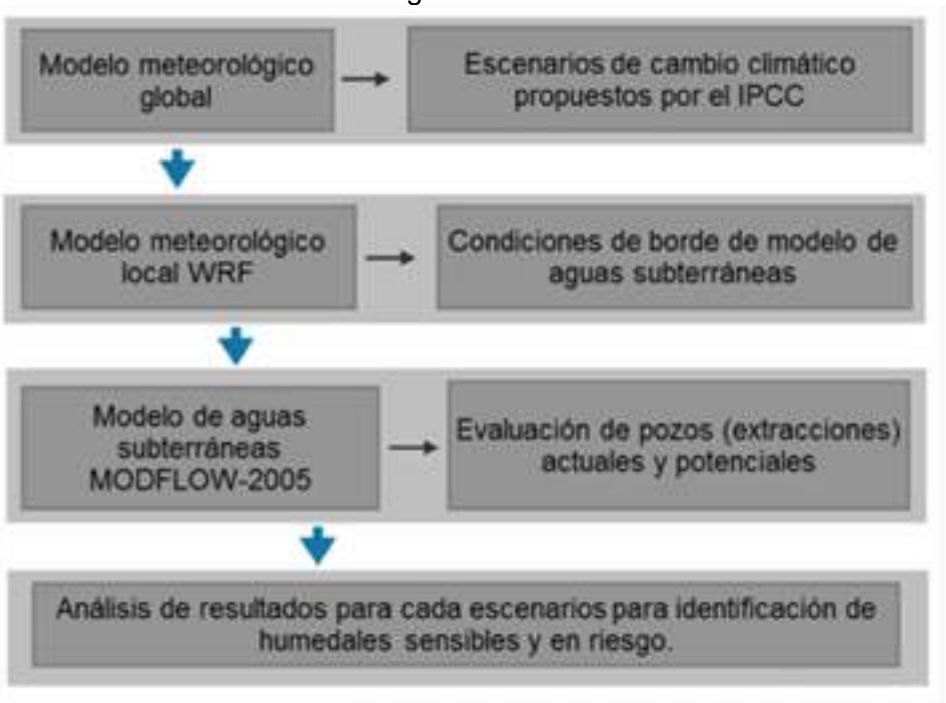


Figura 2-134. Esquema conceptual de la metodología para la modelación acoplada entre el modelo atmosférico e hidrogeológico.

El modelo de aguas subterráneas utilizado es el MODFLOW, es un modelo 3D para el cálculo de flujos y niveles de acuíferos del sistema a modelar. Este modelo numérico se ha convertido en un estándar internacional para la simulación y predicción de las condiciones de las aguas subterráneas de un sistema natural en el tiempo, considerando

la interacción del acuífero con las aguas y sistemas superficiales. La gran utilización del programa, tanto en su versión original de código libre como las comerciales, se debe a la robustez del modelo y la gran precisión mostrada. Además, el modelo se encuentra en constante desarrollo, por parte de instituciones como la USGS (United States Geological Survey).

El presente estudio considera la evaluación de los posibles escenarios futuros de cambio climáticos, que son abordados con la inclusión de los escenarios propuestos por el IPCC en la modelación. Estos escenarios definen los forzamientos y condiciones de borde dinámicas del modelo hidrogeológico, y son generados por medio del modelo atmosférico WRF. En la Figura 2-135 se muestra un completo diagrama de la metodología de creación de cada una de las simulaciones, indicándose como se incluye cada uno de los escenarios de cambio climático. Así, cada escenario corresponderá a un caso de simulación particular, donde las variables meteorológicas son representadas por series de tiempo particulares. Cabe señalar que en el estudio, además se considera la inclusión del comportamiento de los actuales y futuros usuarios de las aguas subterráneas de la zona, por lo que cada escenario de cambio climático es simulado bajo diferentes configuraciones de uso y explotación del acuífero.

Mayores detalles del funcionamiento interno de los modelos numéricos pueden ser encontrados en sus manuales y referencias, algunos de los que son indicados a continuación:

- Modelo atmosférico (WRF):

a. “A Description of the Advanced Research WRF Version 3”. NCAR Technical Note, 2008.

b. “Advanced Research WRF (ARW) Version 3 Modeling System User’s Guide”. NCAR, 2014.

- Modelo de aguas subterráneas (MODFLOW):

Harbaugh, A.W., 2005, MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey modular ground-water model - the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16.

Niswonger Richard G., 2001. MODFLOW – NWT, A Newton Formulation for MODFLOW-2005. U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A37.

Folio007286

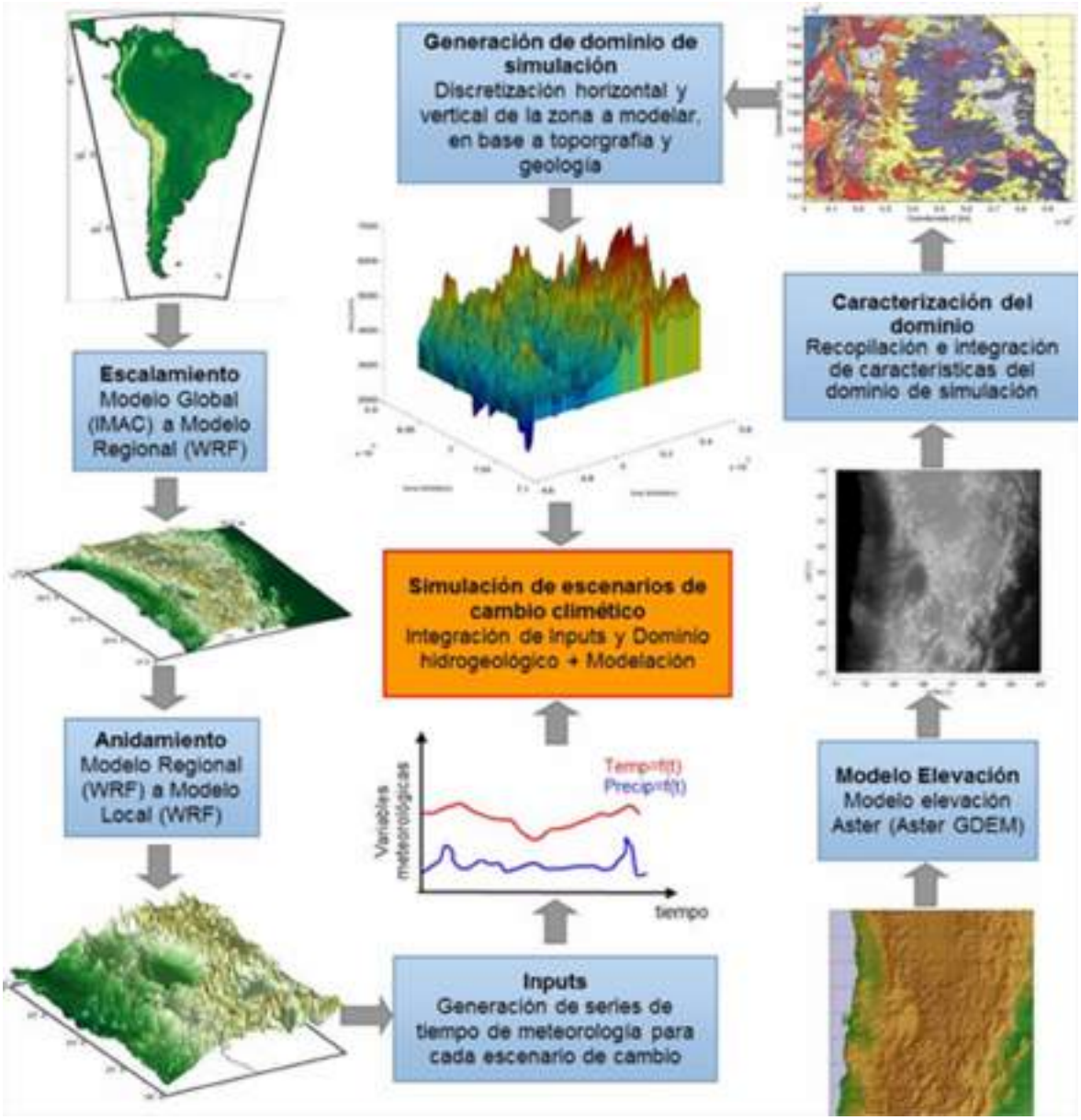


Figura 2-135. Esquema de integración de los modelos atmosférico e hidrogeológico, para la evaluación de escenarios futuros de cambio climático.

Folio007287

2.4.3 Modelación atmosférica

2.4.3.1 Escenarios de modelación atmosférica

Los escenarios se han utilizado normalmente para analizar situaciones en las que los resultados son inciertos. Cuando se desarrollan investigaciones que incorporan el clima y su incertidumbre, los escenarios de emisiones son utilizados para estimar la contribución del ser humano en el cambio climático, debido a las incertidumbres en factores como el crecimiento de la población, el desarrollo económico y el desarrollo de nuevas tecnologías. Los escenarios RCPs corresponden a una última generación de escenarios que entregan información de entrada a los modelos climáticos. Estos escenarios se caracterizan por su Forzamiento Radiativo (FR) total para el año 2100 que oscila entre los 2,6 y los 8,5W/m^2. Para entender el concepto de FR, éste corresponde a la energía adicional absorbida por el sistema de la Tierra debido al efecto invernadero mejorado, expresado como vatios por metro cuadrado. Más precisamente, se puede definir como el balance de energía de la atmósfera, o la diferencia entre la energía que entra a la atmósfera y la cantidad que se devuelve al espacio. A medida que el forzamiento radiativo aumenta, la temperatura global aumenta.

Los nuevos escenarios de cambio climático han sido propuestos por el "Integrated Assessment Modelling Community" (IAMC), y descritos en detalle en Moss et al. (2010) y en Van Vuuren et al., (2011). Ellos corresponden a 4 escenarios RCPs, cuyo nombre se asocia al forzante radiativo que producen al año 2100: RCP 2.6 W/m^2, RCP 4.5 W/m^2, RCP 6.0 W/m^2 y RCP 8.5 W/m^2 (ver Figura 2-136).

Los escenarios o RCPs son consistentes con ciertos supuestos socioeconómicos y pueden ser definidos como una visión de un futuro probable, bajo cada uno de dichos escenarios, desde un RCP 2.6 que representa bajas emisiones futuras, a un escenario RCP 8.5, que reflejaría altas emisiones a futuro.

RCP 8.5 Altas emisiones

Este escenario es consistente con un futuro en donde no hay cambios de política para reducir emisiones, y se caracteriza por un aumento sostenido de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), lo cual conduce a una concentración en la atmósfera mayor en el tiempo. Este escenario asume, entre otras cosas, triplicar las emisiones actuales de CO_2 al año 2100 junto a un rápido incremento de las emisiones de metano, y una población mundial de 12 billones de personas a ese mismo año.

RCP 2.6 Bajas emisiones

Este escenario, en contraste con el anterior, es un futuro con fuertes reducciones de emisiones de gases para cumplir con metas muy exigentes que permitirían retrotraer las emisiones.

Los escenarios de modelación se desarrollaron siguiendo los lineamientos propuestos por el IPCC, esto es, primero se simuló el clima pasado y se compararon estos resultados con la información levantada como parte de la recopilación de este estudio y para la región en estudio. Una vez que el escalamiento fue validado con la información histórica, se escalaron los resultados de los escenarios de cambio climático de los modelos globales.

Folio007288

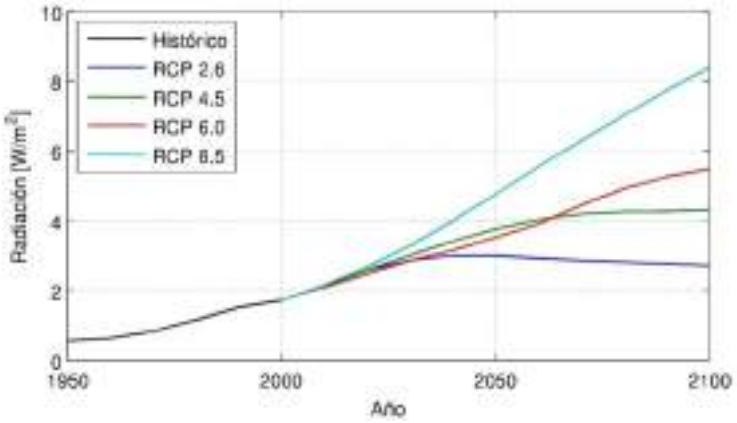


Figura 2-136 Forzante radiativa de los escenarios RCP para un periodo de 100 años.

2.4.3.2 Configuración modelo climático local

Para la evaluación de los escenarios de cambio climático se utiliza el modelo numérico de dominio público WRF ("The Weather Research and Forecasting", Skamarock et al., 2014). Este modelo corresponde al inicio de la nueva generación de modelos de mesoescala y sistemas de asimilación para el estudio y pronóstico operacional, así como para estudios de investigación en un amplio espectro de usos.

Para la implementación de este software, se consideraron las características físicas y espaciales del dominio, las que se encontraron definidas por: la topografía, el albedo, la humedad, el uso del suelo, la fracción de vegetación, entre otros. Esta información puede ser obtenida desde la USGS (United States Geological Survey), con una resolución de 30 s (aproximadamente 900x900 m^2 en esta latitud), mientras que la evolución temporal de las condiciones de borde las entregaron los modelos globales de circulación. Como resultado de las simulaciones se tiene la variación espacial y temporal de las variables atmosféricas, como lo son: temperatura, humedad, precipitación, magnitud y dirección del viento, radiación solar, etc. En la Figura 2-137 se presenta un esquema conceptual de la modelación atmosférica, para llevar los resultados desde la escala global a la escala local.

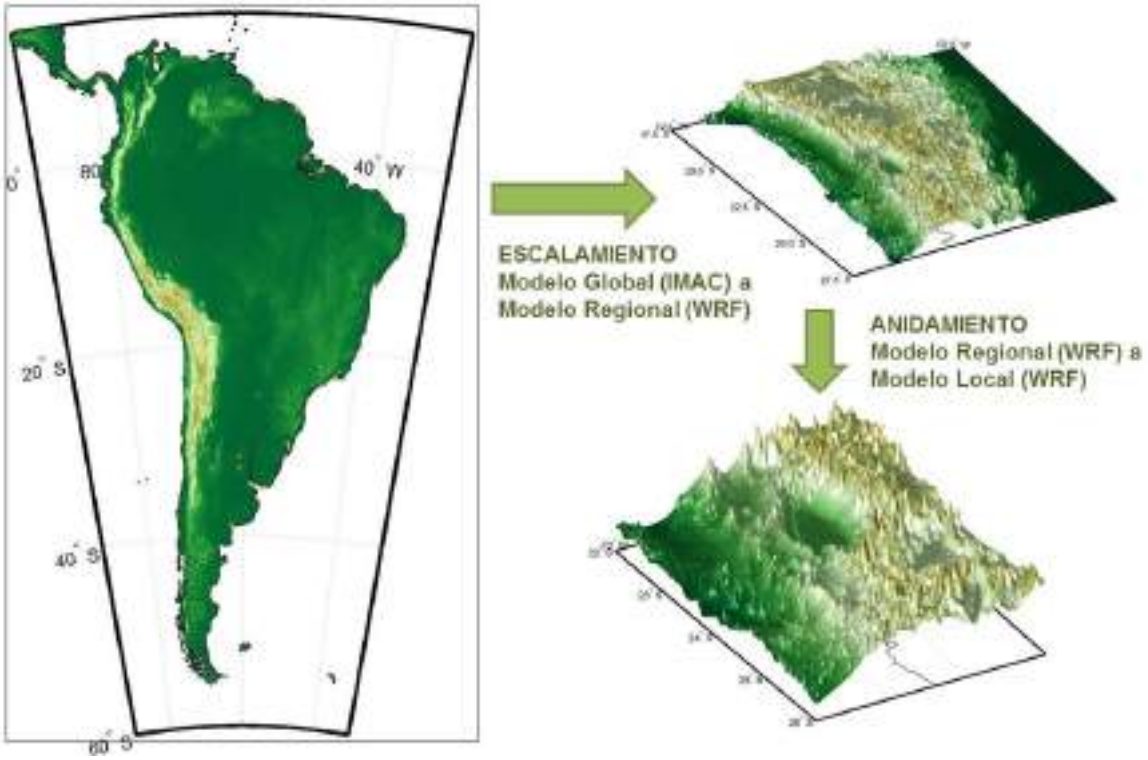


Figura 2-137: Esquema conceptual de la modelación atmosférica para llevar los resultados de los modelos globales IAMC a la escala local del área de estudio.

Como información de entrada fueron utilizadas simulaciones climáticas realizadas por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) como base del análisis, quienes en el marco del Programa de Trabajo Objetivo N°3 "*Obtener respuestas sobre las evidencias científicas del cambio climático proyectado para el siglo 21, a través de la elaboración de estudios que aporten información para la planificación y mitigación del cambio climático*", que es parte del Convenio de Desempeño de Alta Dirección suscrito entre el Director de la DMC y el Director General de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), llevaron a cabo experimentos de clima presente y futuro con el modelo WRF para la región de Chile. LA DMC realizó un total de tres simulaciones: un **hindcast de 30 años**, correspondientes al periodo **1970 - 1999**, más **2 escenarios RCP** propuestos por el IAMC de 30 años, correspondiente al periodo **2030 - 2059**. Estos últimos escenarios corresponden al RCP 2.6 W/m^2 y al RCP 8.5 W/m^2.

Los datos de condiciones de borde locales (tales como topografía, albedo, uso de suelo, cobertura vegetacional, entre otros) se obtuvieron desde el USGS, con una resolución que oscila entre los 30'' a los 2'. Esta información se conoce como datos estáticos, y son la base y configuración espacial inicial para la superficie terrestre.

Por otro lado, para las condiciones de borde iniciales fue necesario utilizar otro modelo global, correspondiente al CESM (Community Earth System Model), desarrollado por el NCAR (National center for Atmospheric Research) de Estados Unidos. El modelo CESM es uno de los varios modelos que apoyan al IPCC en la modelación histórica y de escenarios de cambio climático RCP. El set de datos del modelo global utilizado se denomina "NCAR CESM Global Bias-Corrected" (Monaghan et al., 2014), e incluye una corrección de sesgo en sus archivos de salida (Bruyère et al., 2014).

Folio007290

2.4.3.3 Resultados

La Figura 2-138 muestra, a modo de ejemplo, los valores medios de precipitación, evaporación y recarga para el año 2017, y para todo el dominio activo del modelo hidrogeológico en el escenario Hindcast. Asimismo, la Figura 2-139 y Figura 2-140 muestran los resultados de precipitación, evaporación y recarga neta para los escenarios futuros RCP 2.6 y RCP 8.5.

Folio007291

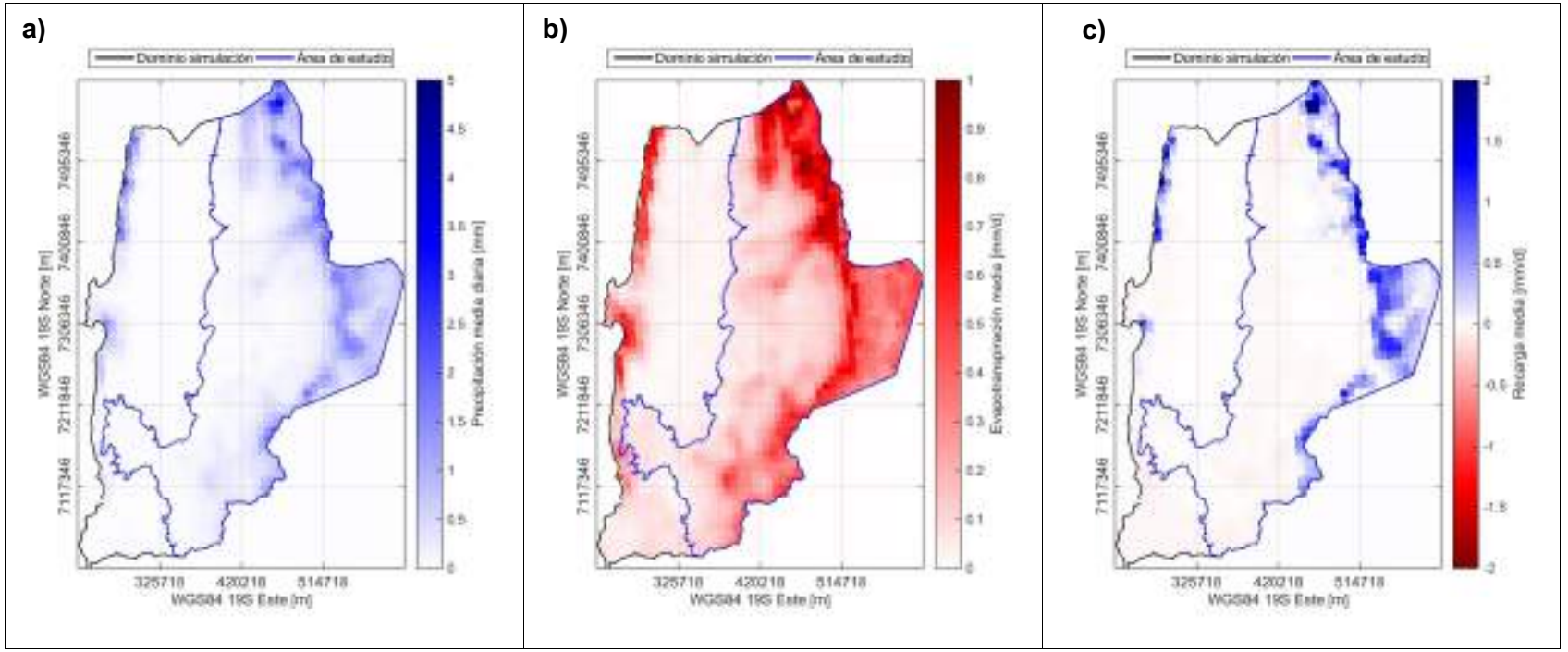


Figura 2-138 Representación espacial de valores promedios en el año 1999 (Histórico) del modelo local WRF, recortados al dominio activo del modelo hidrogeológico. a) Precipitación, b) Evaporación. C) Recarga.

Folio007292

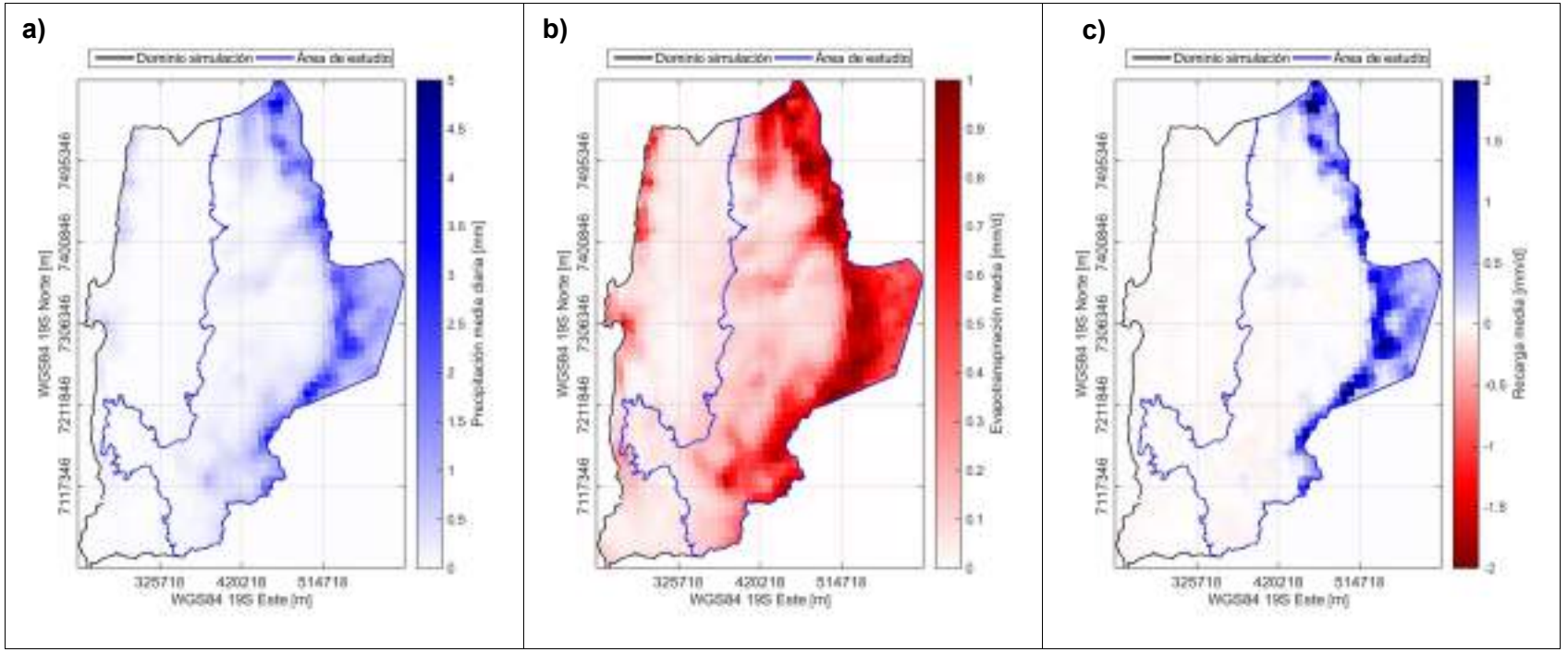


Figura 2-139 Representación espacial de valores promedios en el año 2059 (RCP 2.6) del modelo local WRF, recortados al dominio activo del modelo hidrogeológico. a) Precipitación, b) Evaporación. C) Recarga.

Folio007293

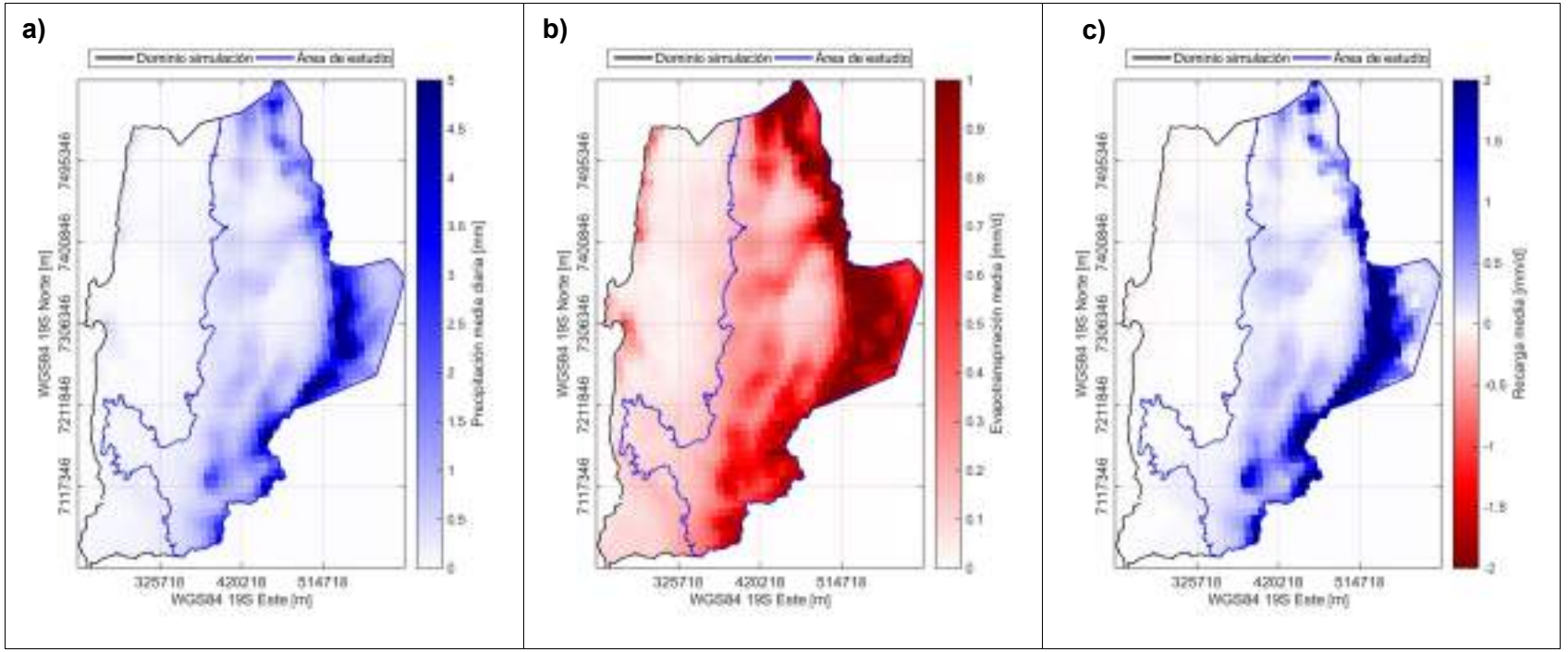
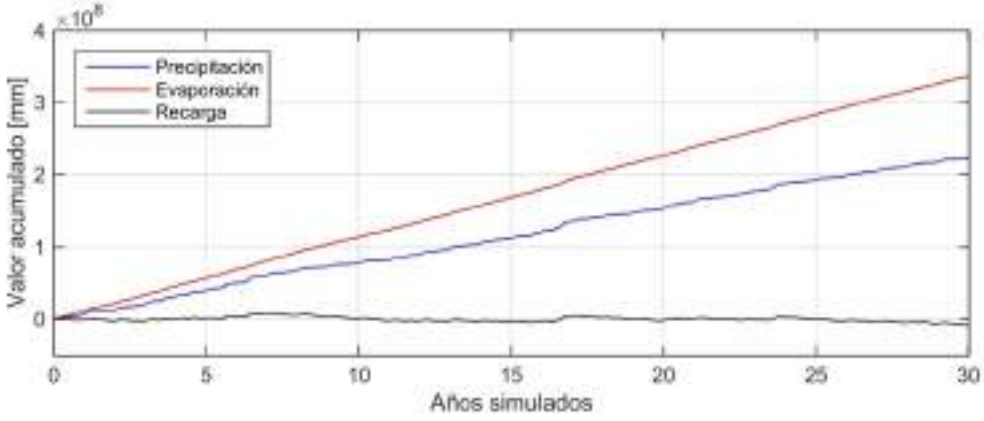


Figura 2-140 Representación espacial de valores promedios en el año 2059 (RCP 8.5) del modelo local WRF, recortados al dominio activo del modelo hidrogeológico. a) Precipitación, b) Evaporación. C) Recarga.

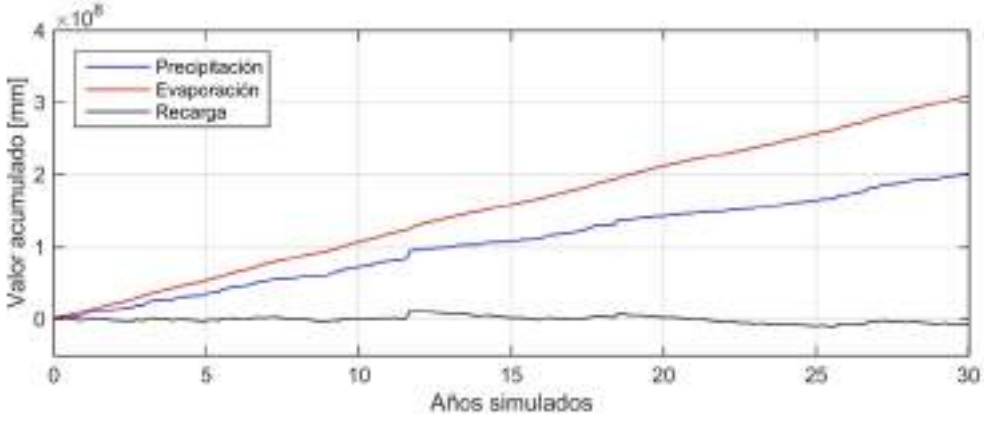
Folio007294

Al realizar un análisis temporal de los resultados anteriores, es posible obtener la Figura 2-141, la cual muestra las mismas cantidades pero como una suma espacial de todo el domino y acumulado en el tiempo para los tres parámetros analizados.

a)



b)



c)

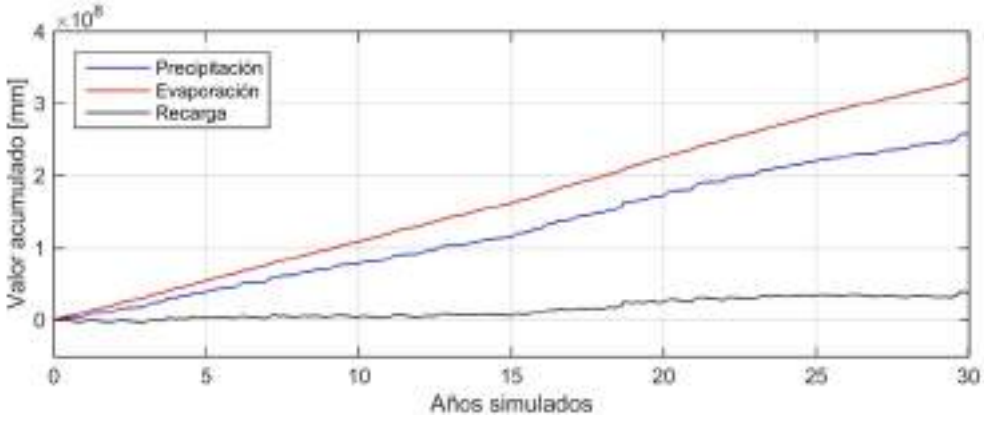


Figura 2-141 Valores espaciales acumulados de la precipitación, evaporación y recarga neta generada a partir de los resultados del modelo WRF bajo los escenarios "Hindcast" (a), RCP 2.6" (b) y "RCP 8.5" (c).

Cabe señalar que en los resultados anteriores, la recarga neta corresponde al agua que efectivamente logra llegar al acuífero, tal como se señala en las consideraciones mencionadas al comienzo de este acápite. A modo de representar mejor los escenarios,

en términos de su tendencia en el tiempo, es que se estimaron valores acumulados de precipitación, evaporación y recarga neta sobre el dominio activo del modelo. La Figura 2-142 da cuenta de la comparación de las tendencias de los escenarios para cada parámetro acumulado.

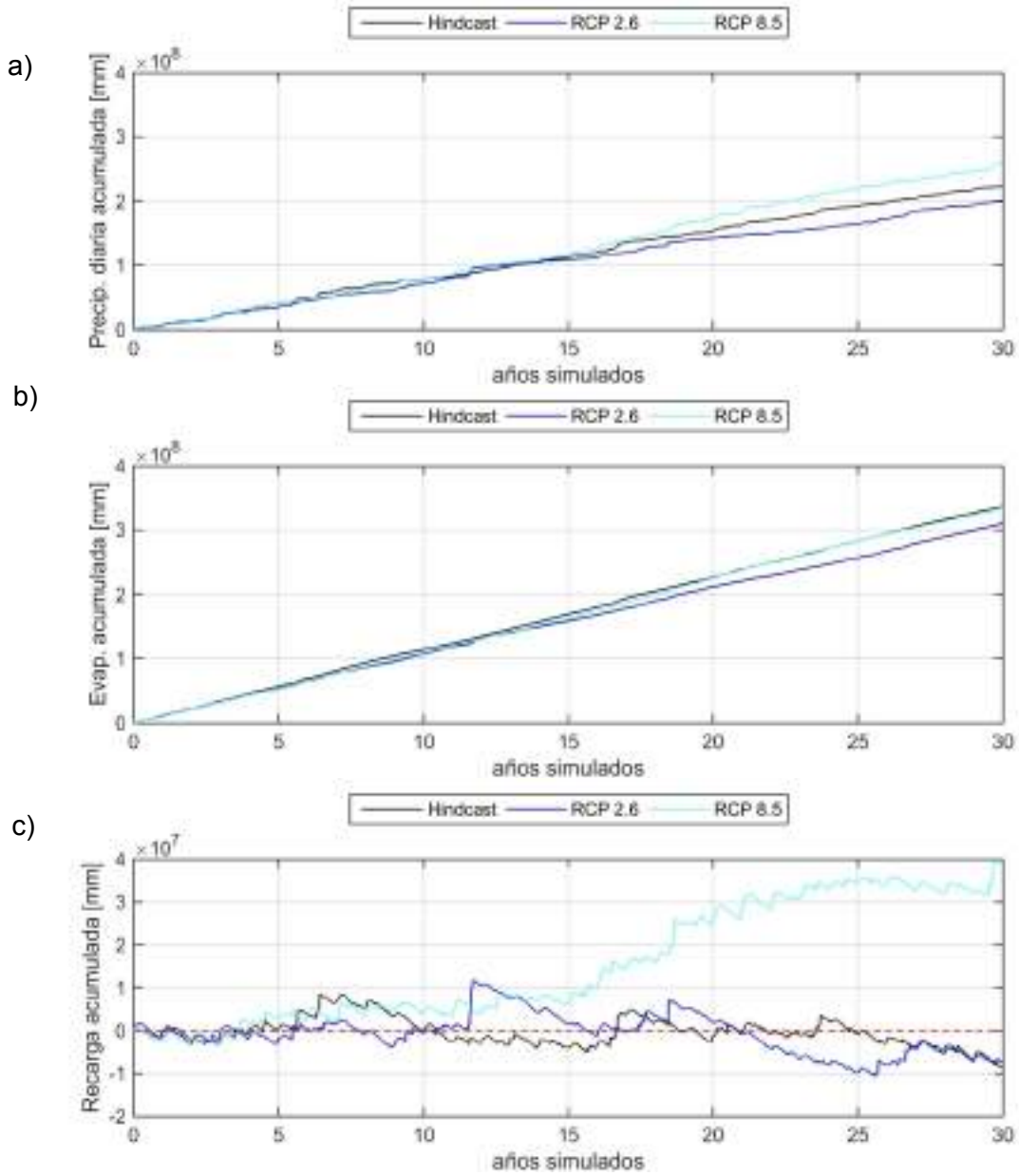


Figura 2-142 Comparación de valores acumulados de cada escenario: (a), evaporación (b) y recarga neta (c).

Para cada una de las series antes mostradas, se realizó un ajuste lineal para determinar la tendencia de cada una de ellas y las cantidades totales que ellas representan. En la Tabla 2-175 muestra la pendiente media y los valores totales acumulados de los tres parámetros analizados.

Tabla 2-175 Tendencia de parámetros meteorológicos utilizados para la recarga. Valor acumulado al final de cada simulación y pendiente media de la serie acumulada.

Escenario	Precipitación		Evaporación		Recarga	
	Acumulado al año 30 (mm)	Pendiente media (mm/d)	Acumulado al año 30 (mm)	Pendiente media (mm/d)	Acumulado al año 30 (mm)	Pendiente media (mm/d)
Hindcast (1970 - 1999)	2,23e+8	2,08e+4	3,37e+8	3,09e+4	-8,64e+6	-429,38
RCP 2.6 (2030 - 2059)	2,02e+8	1,82e+4	3,10e+8	2,80e+4	-7,32e+6	-638,72
RCP 8.5 (2030 - 2059)	2,58e+8	2,43e+4	3,36e+8	3,10e+4	3,86e+7	4,10e+3

2.4.3.4 Discusión y conclusiones

En la simulación del escenario RCP2.6 se observó una menor precipitación y evaporación al final del periodo respecto a los otros escenarios, lo cual concuerda con las consideraciones de este escenario, en el cual se tiene una disminución de las emisiones atmosféricas desde el año 2020 en adelante, por lo que durante el periodo simulado se tendría una disminución de los efectos del cambio climático. Además, en términos de la recarga neta (agua que realmente ingresa al acuífero), se aprecia una cifra negativa y menor que los otros escenarios. Por otro lado, la simulación RCP8.5 que corresponde al escenario con el mayor efecto radiativo (producto de mayores emisiones antropogénicas a la atmósfera) da cuenta de la mayor evaporación acumulada al año 2030, por lo que uno esperaría que fuera el escenario más desfavorable para el sistema. Sin embargo, se observa un aumento considerable en las precipitaciones en la zona de estudio, provocando que el valor neto de la recarga sea positiva, en contraste a la simulaciones Hindcast y RCP2.6.

La tendencia al aumento de las precipitaciones en los escenarios futuros, son consistentes con los resultados presentados por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), donde las precipitaciones para el escenario RCP2.6 muestra incrementos porcentuales de un 150% en la zona norte respecto al escenario base. Sin embargo en el escenario RCP8.5 se indica que habría un déficit pluviométrico en todo el norte, centro y sur del país**Fuente especificada no válida.**, lo cual se contradice con los resultados del presente modelo local.

Para el escenario RCP8.5, el aumento de las precipitaciones es tal que la recarga neta acumulada al acuífero es positiva al final del periodo, lo cual permitiría inferir que este escenario sería benéfico para la recarga del sistema, mejorando la disponibilidad de agua en el sector. No obstante, los resultados de las simulaciones de aguas subterráneas darán luz de los efectos de este comportamiento climático en la zona de estudio.

Folio007297

2.4.4 Modelación de aguas subterráneas

El modelo de aguas subterráneas fue implementado en base a las recomendaciones entregadas en la "Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA" (SEA, 2012). La base del modelo numérico corresponde al software tridimensional de agua subterránea MODFLOW-2005, correspondiente a un software de código libre, desarrollado para modelar el flujo tridimensional de agua subterránea en cualquier acuífero en la representación de las relaciones e interacciones entre ríos y el acuífero.
La implementación de un modelo de aguas subterráneas está basada en una caracterización físicas del sistema a modelar, dentro de las cuales destacan: la topografía superficial del sistema, la caracterización del basamento rocoso, caracterización de las unidades geológicas y de sus propiedades hidráulicas, y la estimación del contacto roca relleno. Estas características principales definen el dominio de simulación, y en el cual se desarrolla el análisis de los flujos de aguas subterráneas. Estas características pueden ser obtenidas mediante diversas fuentes de información existentes tanto a nivel internacional como en nuestro país, dentro de las cuales se encuentra el USGS, NASA, SERNAGEOMIN, DGA, entre otras.
Por otra parte, la modelación de aguas subterráneas requiere de información sobre las forzantes del sistema, las que se relacionan principalmente con la recarga superficial, efectos de evaporación en zonas como salares, y otras fuentes de aporte de aguas.
El modelo MODFLOW entrega como resultado principal la evolución del nivel del acuífero en el tiempo y los flujos de aguas subterráneas asociados a esos cambios.

2.4.4.1 Enfoque de la modelación

La modelación de aguas subterráneas se basa en el desarrollo de un "modelo conceptual", el cual sirva como base en la implementación del "modelo numérico" asociado. El modelo conceptual identifica las diferentes partes y elementos del sistema físico a estudiar, realizándose conjuntamente un análisis de sus características y comportamientos bajo las condiciones actuales del sistema. Lo anterior, permite definir los alcances que son posibles de lograr por medio de la modelación numérica, sus limitaciones y la proyección esperada de lograr en los resultados.
La metodología y los pasos a seguir en la construcción del modelo numérico de aguas subterráneas se muestran esquemáticamente en la Figura 2-143.

Folio007298

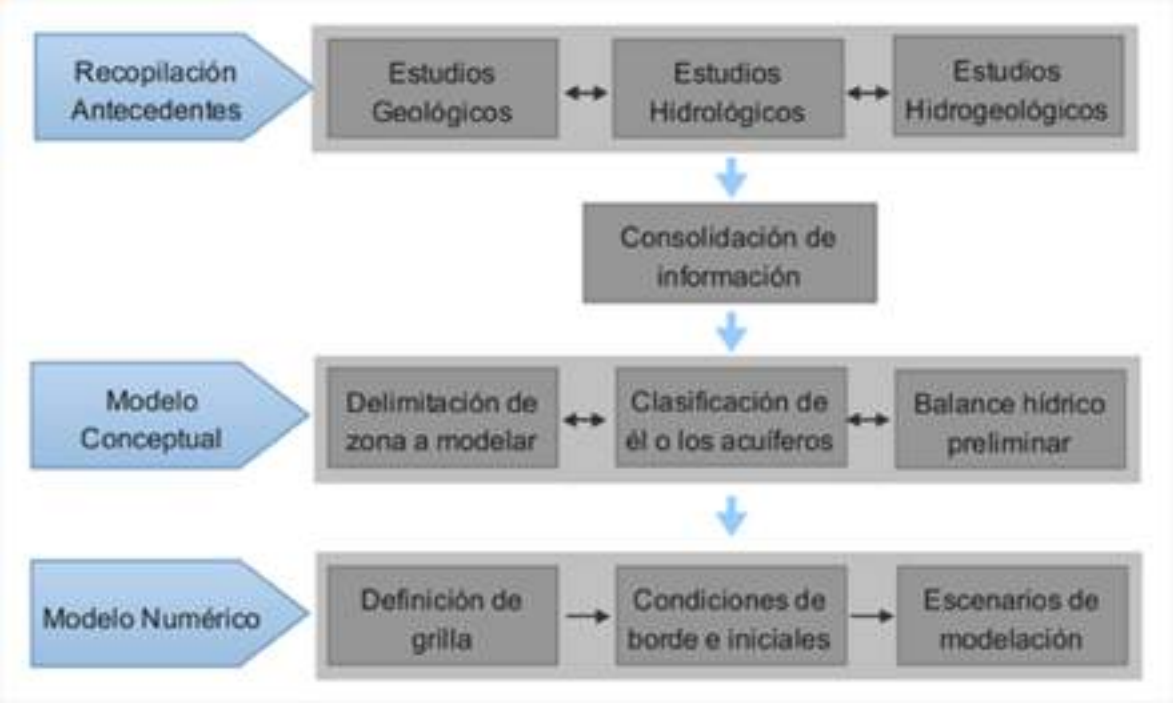


Figura 2-143. Esquema de las etapas para la construcción de un modelo numérico de aguas subterráneas.

2.4.4.2 Recopilación de antecedentes

La recopilación de información y antecedentes requeridos para la conceptualización del problema fue realizada en base a los requerimientos de información indicados en la "Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA" (SEA, 2012). Así, los antecedentes recopilados se agruparon en cuatro categorías principales de estudio, las que corresponden al **Estudio Geológico**, el **Estudio Hidrológico**, el **Estudio Hidrogeoquímico** y el **Estudio Hidrogeológico**. Para el caso del modelo numérico, el estudio hidrogeoquímico no es considerado, debido a que ese estudio apunta al análisis de la relación roca-agua desde el punto de vista de interacciones químicas y de cómo ellas alteran la calidad química del agua. No obstante, el análisis de los tres antecedentes restantes permitió la consolidación de los estudios y la creación del modelo conceptual; obteniéndose como productos base para la modelaciones numérica, las siguientes partes:

- La delimitación y subdivisión de la zona a modelar y zonas de interés, con la correspondiente definición de la geometría de las unidades hidrogeológicas y sus propiedades hidráulicas (conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento y porosidad del medio).

- Información piezométrica al interior del dominio, junto con su variabilidad temporal, permitiendo determinar además los gradientes en el sistema y el sentido de escurrimiento de agua subterránea.

- Definición de los mecanismo de recarga y descarga desde el sistema.

Folio007299

- Contar con una clasificación de él o los acuíferos involucrados (libre, confinado, semiconfinado, etc.).

- Establecer un balance hídrico preliminar en el sistema.

Cabe señalar que gran parte de la información recopilada para cada uno de los estudios antes indicados, y que definirá las condiciones actuales del sistema (condición base del modelo), fue recopilada y analizada previamente en el estudio "Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos / BIP 30126593-0" (Informe de Avance N°1). Ese informe fue desarrollado por el Centro de Ecología Aplicada para la "Seremi de Antofagasta / Ministerio del Medio Ambiente".
El **Estudio Geológico**, el **Estudio Hidrológico** y el **Estudio Hidrogeológico** pueden ser consultados en el "Informe de modelación acoplada atmosférica-hidrológica"-

2.4.4.3 Modelo conceptual

2.4.4.3.1 Alcances de la modelación

El alcance de la modelación hidrogeológica está definido por el objetivo de "Identificar y caracterizar los diferentes actores claves vinculados a los usos, presiones y amenazas de los humedales seleccionados". Este objetivo es desarrollado sobre la base de la existencia de condiciones de cambio climáticos, los que corresponderán a diferentes escenarios de modelación. Así, tanto la resolución espacial como la calidad de la información resultante de las modelaciones numéricas, debe ser suficiente para la identificación y caracterización de los actores que ejercen algún tipo de presión sobre los humedales y sistemas en estudio, ante los diferentes escenarios de cambio climático.
Es por lo anterior que, considerando las definiciones presentadas por Middlemis (2002), y utilizando la versión presentada en la "Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA" (SEA, 2012), el modelo numérico a desarrollar es considerado como de "***alta complejidad***".
Resulta necesario mencionar que; este modelo, al ser alimentado con información de un modelo de circulación regional que proyecta escenarios futuros de precipitación y evaporación, no se debe esperar que los resultados sean una "predicción" de las condiciones futuras, sino más bien una "proyección" de lo que se conoce en la física del escurrimiento de aguas subterráneas, bajo condiciones iniciales en los bordes del dominio y una proyección a escala anual de forzantes generados con un modelo de circulación atmosférica de escala global, lo cual permite conocer las tendencias de los "cambios" de esperarse y no un valor fijo, a nivel espacial y temporal del comportamiento del acuífero.
En cuanto a los resultados entregados por el modelo numérico, del procesamiento de ellos permitió generar:
- Una proyección de la evolución temporal del sistema frente a las diferentes forzantes ambientales, asociadas al cambio climático.
- Evaluación espacial de la sensibilidad de los humedales andinos ante las variaciones de las condiciones ambientales asociadas al cambio climático.
- Análisis de los impactos generados en el sistema, en el mediano y largo plazo, debido a la operación de los diferentes actores junto los efectos del cambio climático.

2.4.4.3.2 Delimitación de la zona a modelar

La modelación debe incluir al menos toda el área de estudio, y como el área de estudio presenta una geometría irregular junto con una extensión en casi todo el largo de la Región, el modelo numérico incluirá toda la región de Antofagasta. Cabe señalar que aunque se incluya toda la región de Antofagasta en el modelo numérico, gran parte del dominio se encontrará desconectado en el cálculo, por tratarse de zonas que están fuera de la zona delimitada por el contacto roca-relleno del área de estudio. Dada la gran extensión de la simulación y de las incertezas presentes al momento de definir el nivel freático inicial y condiciones de borde constantes, es que se decidió como tomar como condición de borde fija el borde costero, por lo que la simulación abarca la toda la región.
A modo de representar lo anterior, la Figura 2-144 muestra la zona de estudio, correspondiente a la cota 2000 msnm y superiores, y el dominio del modelo marcado en rojo.

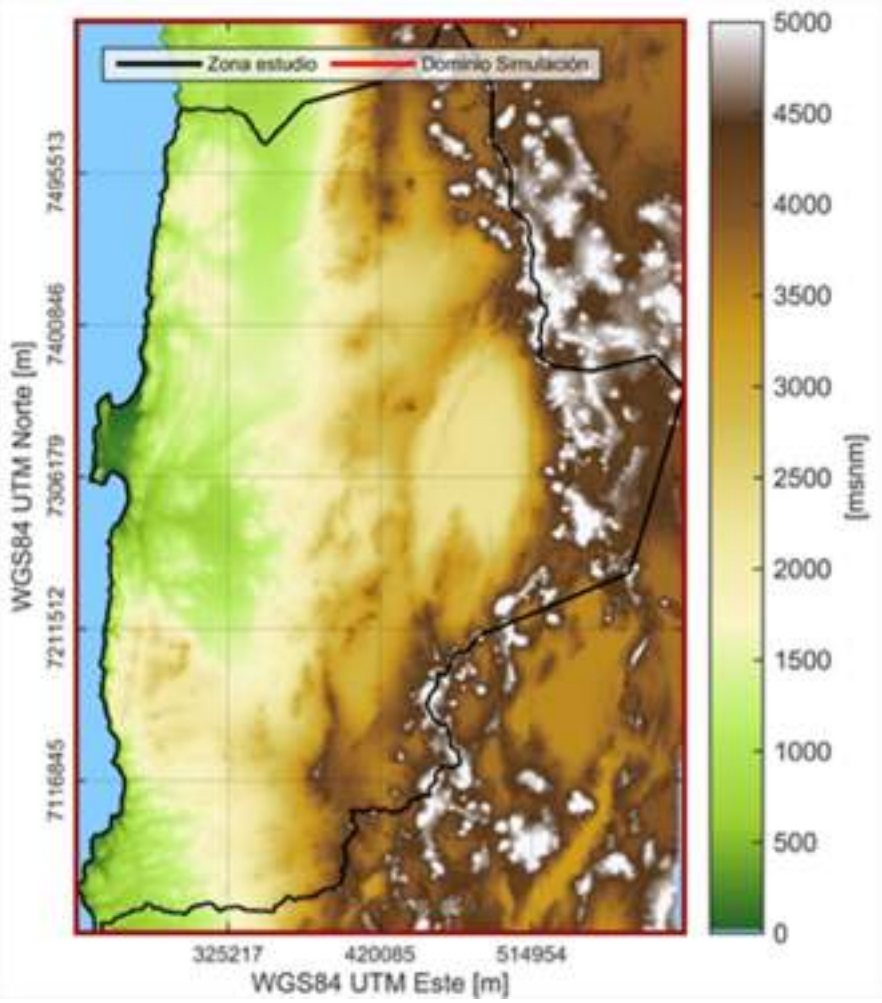


Figura 2-144 Representación gráfica de los límites de la zona de estudio, y el dominio del modelo.

Folio007301

2.4.4.4 Configuración del modelo numérico

El modelo numérico utiliza como base el software de licencia pública MODFLOW-2005. MODFLOW requiere utilizar un dominio horizontal con distanciamientos de grilla regulares para cada columna y fila, es decir, un dominio rectangular. Por el contrario, el área de estudio del proyecto posee una gran extensión geográfica junto con una forma poco regular, con lo que el dominio espacial a utilizar deberá abarcar una gran área. Esto plantea un desafío en cuanto a los recursos necesarios para la simulación, al igual que para el manejo de información. Es por ello que las modelaciones son planteadas considerando la existencia de dominios anidados, mediante los cuales sea posible poner foco y refinar los resultados en las zonas de mayor interés (zonas de humedales altoandinos). Las características geométricas de cada uno de los subdominios serán entregadas realizando una asociación a cada zona de interés.
En cuanto a las bases de información topográfica y morfológica de la zona de estudio, se resuelve utilizar modelos de elevación digital (DEM). Este tipo de información puede ser obtenida de forma libre desde diferentes fuentes de información, tanto gubernamentales como otras de carácter educacional (por ejemplo, universidades, institutos de investigación, entre otros). Cada una de las diferentes fuentes de información posee datos de elevación con características particulares en su resolución y precisión. Estas características, a su vez dependen del tipo de sensor utilizado y de la metodología asociada a la adquisición de la información. Es por ello que para la elección de la mejor fuente de información, se realizar una comparación de sus características. Así, el modelo de elevación ASTER GDEM es seleccionado al contar con una mejor resolución espacial y una buena precisión. Además, corresponde a una de las pocas fuentes, que está en constante actualización de los datos, mediante la realización de mapeos periódicos.
El detalle de la configuración del modelo puede encontrarse en el “Informe de modelación acoplada atmosférica-hidrológica”. La confección del modelo consta de las siguientes partes.

- Tamaño y orientación de la grilla
- Refinamiento y número de estratos
- Atributos en relación al tiempo
- Condiciones de borde
- Condición inicial
- Parámetros del modelo numérico
- Pozos de observación

2.4.4.4.1 Tamaño y orientación de la malla

Como discretización de la malla horizontal, se creó una grilla cuadrada con celdas de lado igual a 1,5 km en la dirección Este y 1,5 km en la dirección Norte. Con ello, cada celda del modelo tendrá una área horizontal de 2.250.000 [m^2] o 2.250 [ha]. Tal extensión en la resolución responde más bien a las condiciones de borde atmosféricas del modelo WRF, los cuales poseen una resolución de 8,3 x 8,3 km, por lo que si bien es posible generar una grilla más fina en el modelo numérico, no se mejorarían los resultados producto de la discretización del modelo
La Figura 2-145 muestra la malla generada con la discretización anteriormente mencionada. Como se observa, esta discretización logra captar adecuadamente las irregularidades del terreno, asegurando de esta forma una adecuada representación de la zona de estudio a nivel de superficie.

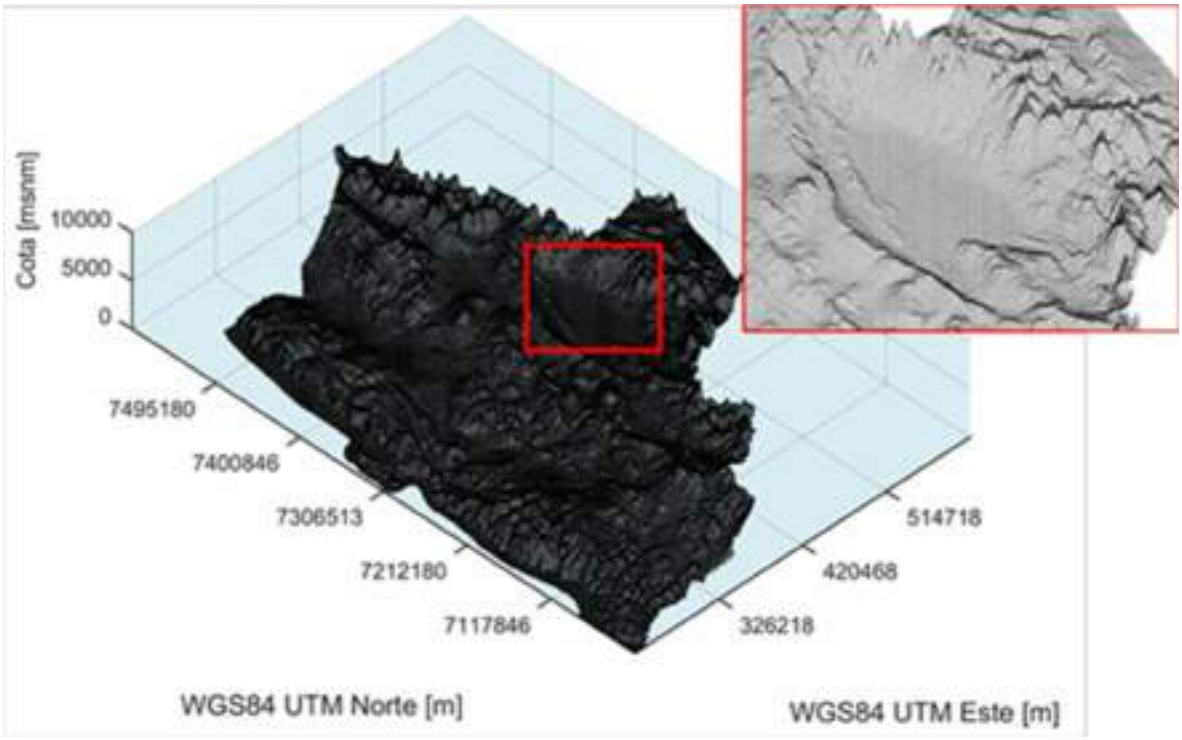


Figura 2-145 Discretización horizontal de 1500 x 1500 m del modelo numérico.

2.4.4.4.2 Refinamiento y número de estratos

Se decidió por una discretización vertical de **5 capas**, donde 4 de ellas corresponden a la formación geológica de mayor permeabilidad Q, mientras que la última capa T fue considerada como un acuitardo, con menor permeabilidad e inmediatamente aguas arriba del basamento rocoso.
A modo de simplificar la representación de estas capas, se ha realizado una serie de cortes sobre la grilla del modelo, como se presenta a continuación:

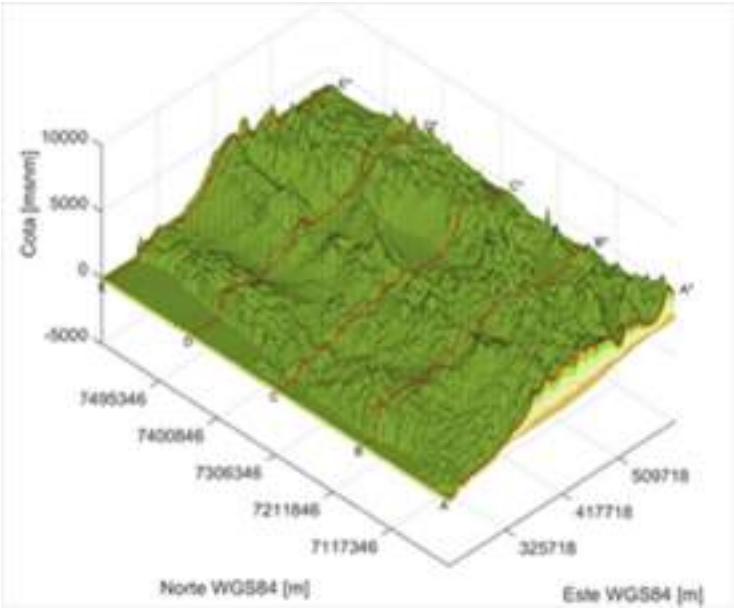


Figura 2-146 Serie de cortes en componente norte representativos de la zona de estudio.

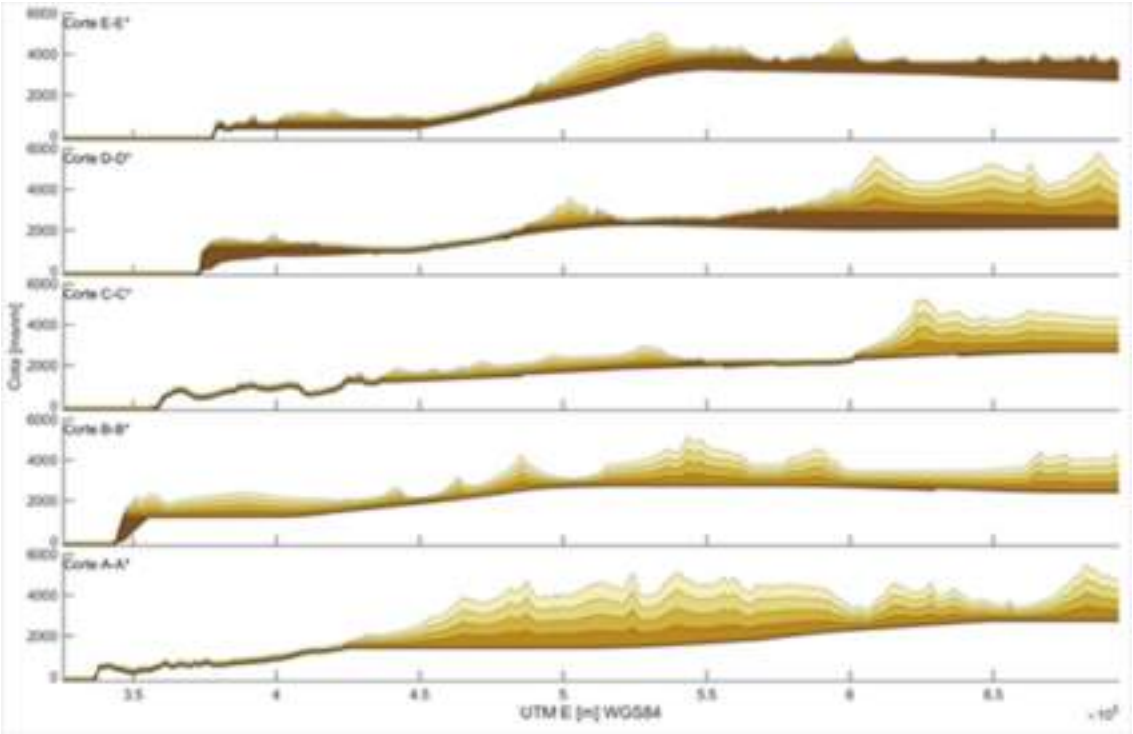


Figura 2-147 Representación de la discretización vertical del modelo. Cortes sobre el eje norte.

2.4.4.4.3 Atributos en relación al tiempo

A continuación se presentan las características temporales que han sido definidas en el modelo de aguas subterráneas, correspondientes al tipo de régimen (permanente y/o transiente) y la resolución temporal y horizonte de la simulación.

2.4.4.4.3.1 Tipo de régimen

El objetivo de la modelación numérica del estudio es la de evaluar el comportamiento y evolución temporal del sistema de aguas subterráneas (acuífero) de la zona altiplánica de la región de Antofagasta, mediante la evaluación de la condición actual y de su condición futura, debida esta última, para diferentes escenarios de cambio climático global.
Así, la evolución temporal a evaluar es a nivel anual, correspondiente a los 30 años de simulación de cambio climático para los escenarios RCP 2.6 y 8.5, más la comparación con el hindcast, este último para analizar que el downscaling haya reflejado correctamente las tendencias anuales proyectadas.

2.4.4.4.3.2 Resolución temporal y horizonte

La discretización temporal y la extensión de las simulaciones numéricas, depende de las características del problema a resolver, como los son la dinámica temporal de sus variables y la estructura interna del modelo utilizado en la resolución. En el caso de problemas de modelación de acuíferos de gran escala, la dinámica de los flujos de aguas subterráneas y los cambios en las condiciones generales de nivel del acuífero son más bien lentas, en comparación con la dinámica de los flujos superficiales y otras variables ambientales que pueden forzar el sistema.
La Tabla 2-176 da cuenta de la discretización temporal del análisis del modelo, en contraste con el forzante climático WRF, además de horizonte de simulación correspondiente a los fenómenos climáticos que se desean analizar, más el hindcast que servirá para comparar si el modelo anidado logra representar de forma adecuada la física a nivel temporal.

Tabla 2-176 Intervalo de tiempo y horizonte de la simulación

Modelo	Discretización temporal de análisis		Horizonte de simulación		
	Discretización temporal modelo	Intervalo de tiempo a representar	Hindcast	RCP 2.6	RCP 8.5
WRF	6 horas	Anual	1970-1999	2030 - 2059	2030 - 2059
Modflow	6 horas	Mensual	1970-1999	2030 - 2059	2030 - 2059

2.4.4.4.4 Condiciones de borde

En primer lugar, el modelo presenta 2 condiciones de borde espaciales **impuestas** que definen el contorno del dominio, donde existen recargas o sumideros de agua. La primera condición de borde impuesta corresponde al borde costero, el cual es de utilidad al definir el nivel freático igual a 0 m.s.n.m. Esta condición refleja de forma de forma realista el nivel del acuífero cercano al mar, donde se traduce finalmente en un sumidero de agua en el borde del dominio Oeste, asociado al flujo intrínseco de las aguas desde una cota mayor hasta el mar. Esta condición se mantiene durante toda la simulación para todos los escenarios.

Folio007305

La segunda condición de borde impuesta corresponde a los límites que fueron trazados a alrededor de la región de Antofagasta. Cabe señalar que este borde presentó dos modificaciones para generar una condición de borde **calculada** como una recarga o sumidero al sistema**:**

- Se estimó el balance hídrico en régimen permanente, mediante la condición de borde **impuesta** de carga hidráulica fija alrededor de todo el dominio. De esto se estimaron todas las recargas y sumideros de los bordes. Generando así una nueva condición de borde **calculada**.
- Para la condición de borde en régimen transiente (escenarios RCP y hindcast), se dejaron las celdas del borde libres pero se incorpora la condición de borde **calculada** de recargas y sumideros en todo el borde del dominio asociado a la región de Antofagasta, a excepción del borde costero que mantiene una carga hidráulica constante igual a 0 m.s.n.m.

De esta forma, los escenarios en régimen transiente son simulados bajo la condición de borde impuesta de borde costero con nivel freático 0 msnm, mientras que el borde de la región de Antofagasta surge del balance hídrico en régimen permanente sobre tales límites. La Figura 2-148 da cuenta de un esquema representativo de las condiciones de borde finales a utilizar en los escenarios de hindcast y de cambio climático.

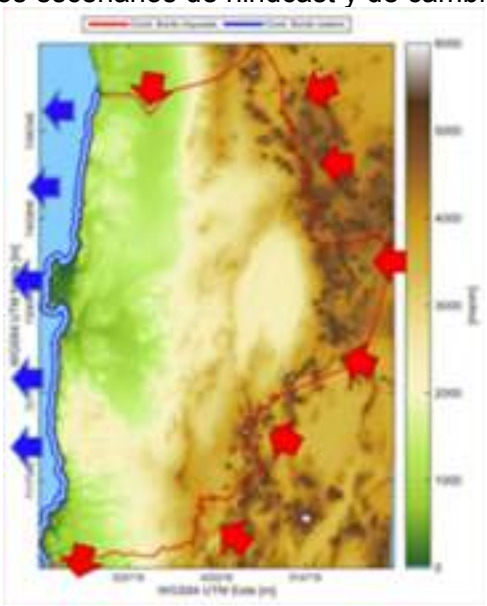


Figura 2-148 Condiciones de borde espaciales impuesta (en azul) y calculada (en rojo) del dominio activo para los escenarios a simular.

En tercer lugar, la condición de borde **impuesta** para el modelo corresponde a la evaluación temporal bajo las entradas y salidas del modelo por medio de la precipitación y evaporación, de los resultados del modelo regional WRF sobre la zona de estudio. La Figura 2-149 muestra la última condición de borde impuesta para el modelo, y la más importante según los objetivos del presente estudio.

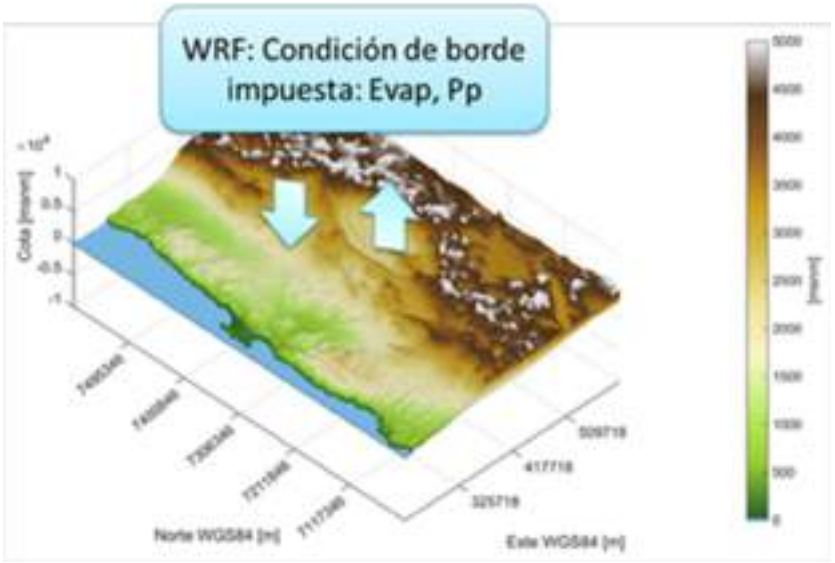


Figura 2-149 Condición de borde impuesta para los escenarios

Por último, se ha incluido como condición de borde impuesta las fallas geológicas del mapa del SERNAGEOMIN, las cuales se comportan como una barrera horizontal que deflecta el flujo subterráneo. Esta última condición fue de suma importancia ya que se observó que algunos patrones de escurrimiento solo eran posibles debido a estas barreras semipermeables.

2.4.4.4.5 Condición inicial

Tal como se mencionó anteriormente, para la confección de la condición de borde inicial se impuso carga hidráulica constante en los bordes basado en el nivel freático generado con los puntos de observación. Se corrió en régimen permanente el sistema y con ello se generó un nuevo manto del nivel freático, donde este último es el punto inicial de partida para los escenarios en régimen transiente.

2.4.4.4.6 Parámetros del modelo numérico

Los rangos de los valores de conductividad hidráulica (K), espesor del acuífero (b), coeficiente de almacenamiento (S) y capacidad específica (Sy) fueron estimados en el modelo conceptual (ver Informe de modelación acoplada atmosférica-hidrológica). Particularmente el espesor del acuífero es estimado por el modelo numérico, dado que la versión utilizada corresponde al Modflow – NWT, quien calcula mediante el nivel freático en condición libre, el espesor final y con ello la transmisividad de cada una de las celdas dentro del dominio activo de la simulación.
El valor más importante dentro del modelo de flujo corresponde a la conductividad hidráulica (K), donde además se presenta como un parámetro para la calibración propia del modelo. Los rangos se han relajado en donde finalmente en la calibración se alcanzaron cifras de entre los 0,01 m/d a los 1500 m/d.
Por otro lado, los valores de Ss ($S_s = S_y + b \cdot S$) y Sy, como simplificación a la simulación se adoptaron valores medios para todo el dominio de 0,001 m^{-1} y 0,2 respectivamente.

Folio007307

2.4.4.5 Resultados

La Figura 2-150 da cuenta de los resultados asociados a la variación porcentual del nivel freático respecto a la condición inicial, donde se aprecia que para el escenario Hindcast existe una disminución en los niveles de agua en el salar de Atacama, mientras que para los escenarios de cambio climático se ve una tendencia completamente contraria, con un aumento del nivel freático de forma generalizada. Lo anterior guarda relación a que los escenarios simulados por el WRF mostraron una tendencia a aumento de las precipitaciones en la zona de estudio. En la misma figura se han graficado los sistemas de interés tales como cuerpos de agua y vegas-bofedales.

Folio007308

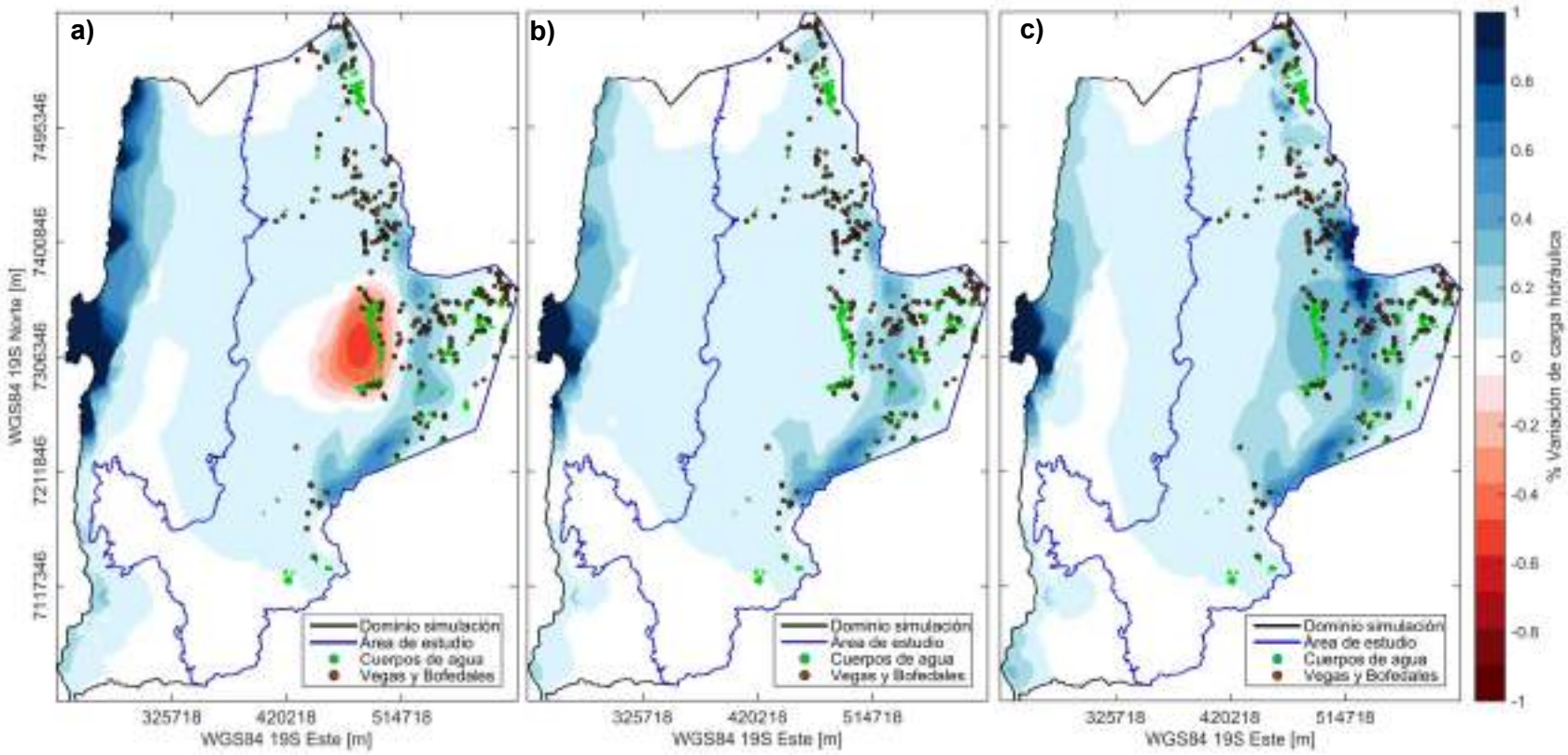


Figura 2-150 Variación de la carga hidráulica entre la condición inicial y final de la simulación para los escenarios Hindcast (a), RCP 2.6 (b) y RCP 8.5 (c).

Folio007309

Con el objetivo de analizar la tendencia real de la afectación del cambio climático respecto a la situación actual, se calculó la diferencia de las variaciones entre los escenarios RCP versus la situación Hindcast. Para comprender este procedimiento de análisis, la Figura 2-151 muestra a modo de ejemplo una representación del cálculo de las variaciones entre escenarios, donde en principio es comparar qué pasaría si la tendencia actual del clima (Hindcast) sigue igual durante los próximos 30 años, y compararla con la situación de cambio climático (RCPa y RCPb). De esta forma se puede analizar si efectivamente el cambio climático se traduce en una mejoría o no considerando la tendencia actual.
Por otro lado, y análogo al estudio de la DMC, el ejercicio de estimar los campos de diferencias entre escenarios pueden obtenerse conclusiones válidas, dado que si el modelo presenta errores sistemáticos estos son anulados al calcular las mencionadas diferencias.
La Figura 2-152 da cuenta de los resultados espaciales de esta variación entre escenarios.

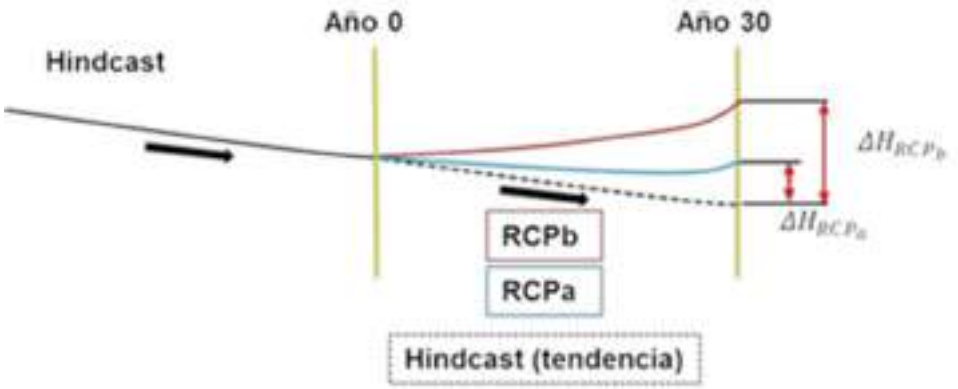


Figura 2-151 Representación del análisis de la tendencia de los escenarios de cambio climático v/s Hindcast

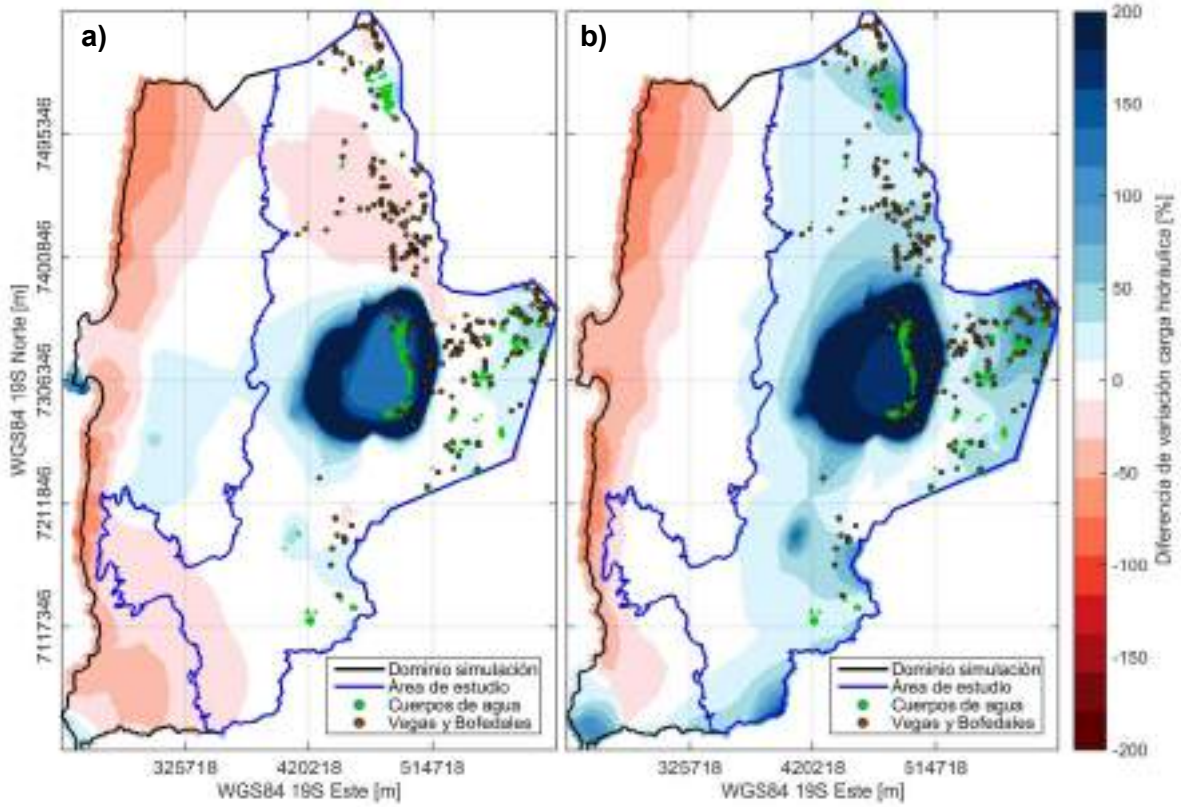


Figura 2-152 Diferencia porcentual de variación de carga hidráulica entre los escenarios de cambio climático RCP 2.6 (a) y RCP 8.5 (b) v/s el escenario Hindcast.

Se analizó la totalidad de celdas para generar un histograma de las variaciones porcentuales que dieran cuenta a nivel global de los cambios generados. En la Figura 2-153 se puede apreciar que el escenario RCP 2.6 (a) provoca tanto un aumento como una disminución porcentual de carga hidráulica en la zona sobre los 2000 m.s.n.m., con una tendencia en ciertas celdas con aumentos sobre el 100% respecto al escenario Hindcast. A nivel espacial Figura 2-152 muestra que tales aumentos se encuentran en la zona asociada al Salar de Atacama, mientras que las disminuciones, en su mayoría no mayores al 50%, se encuentran ubicadas en el sector norte del dominio, cercano a la localidad de Calama.

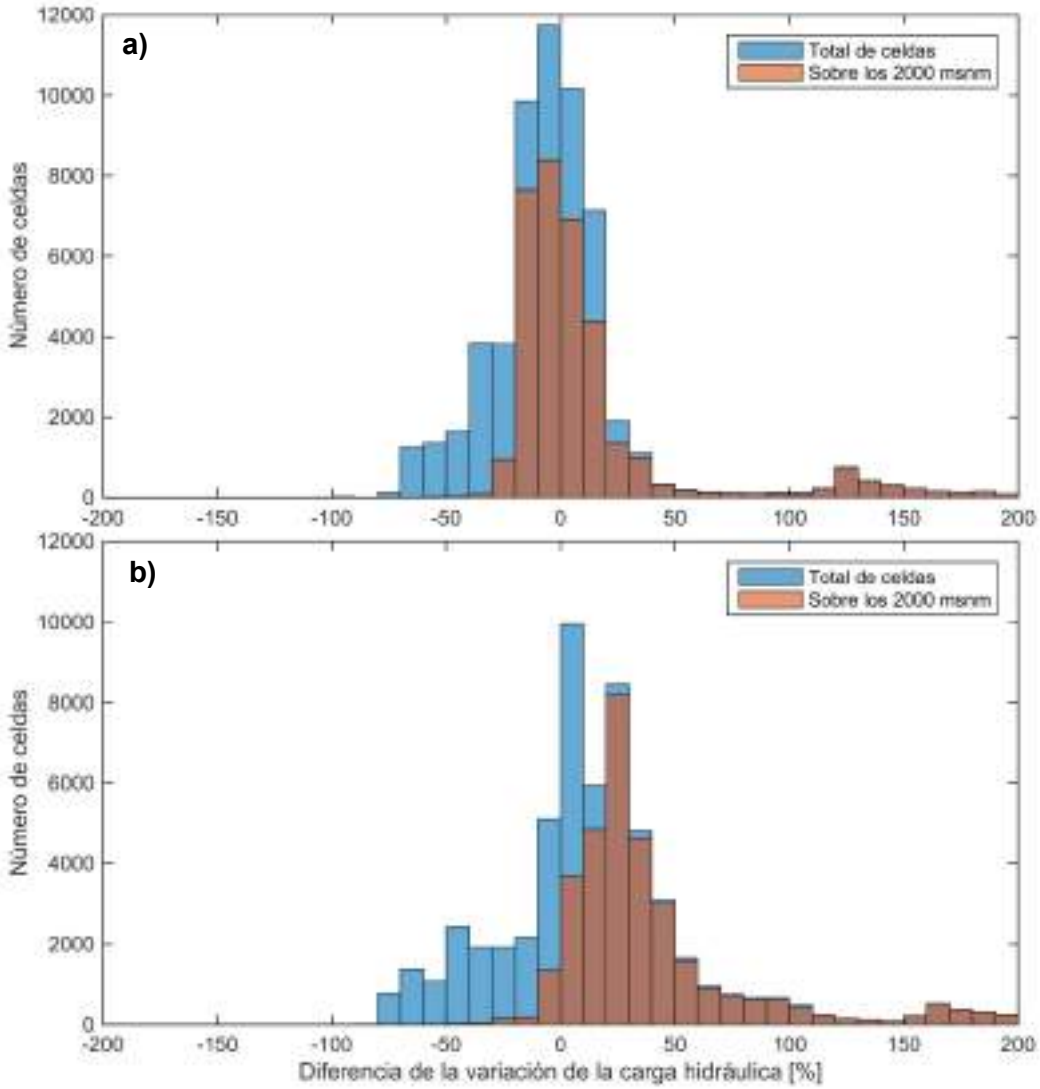


Figura 2-153 Histograma de las variaciones porcentuales de carga hidráulica entre los escenarios de cambio climático RCP 2.6 (a) y RCP 8.5 (b) v/s el escenario

Hindcast, para el total del dominio simulado y para las celdas con una cota sobre los 2000 msnm.

Por otro lado, el escenario RCP 8.5 (b) da cuenta de una tendencia favorable al acuífero, donde en su mayoría las cifras indican un aumento porcentual de la variación de la carga hidráulica en toda la zona de estudio respecto a la tendencia actual, con un aumento muy marcado en el contorno asociado al Salar de Atacama, similar al caso RCP 2.6. A nivel general, sobre los 2000 m.s.n.m. las celdas presentan una moda cercana al 25% y 0% para el escenario RCP 2.6 y RCP 8.5, respectivamente.
En resumen, los resultados anteriores dan cuenta que el cambio climático provocaría una mejora generalizada de los acuíferos, con un aumento en los niveles de éstos (a excepción de la zona norte en el RCP 2.6) respecto a la tendencia actual.
Este comportamiento tiene su explicación en los forzantes asociados al modelo local simulado con el WRF, el cual mostró un aumento significativo para las precipitaciones en toda la región de Antofagasta, lo cual es consistente con los resultados presentados en el Informe Final de la DMC, donde se encontró que en la zona norte (costera) de Chile aumentaría el ingreso de masa de agua, mientras que en la zona centro y sur éstas disminuirán.
En el siguiente acápite se presenta un análisis de los resultados asociados a los sistemas humedales en la zona de estudio, para luego estimar un Indicador de Vulnerabilidad representativo a la variación producto del cambio climático

2.4.4.5.1 Indicador de vulnerabilidad ante cambio climático (IVCC)

Con el objetivo de evaluar los Cuerpos de Agua Priorizados (CA) y Vegas-Bofedales (VB), es que se extrajo la información de la variación de carga hidráulica de los escenarios de cambio climático, utilizando la ubicación de estos sistemas.
El procedimiento de extracción de datos fue distinto para los sistemas de humedales del tipo CA y VB. En el caso del primero, se consideró el conjunto de celdas del modelo que interceptaran los cuerpos de agua, para luego generar estadísticos de cada sistema (valor medio, mínimo, máximo y desviación estándar). Para las VB, se observó que estos sistemas son pequeños en comparación a la grilla del modelo de aguas subterráneas, por lo cual quedaban insertos en una sola celda. Para mejorar la representatividad de la zona en la cual se ubican las VB, se decidió que el procedimiento de obtención de información desde el modelo sería según la celda en la cual se encuentra el humedal más la totalidad de las celdas contiguas o cercanas. Lo anterior implica que para cada VB fueron consideradas 9 celdas en total del dominio, tal como muestra la Figura 2-154.

Folio007313

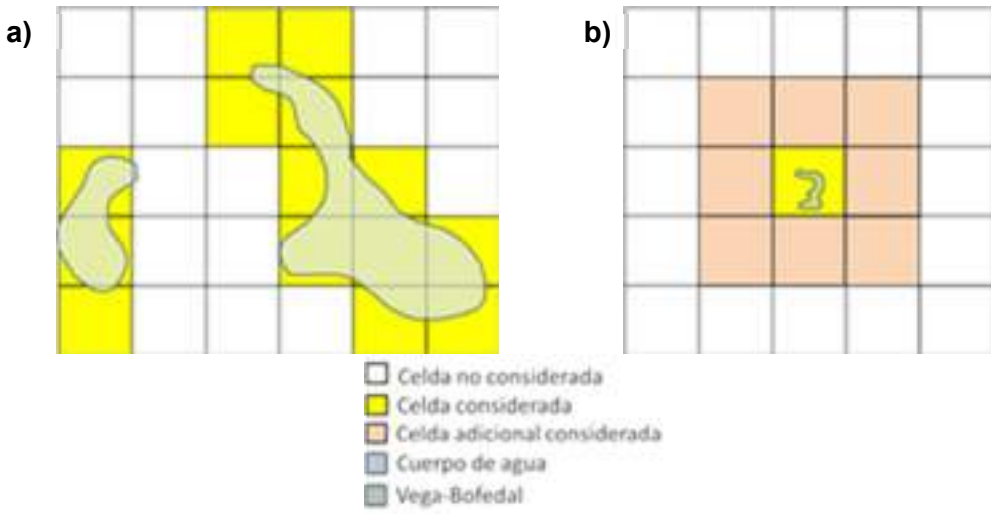


Figura 2-154 Procedimiento de obtención de información de los Cuerpos de Agua Agrupados (a) y Vegas-Bofedales (b) dentro del modelo numérico de aguas subterráneas.

Luego se estimaron estadísticos representativos para cada uno de estos sistemas de humedales, tanto por separado como también del conjunto, con el objetivo de captar las tendencias individuales y globales. Los valores estadísticos para CA y VB se presentan en el **Anexo B.11.**

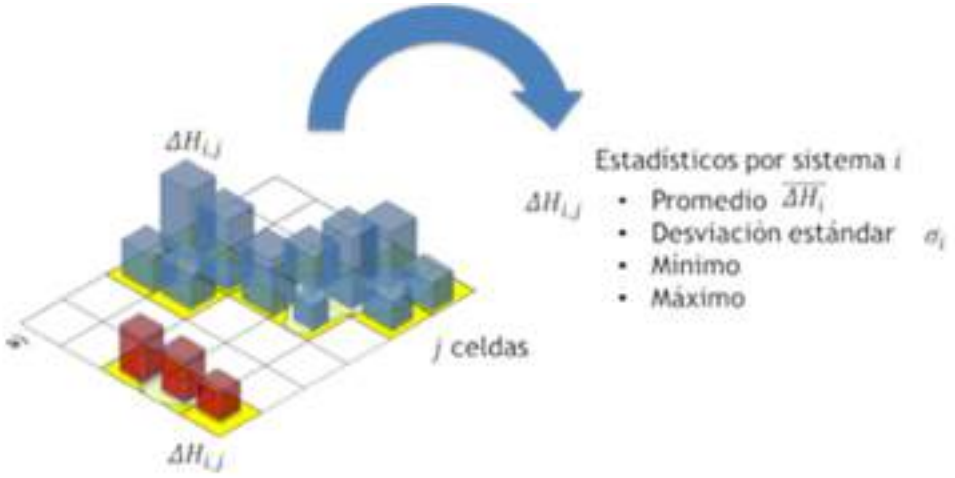


Figura 2-155 Representación de extracción de estadísticos por sistemas de humedales de los resultados del modelo.

Una representación simplificada se presenta en la Figura 2-156 y Figura 2-159, donde se grafican los estadísticos en forma de cajas para cada sistema. Cada caja indica: en una línea roja la mediana, el borde inferior y superior de la caja percentiles 25 y 75 respectivamente, y las líneas fuera de la caja el mínimo y máximo. Las cruces rojas representan valores fuera de rango u “outliers”, celdas que no serían representativas de la tendencia del humedal.

Folio007314

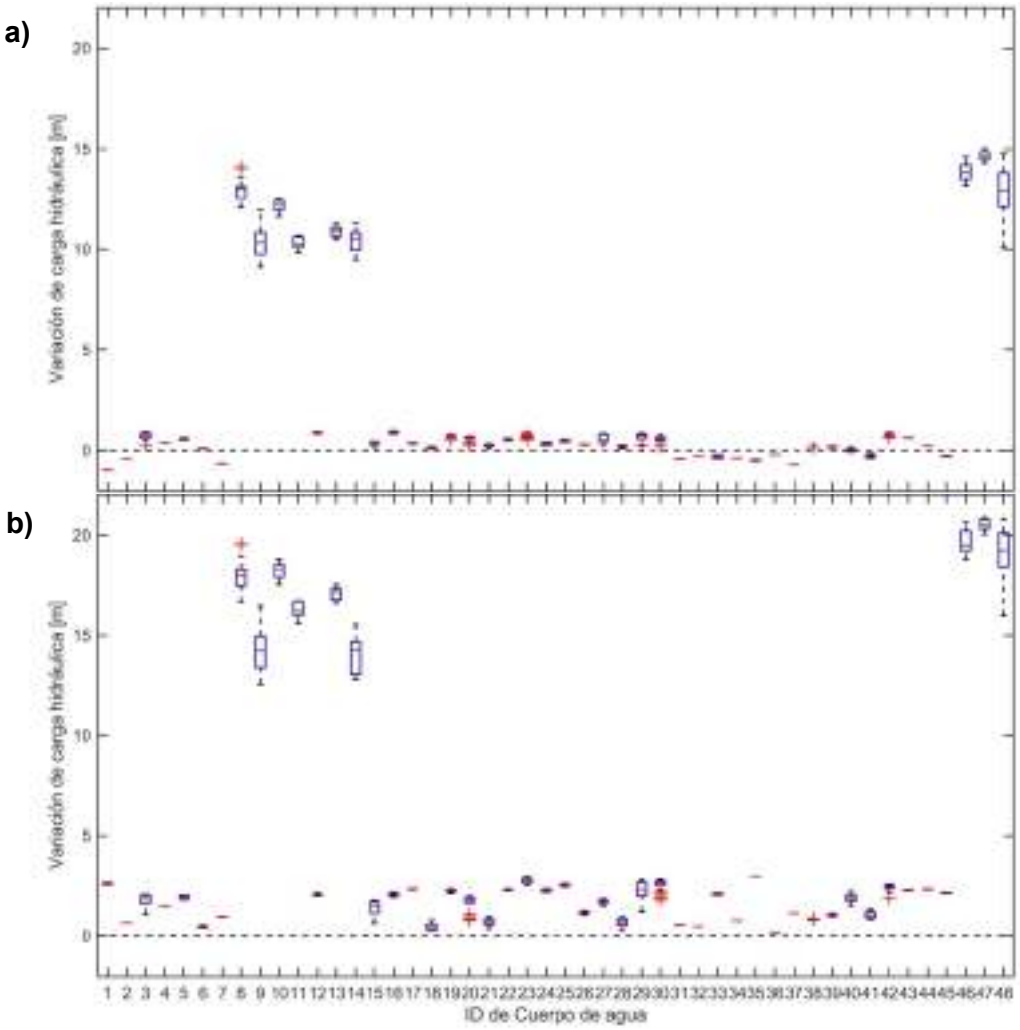


Figura 2-156 Variación de los cambios entre los escenarios de cambio climático RCP 2.6 (a) y RCP 8.5 (b) v/s el escenario Hindcast, para los cuerpos de agua agrupados (CA).

Folio007315

a)

b)

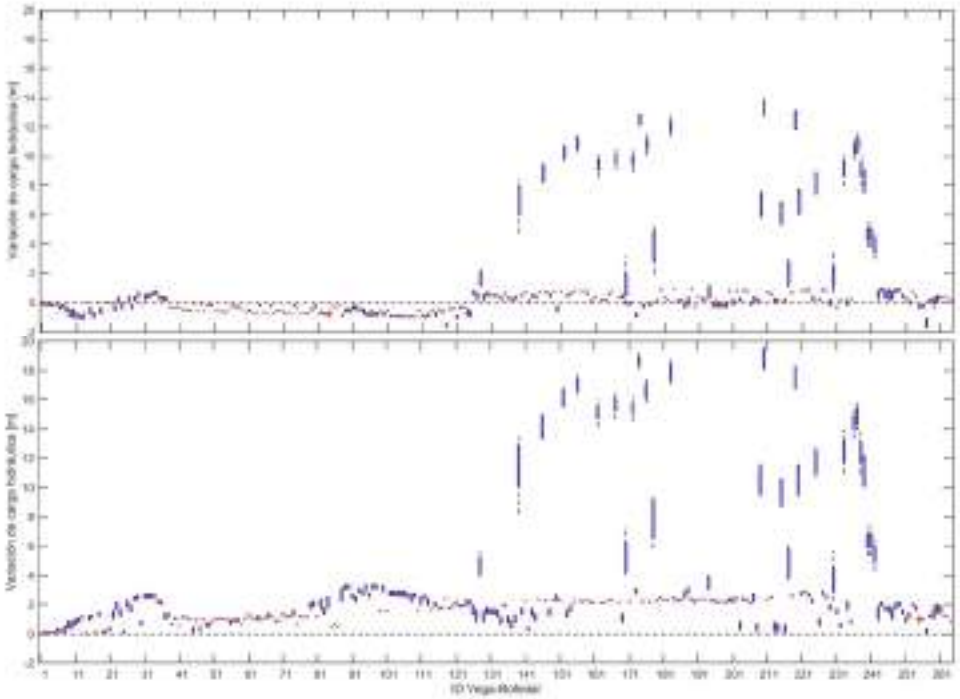


Figura 2-157 Variación de los cambios entre los escenarios de cambio climático RCP 2.6 (a) y RCP 8.5 (b) v/s el escenario Hindcast, para las Vegas-Bofedales.

Con los estadísticos se calculó un Índice de Vulnerabilidad asociado al Cambio Climático (IVCC). Para ello se utilizó el promedio y la desviación estándar de cada uno de los sistemas para incorporar el valor medio y la incertidumbre dentro del análisis, luego se adimensionalizó y normalizó con los valores estadísticos del conjunto y se generó un polinomio con factores de peso. Luego estos valores fueron categorizados como muestra la Tabla 2-177, rangos que son idénticos al análisis multicriterio del estudio anterior.

Tabla 2-177 Rangos de Vulnerabilidad según IVCC

Vulnerabilidad al Cambio Climático	Rangos
Muy Alta	> 0,5
Alta	0,4 a 0,5
Media	0,2 a 0,4
Baja	< 0,2

Los resultados del cálculo del IVCC y la categorización de los sistemas de humedales pueden encontrarse en el **Anexo B.11.**
La información anterior, distribuida espacialmente, se muestra en la Figura 2-158 y Figura 2-159, para el escenario RCP 2.6 v/s Hindcast y la Figura 2-160 y Figura 2-161 para el escenario RCP 8.5 v/s Hindcast, donde cada set de figuras se asocia a los sistemas de humedales CA y VB respectivamente.

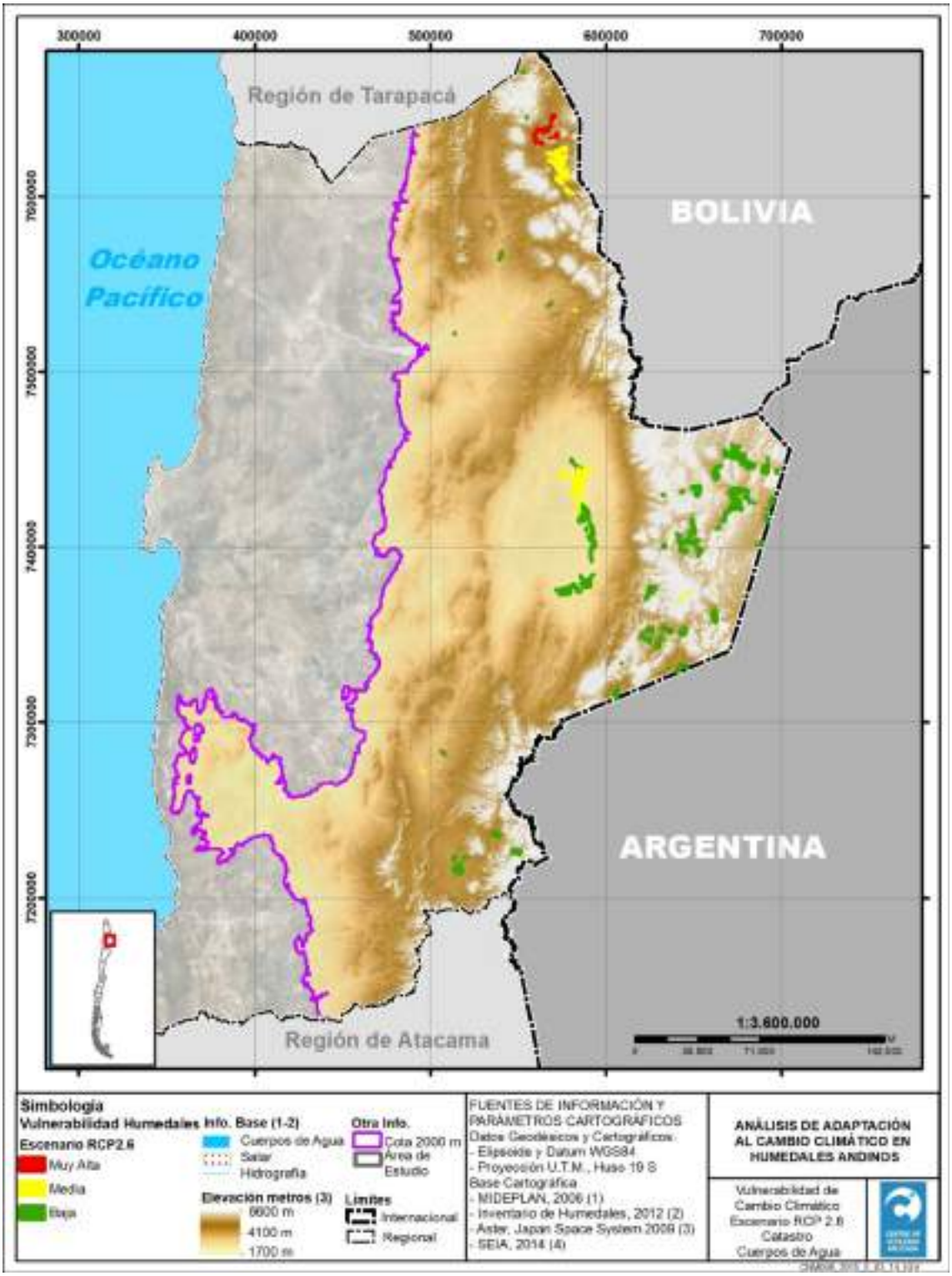


Figura 2-158 Vulnerabilidad de Cambio Climático Escenario RCP 2.6 Catastro Cuerpos de Agua

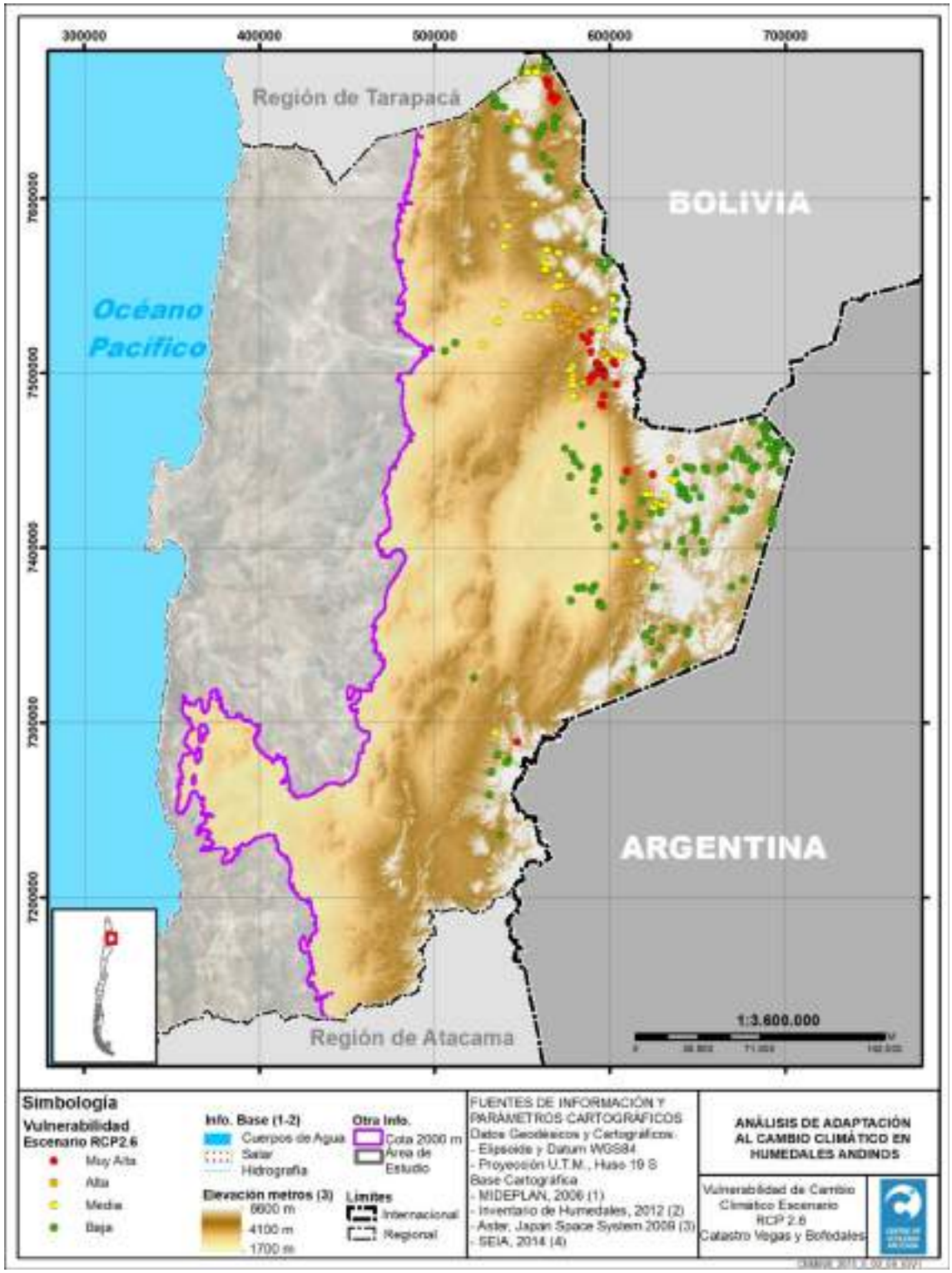


Figura 2-159 Vulnerabilidad de Cambio Climático Escenario RCP 2.6 Catastro Vegas-Bofedales

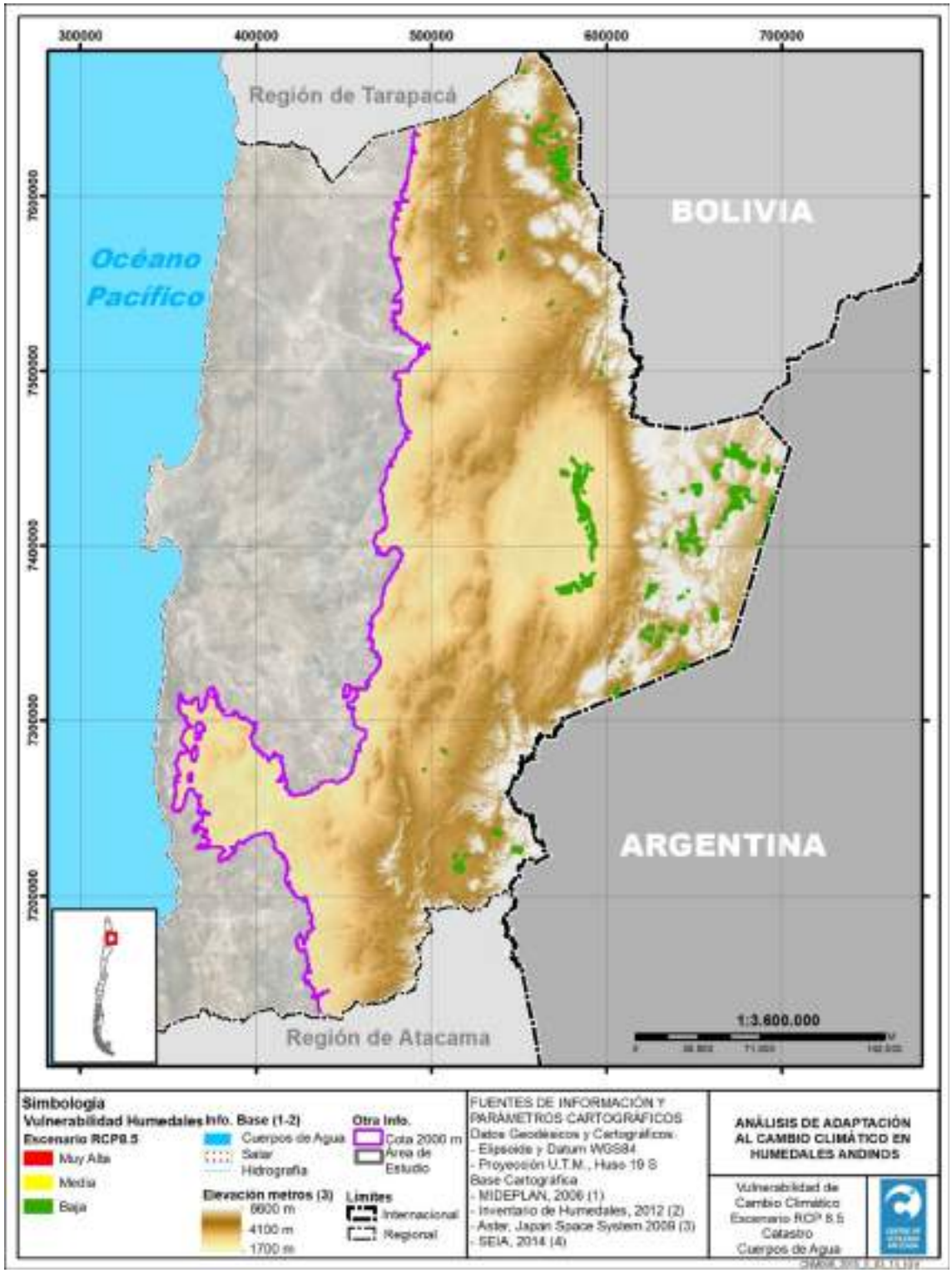


Figura 2-160 Vulnerabilidad de Cambio Climático Escenario RCP 8.5 Catastro Cuerpos de Agua

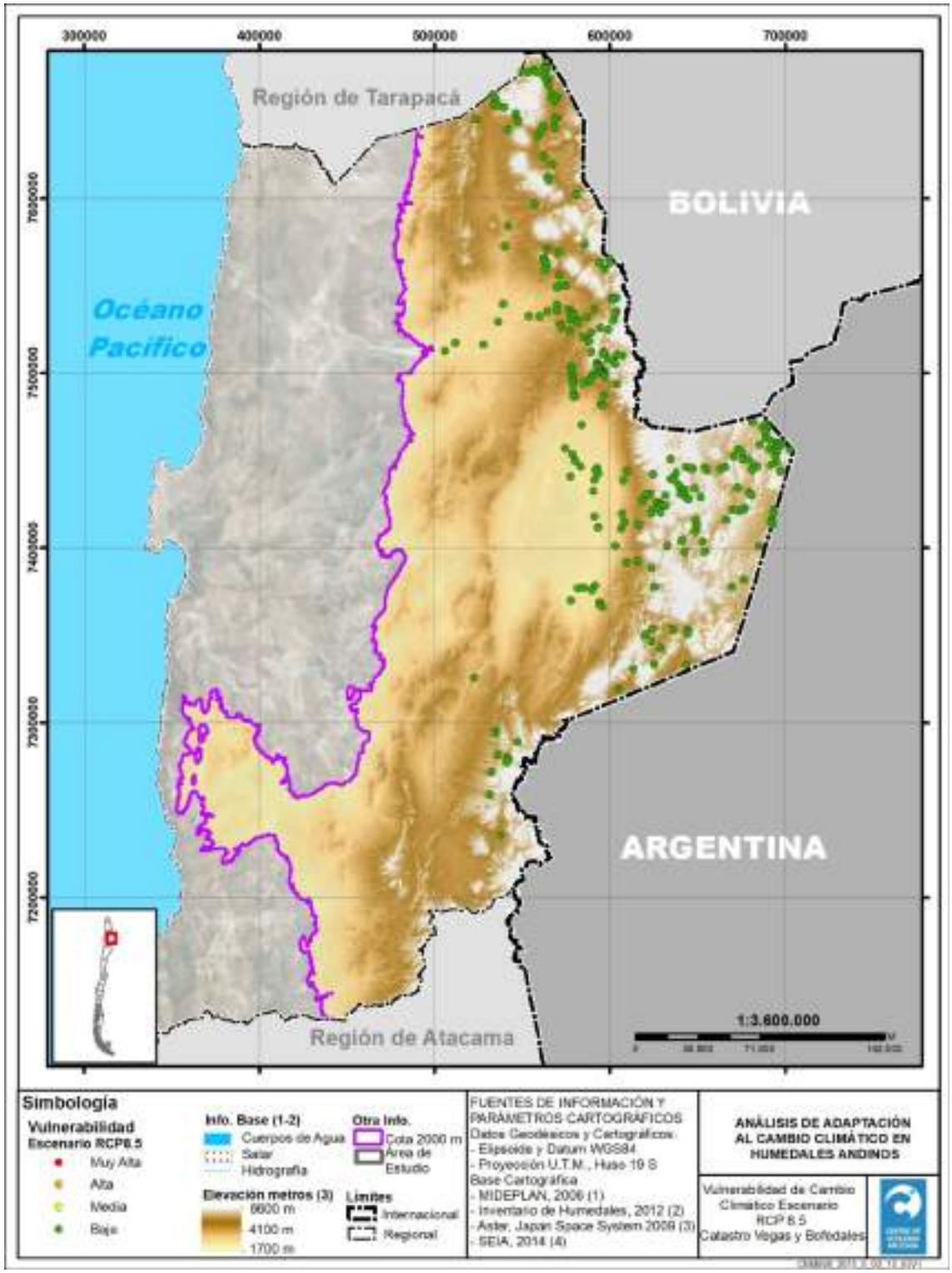


Figura 2-161 Vulnerabilidad de Cambio Climático Escenario RCP 8.5 Catastro Vegas-Bofedales

Folio007320

Las Tabla 2-178 y Tabla 2-179 dan cuenta de la distribución porcentual de los resultados para los humedales CA y VB, respectivamente. Asimismo, en las Figura 2-162 y Figura 2-163 se muestra la clasificación de Vulnerabilidad para CA y VB respectivamente.

Tabla 2-178 Vulnerabilidad de Cuerpos de Agua Agrupados según estado de Vulnerabilidad de cambio climático.

Vulnerabilidad	RCP 2.6 - Hindcast		RCP 8.5 - Hindcast	
	N°	%	N°	%
Muy Alta	1	2%	0	0%
Alta	0	0%	0	0%
Media	9	19%	0	0%
Baja	38	79%	48	100%
Total	**48**	**100%**	**48**	**100%**

Tabla 2-179 Vulnerabilidad de Vegas-Bofedales según estado de Vulnerabilidad de cambio climático.

Vulnerabilidad	RCP 2.6 - Hindcast		RCP 8.5 - Hindcast	
	N°	%	N°	%
Muy Alta	37	14%	0	0%
Alta	20	8%	0	0%
Media	56	21%	0	0%
Baja	151	57%	264	100%
Total	**264**	**100%**	**264**	**100%**

Folio007321

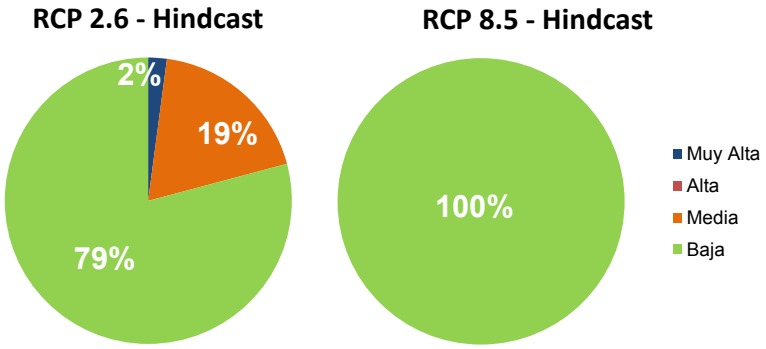


Figura 2-162 Porcentaje de Cuerpos de Agua Agrupados según estado de Vulnerabilidad de cambio climático.

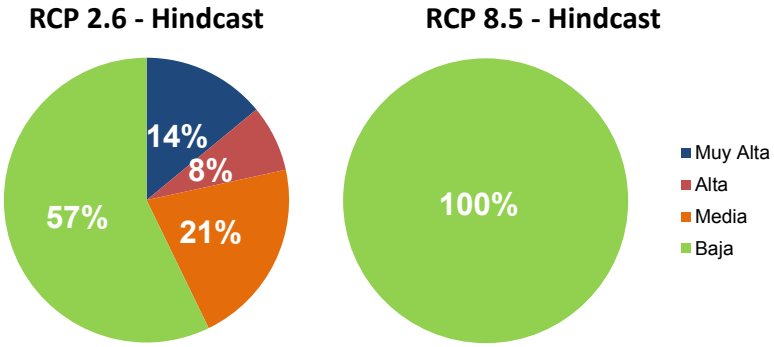


Figura 2-163 Porcentaje de Vegas-Bofedales según estado de Vulnerabilidad de cambio climático.

Los resultados anteriores indican una distribución porcentual con tendencia a una **Baja Vulnerabilidad** en la mayoría de los sistemas de humedales. Donde el escenario RCP 8.5 es el que menor efecto tendría, con una baja vulnerabilidad en la totalidad de los sistemas.

Folio007322

2.4.4.5.2 Clasificación de riesgo humedales

Con el objetivo de combinar el Índice General de Vulnerabilidad (IGV) y el Índice de Vulnerabilidad de Cambio Climático (IVCC), se realizó una nueva categorización en base a la "Condición del Humedal" y la "Vulnerabilidad" estimada en el acápite anterior. Para ello se generó una combinatoria de todas las alternativas posibles entre las dos clasificaciones anteriores. La Tabla 2-180 muestra la clasificación final efectuada.

Tabla 2-180 Clasificación final de riesgo asociado a los sistemas de humedales, según todas las alternativas entre Condición del humedal y la Vulnerabilidad de Cambio Climático

Combinatoria	Clasificación final de riesgo del sistema
Inestable y Muy alta	Riesgo alto
Inestable y Alta	Riesgo alto
Inestable y Media	Riesgo alto
Inestable y Baja	Riesgo medio
Estable con presión y Muy Alta	Riesgo alto
Estable con presión y Alta	Riesgo Medio
Estable con presión y media	Riesgo medio
Estable con presión y baja	Riesgo bajo
Estable y Muy Alta	Riesgo medio
Estable y Alta	Riesgo medio
Estable y media	Riesgo bajo
Estable y Baja	Riesgo bajo

Esta categorización fue aplicada a los tres escenarios: Hindcast, RCP 2.6 y RCP 8.5, resultados que se muestran a nivel espacial en la Figura 2-164 a la Figura 2-169.

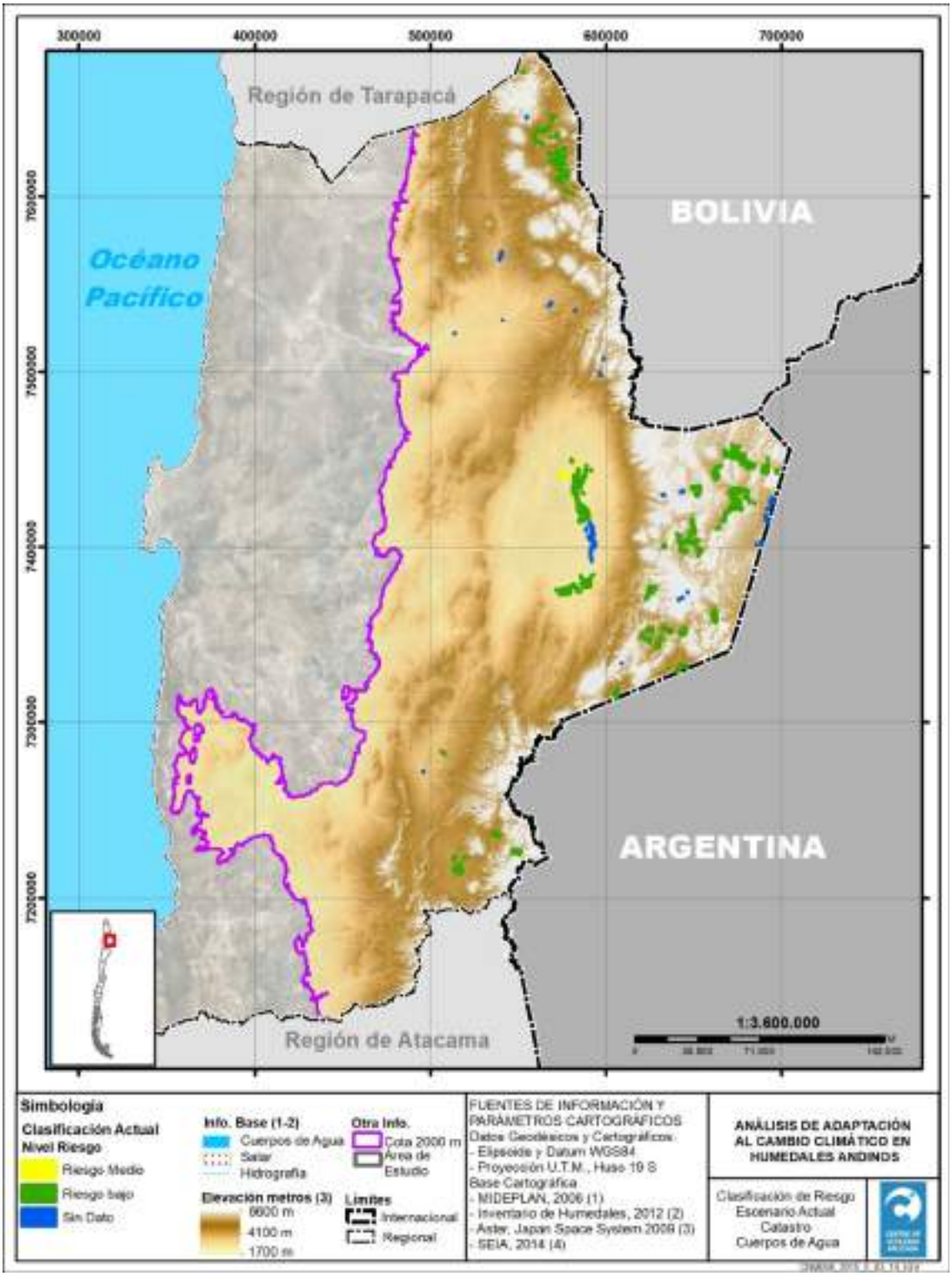


Figura 2-164 Clasificación de Riesgo para el catastro Cuerpos de Agua, según el escenario actual.

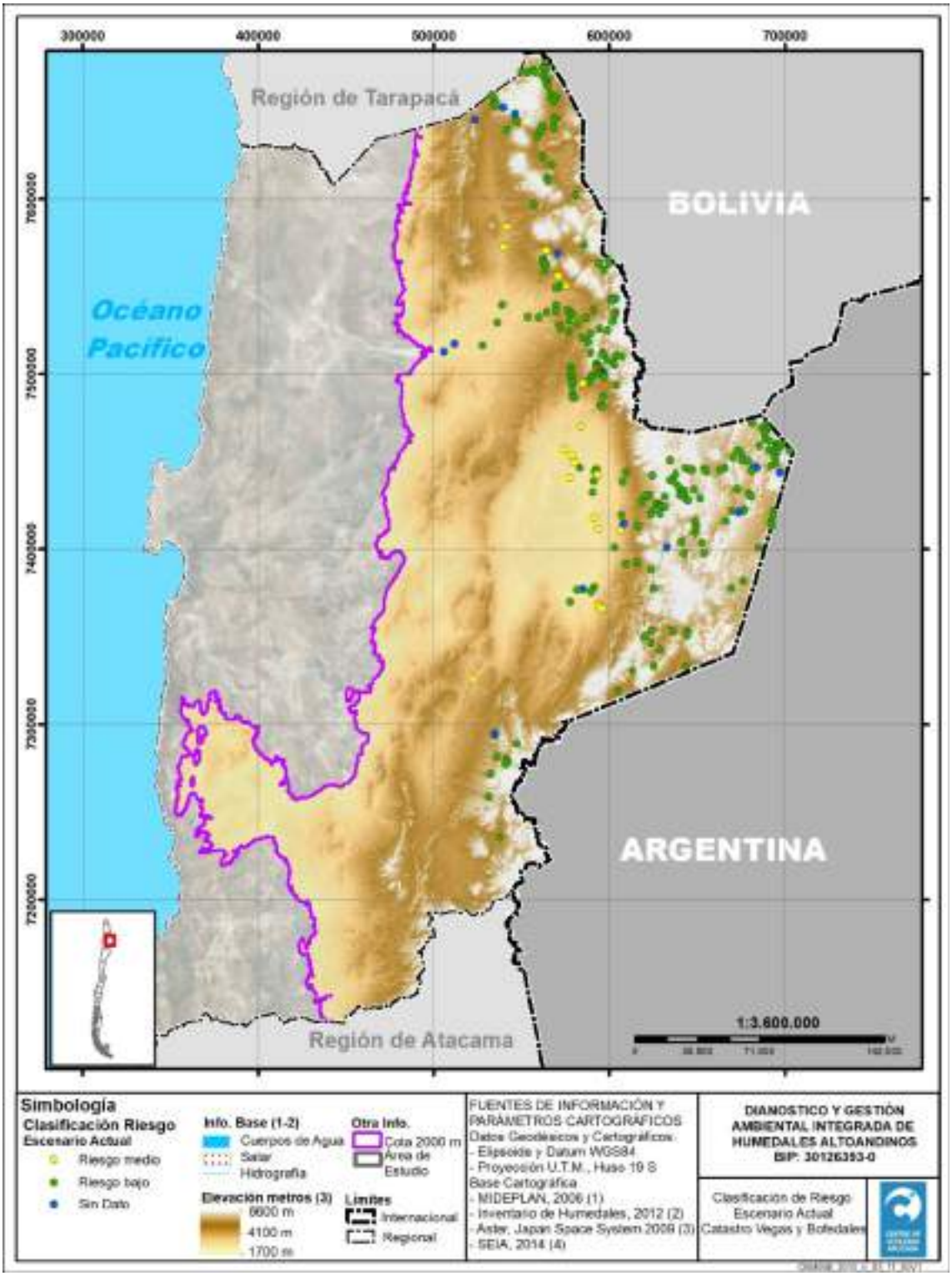


Figura 2-165 Clasificación de Riesgo para el catastro de Vegas-Bofedales, según el escenario actual.

Folio007325

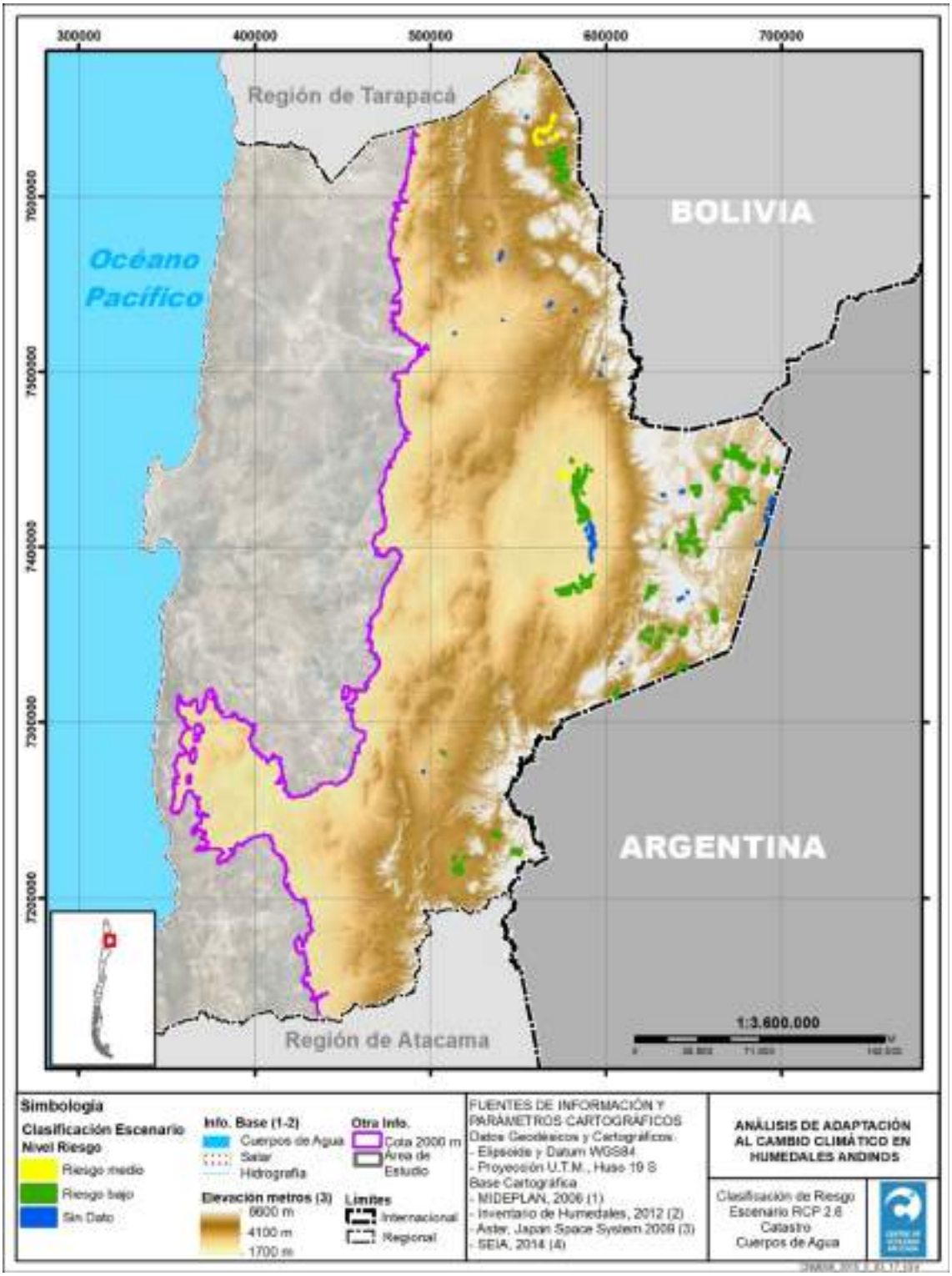


Figura 2-166 Clasificación de Riesgo para el catastro de Cuerpos de Agua, según el escenario RCP 2.6

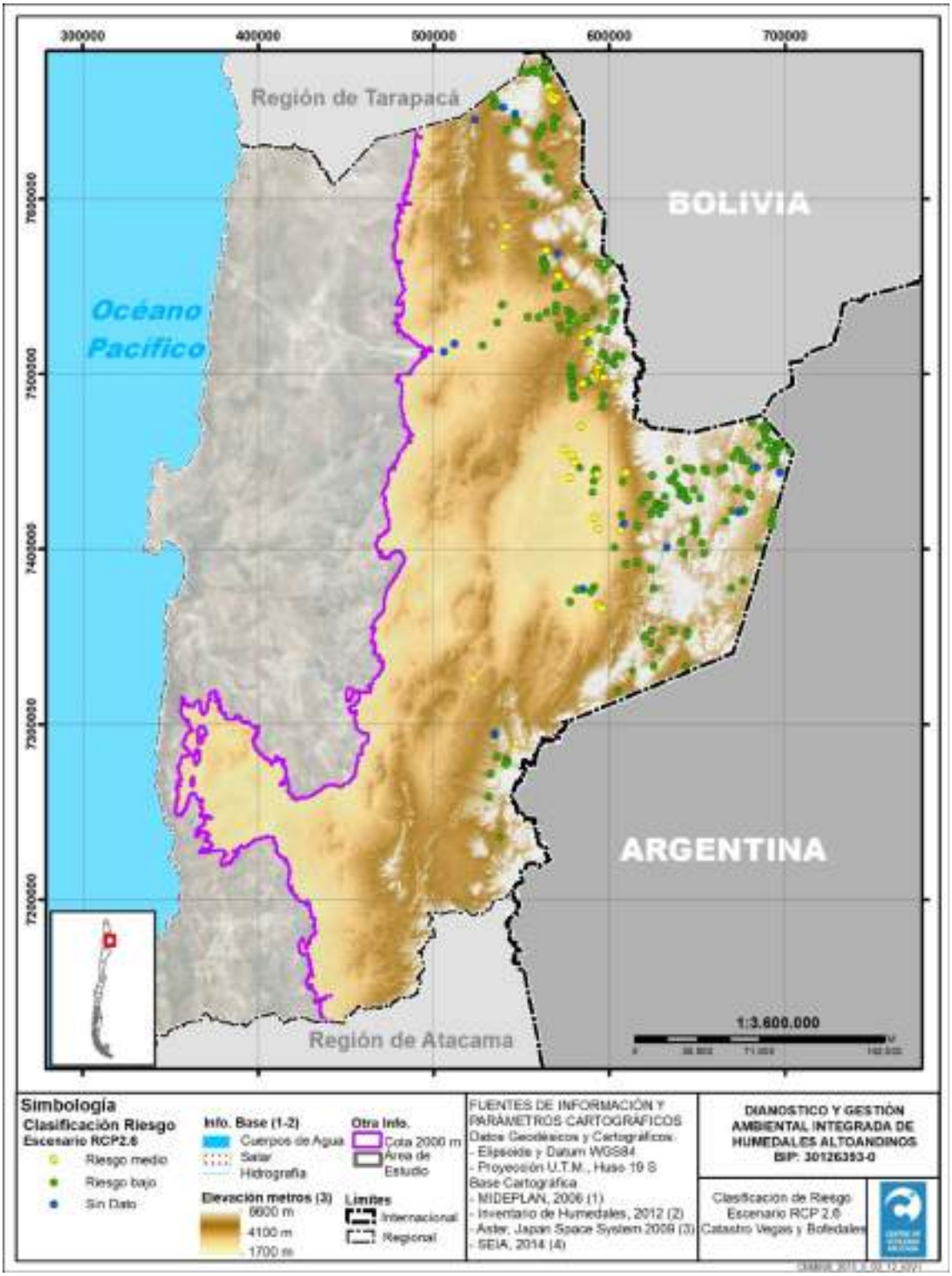


Figura 2-167 Clasificación de Riesgo para el catastro de Vegas-Bofedales, según el escenario RCP 2.6.

Folio007327

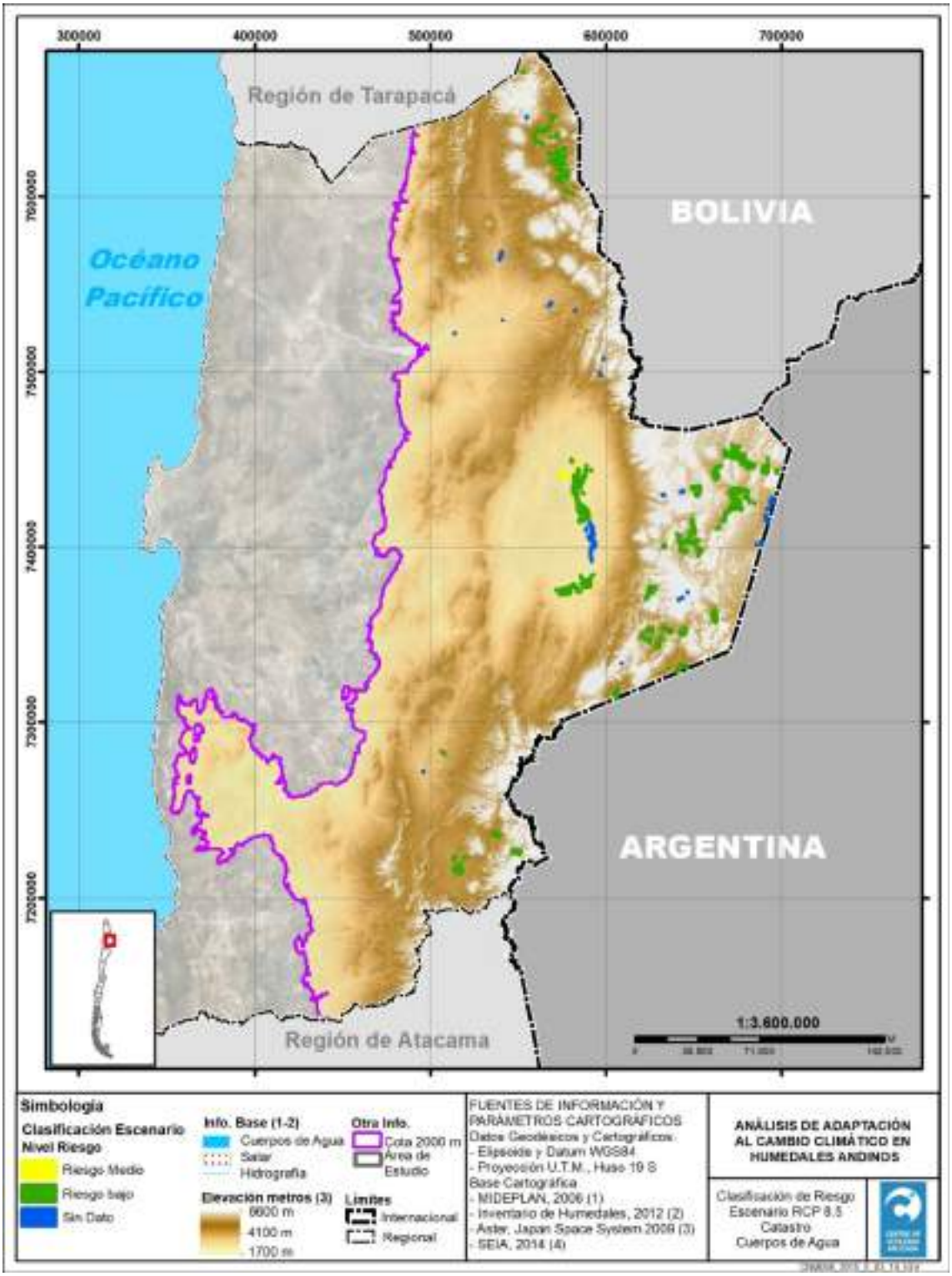


Figura 2-168 Clasificación de Riesgo para el catastro de Cuerpos de Agua, según el escenario RCP 8.5.

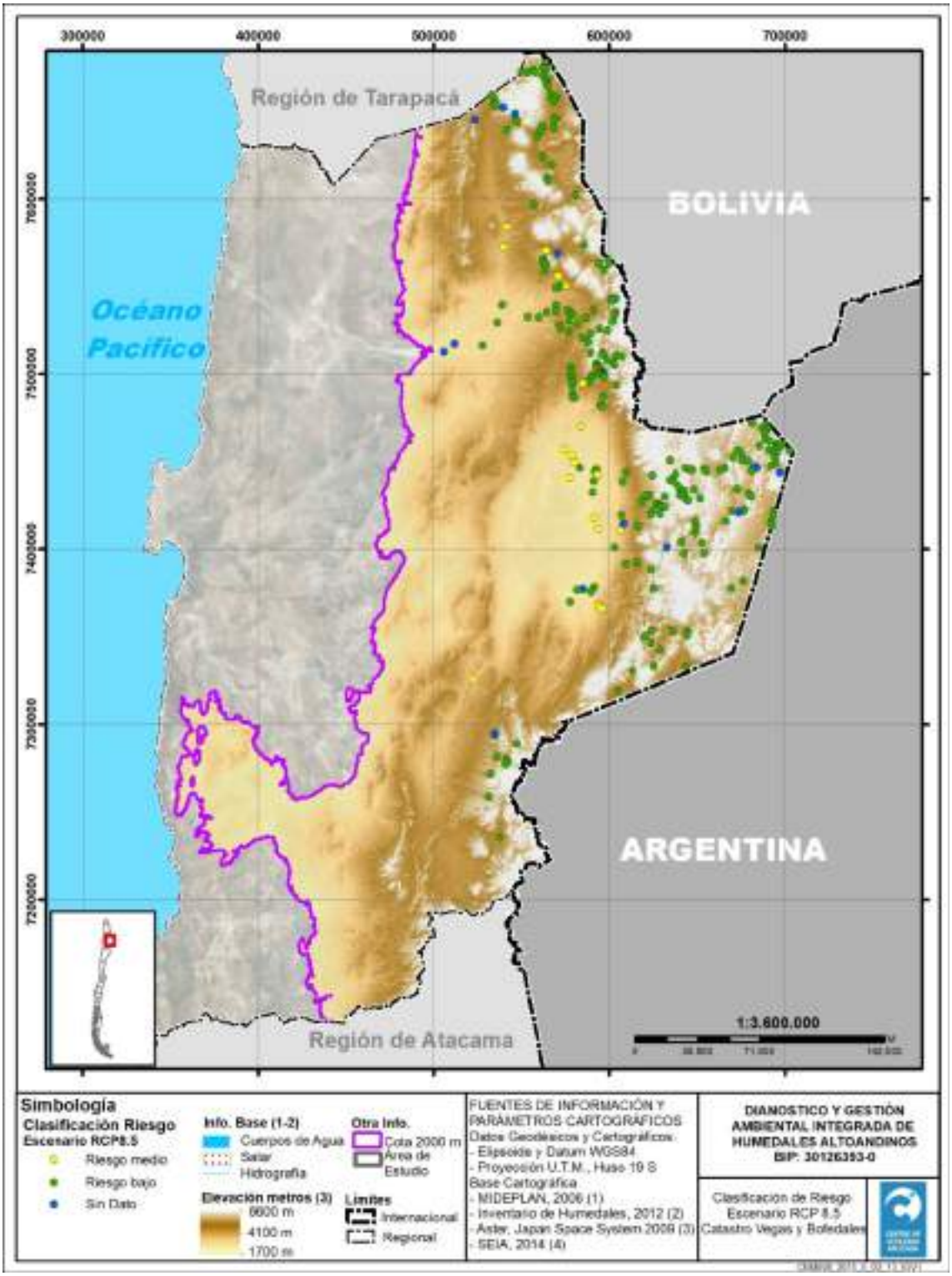


Figura 2-169 Clasificación de Riesgo para el catastro de Vegas-Bofedales, según el escenario RCP 8.5.

Asimismo, los resultados agrupados porcentualmente se presentan en la Tabla 2-181 y Tabla 2-182, para los CA y VB respectivamente, mientras que la Figura 2-170 y Figura

Folio007329

2-171 dan cuenta de una representación porcentual de todos los datos. Los resultados anteriores indican que el escenario Hindcast tendría el mismo riesgo que el escenario RCP 8.5.

Tabla 2-181 Riesgo porcentual de los sistemas de humedales del tipo Cuerpos de Agua Agrupados

Riesgo	Hindcast		RCP 2.6		RCP 8.5	
	N°	%	N°	%	N°	%
Alto	0	0%	0	0%	0	0%
Medio	2	4%	3	6%	2	4%
Bajo	30	63%	29	60%	30	63%
Sin dato	16	33%	16	33%	16	33%
Total	48	100%	48	100%	48	100%

Tabla 2-182 Riesgo porcentual de los sistemas de humedales del tipo Vegas-Bofedales.

Riesgo	Hindcast		RCP 2.6		RCP 8.5	
	N°	%	N°	%	N°	%
Alto	0	0%	0	0%	0	0%
Medio	20	8%	46	17%	20	8%
Bajo	230	87%	204	77%	230	87%
Sin dato	14	5%	14	5%	14	5%
Total	264	100%	264	100%	264	100%

Folio007330

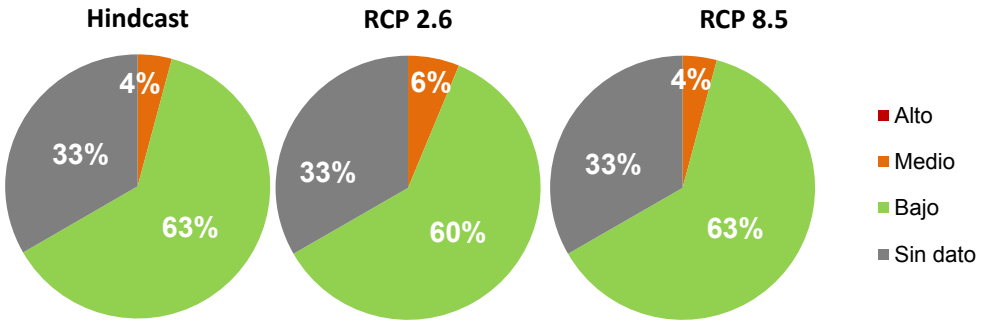


Figura 2-170 Clasificación de Riesgo asociado a sistemas de humedales del tipo Cuerpos de Agua Agrupados.

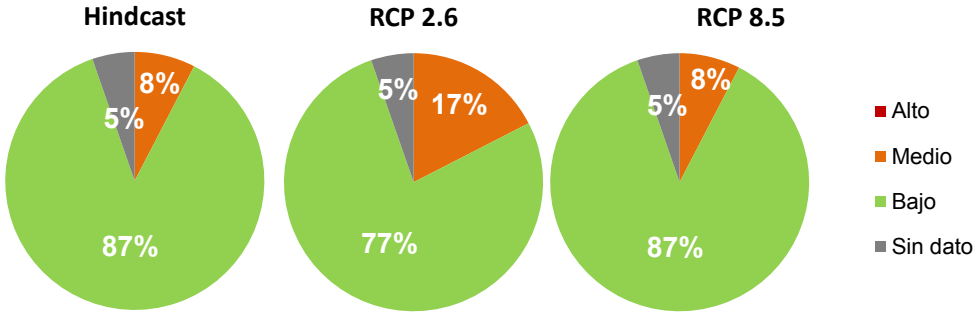


Figura 2-171 Clasificación de Riesgo asociado a sistemas de humedales del tipo Vegas-Bofedales.

Folio007331

2.4.4.6 Discusión y conclusiones

Los resultados de la simulación dan cuenta que los escenarios de cambio climático muestran una tendencia favorable a nivel global respecto a la situación actual, lo cual se debe principalmente al aumento de las precipitaciones en toda la zona de estudio.
El escenario RCP 2.6 da cuenta de una tendencia desfavorable en el tramo norte, cercano a las subcuencas de río Salado, río San Salvador y parte del río Loa, en comparación a la situación actual. A nivel de variaciones hidráulicas, estas siguen una tendencia positiva pero menor que el Hindcast. No obstante, en contraste al resto de la zona de estudio, este tramo presenta una tendencia disímil. Esto responde principalmente a la tendencia de los flujos dentro de la simulación, en donde en la zona cercana al río Loa se observan zonas con formaciones hidrogeológicas del tipo no consolidado y rellenos (ver informe en Anexo), lo que le confiere al modelo una conductividad hidráulica mayor y causa que el acuífero tienda a vaciarse a una tasa (o velocidad) mayor que en otras zonas hacia el océano. Por el contrario, las formaciones hidrogeológicas en el resto del dominio sobre los 2000 m.s.n.m. tienen, por lo general, elementos con baja permeabilidad y en consecuencia de menor conductividad hidráulica. Lo anterior juega un rol fundamental en la capacidad que tienen los estratos de retener los escurrimientos que llegan desde la recarga a través de la precipitación, y en consecuencia, en definir ciertas zonas o sistemas que sean más o menos sensibles a los aportes atmosféricos Es por ello que a pesar que el escenario RCP 2.6 posea una recarga neta negativa, el acuífero no desciende de forma global.
Respecto al escenario RCP 8.5, se aprecia un aumento significativo en las precipitaciones, en mayor magnitud que el RCP 2.6, lo que se traduce en tasas de incorporación de masas de agua tales que la recarga neta del sistema es positiva a partir del cuarto año de simulación. Lo anterior incide directamente en una condición global favorable al acuífero sobre la cota de los 2000 m.s.n.m.
Cabe señalar que los resultados anteriores, asociados a una mayor precipitación en la zona norte, son consistentes a los análisis realizados por la DMC, particularmente en el escenario RCP 2.6, en el cual se detectó que las precipitaciones aumentarían en 150% en el extremo norte del país. Sin embargo, para el escenario RCP 8.5 se concluye que existe un déficit pluviométrico general en todo el país, y no se analiza de forma particular este escenario en la zona norte, enfocándose solamente en la zona centro y sur de Chile.
Con respecto a la evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas de humedales sobre los 2000 m.s.n.m., se detectó que existe un 19% de los CA con una **vulnerabilidad media**, un 2% con **muy alta vulnerabilidad**, y un 79% de **baja vulnerabilidad** para el caso del RCP 2.6. En el escenario RCP 8.5 un 100% de los CA presentó una **baja vulnerabilidad**. Por otro lado, los sistemas VB presentaron un 14% con **muy alta vulnerabilidad**, 8% **alta**, 21% **media** y 57% **baja vulnerabilidad**, para el caso del RCP 2.6. Lo anterior se debe a que gran parte de las VB se encontrarían en zonas donde la permeabilidad es mayor y el acuífero tiene una menor capacidad de retener las aguas por mayor tiempo y mayor capacidad de vaciado. Análogo a los CA, las VB presentaron un 100% de **baja vulnerabilidad** en el caso del escenario RCP 8.5
Si bien los resultados anteriores dan cuenta de una tendencia de baja vulnerabilidad, se debe tomar en cuenta que se está considerando una sola variable para su análisis, que corresponde a la variación relativa de la carga hidráulica entre escenarios, y por lo tanto, esta categorización presenta un sesgo. Así, no se consideran, por ejemplo, el aumento de la temperatura del lugar como efecto del cambio climático, lo que pudiera ser o no perjudicial para los sistemas vegetacionales. La evaluación de otros efectos externos requiere de un análisis acabado de todos los componentes vegetacionales de cada

Folio007332

sistema y cómo éstos son afectados por cambios en la temperatura, lo cual se escapa del presente estudio.
La estimación de la Clasificación de Riesgo amplia el espectro de categorización de estos sistemas de humedales, ya que este considera el Índice General de Vulnerabilidad (IGV), el cual realiza un análisis multicriterio, tomando en cuenta factores tales como la cercanía a zonas de pastoreo, pozos de extracción, entre otros.
Finalmente este análisis arrojó que para los sistemas de humedales del tipo CA, existe un **riesgo medio** que no supera el 6% para todos los escenarios, y un riesgo bajo para el 60% de la muestra. Cabe señalar que los humedales sin dato representaron el 33% del total.
Para el caso de los sistemas de VB, los escenarios Hindcast y RCP 8.5 presentaron la misma tendencia, con un 8% de **riesgo medio** y 87% de **riesgo bajo** (más un 5% sin datos). Por otro lado, el escenario RCP 2.6 presentó una mayor proporción de **riesgo medio** alcanzando un 17%, por lo que el **riesgo bajo** llegó al 77%.

2.5 ANEXO I. Antecedentes previos: Monitoreo de Lagunas y Salares Preliminares

2.5.1 Conceptualización de los salares

Considerando las forzantes que actúan en los sistemas de lagunas altiplánicas, las variables de estado de los salares, que se requieren caracterizar, son: balance hídrico, morfología de la cubeta, forzantes atmosféricos, parámetros de calidad de agua, temperatura y oxígeno disuelto de sedimentos, tapetes microbianos y flamencos.

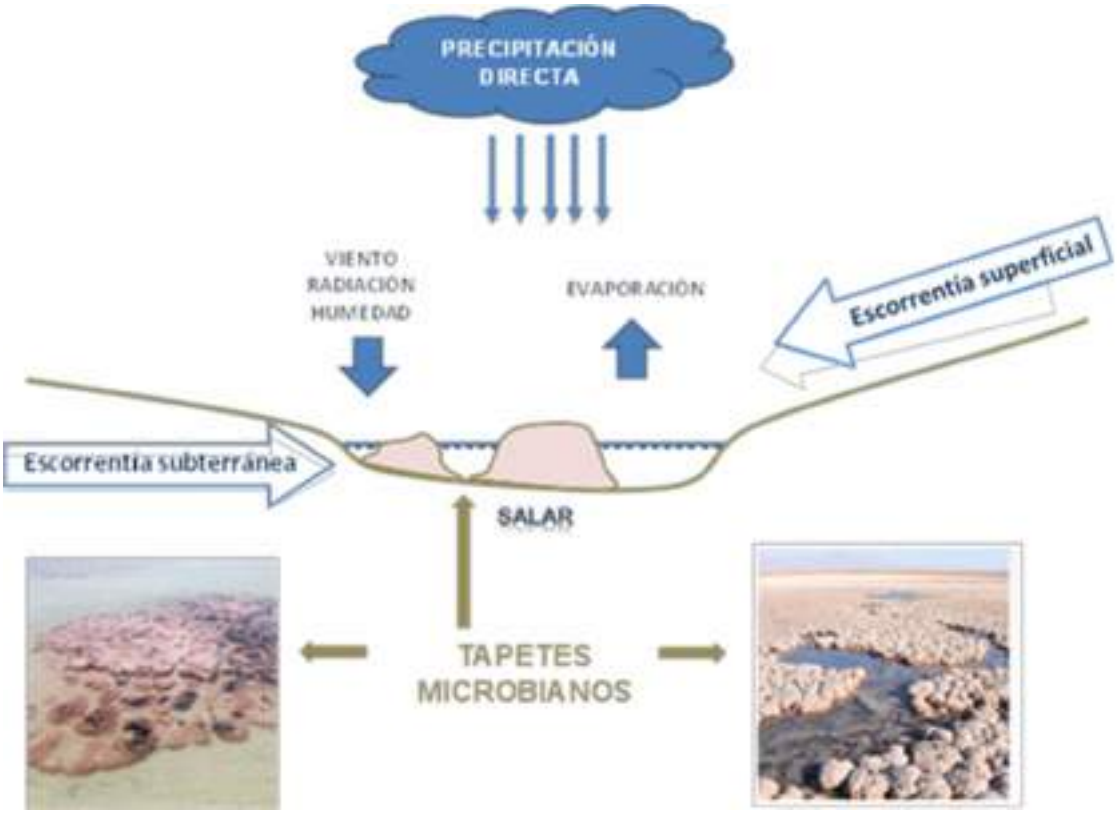


Figura 2-172. Modelo conceptual de sistema de lagunas altiplánicos.

Folio007333

2.5.1.1 Variables Químicas

Dentro de las variables químicas se encuentran los parámetros de calidad de agua como: salinidad, temperatura y oxígeno disuelto del sedimento. Los monitoreos de calidad de aguas y ecológicos se realizaron una vez al año durante la primavera (septiembre a diciembre), utilizando los parámetros recomendados en la "Guía para la Conservación de Seguimiento Ambiental de Humedales Altoandinos" (MMA, 2011). Variables de estado biológicas.

Dado que el sistema biológico pilar de la trama trófica de los ecosistemas acuáticos de las lagunas terminales, corresponde a los tapetes microbianos (agrupaciones de microorganismos fotosintéticos que crecen adheridos en forma de láminas a la superficie del sustrato), y que recientes publicaciones establecen a este componente con un alto valor y singularidad ecológica (Farías 2013a y 2013b; Farías y Contreras, 2013; Kurth y col., 2013). Los estudios biológicos estuvieron orientados a la descripción de las comunidades microbianas presentes en los salares de los sitios prioritarios, lo cual se integrará con la descripción de la composición y abundancia de los metazoos presentes en estudios y publicaciones previas.

En los estudios que se están realizando se ha comprobado que los tapetes microbianos, microbialitos y endoevaporitas son los sistemas biológicos pilares de la trama trófica de los ecosistemas acuáticos de las lagunas terminales (Farías 2013a y 2013b; Farías y Contreras, 2013; Kurth y col., 2013). En otros sistemas del mundo asociados a ambientes marinos, se ha demostrado que los tapetes microbianos y microbialitos son sistemas independientes del aporte externo de energía, o sean poseen los ciclos biogeoquímicos esenciales para fijar carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) y oxígeno (O). Sin embargo, en los metagenomas estudiados hasta el momento en los tapetes y microbialitos Andinos (Diamante, Lluillaillaco) se ha encontrado que los ciclos biogeoquímicos son diferentes a los reportados en otros lugares del mundo (Ley y col., 2006; Mobberley y col., 2012; Baumgartner y col., 2009) donde la fijación de C se basa en la fotosíntesis oxigénica. En los metagenomas de ecosistemas Andinos no se han encontrado abundancia de genes de fotosíntesis oxigénica, pero sí los correspondientes a la anoxigénica (Kurth y col., 2013) y/o sistemas de vías alternativas para la fijación de C, por ejemplo, la monóxido de carbono deshidrogenasa que juega un papel fundamental en el ciclo del carbono, permitiendo en forma bidireccional, tanto hacer uso del CO como fuente de energía como para utilizar CO_2 como fuente de carbono. Por otro lado, se observó también que el Arsénico cumpliría un rol importante en la respiración (Rascovan y col., no publicado). Esto podría deberse a las condiciones extremas que presentan estos ecosistemas.

Para realizar un diagnóstico y/o línea de base de los ecosistemas microbianos Andinos se propuso conocer a fondo su mineralogía, biodiversidad microbiana y la secuencia de los metagenomas de los sistemas más representativos para determinar los ciclos geoquímicos presentes en los mismos. De esta forma, se podrán determinar la diversidad microbiológica y los ciclos biogeoquímicos más representativos que sostienen el ecosistema, y después monitorear directamente este sistema sin necesidad de volver a secuenciar el metagenoma completo. Este nivel de monitoreo es el más sensible, simple y efectivo que existe hasta el momento, el mismo se puede correlacionar con otros indicadores como diversidad y con la presencia de pigmentos marcadores.

Folio007334

Se implementaron técnicas independientes de cultivo y de metagenómica funcional para aislar y estudiar de manera independiente o integral (como un todo), "todos" los genomas presentes un ambiente o ecosistema particular desde diversas perspectivas. La metagenómica permite realizar estudios de diversidad o estudios de funcionabilidad. Debido a que cerca del 99% de los microorganismos en los diversos ambientes como el suelo no pueden cultivarse, la metagenómica permite tener acceso a esa información mediante el desarrollo de la tecnología 454, comercializada por Roche©, como lo es el sistema de secuenciación GS20 que se basa en la secuenciación paralela y masiva mediante síntesis, utilizando un protocolo de pirosecuenciación en fase sólida. Básicamente, es un sistema de secuenciación basado en 'shotgun' sin la necesidad de clonar en bacterias, con esto se elimina el sesgo de genes inclonables/tóxicos de la secuenciación tradicional por Sanger.

Esta ciencia y tecnología emergente ha permitido descubrir nuevos grupos microbianos, comunidades y nuevas actividades como enzimas degradativas, biosintéticas e involucradas en otros procesos biomédicos y biotecnológicos, como la producción de antibióticos o resistencia a los mismos.

Los estudios microbiológicos han estado orientados a la descripción de estos ecosistemas en los salares asociados a los sitios prioritarios, describiendo la riqueza biológica y grupos funcionales de los tapetes microbianos.

Estos monitoreos se realizarán una vez al año durante la primavera (septiembre a diciembre). A continuación se detallan las metodologías para los análisis particulares:

2.5.1.1.1 Parámetros físico-químicos del agua

Se determinaron los siguientes parámetros en el agua de las lagunas: conductividad y salinidad, oxígeno disuelto y saturación de oxígeno, temperatura y turbidez. Para ello se utilizó el procedimiento de determinación de cada uno de los parámetros basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según el "Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005". También de analizaron carbonatos, carbono orgánico total, sulfatos, fosfatos, sodio, cloruro, arsénico, magnesio, nitratos, nitritos, sílica soluble, alcalinidad, pH y total de sales disueltas. Esto se realizará en el laboratorio de análisis químicos del Centro de Ecología Aplicada (CEA), certificado por las normas INN.

2.5.1.1.2 Extracción de ADN

Se extrajo ADN directamente de la muestra (evaporita o tapete), utilizando diferentes protocolos y tratando de optimizar las mejores condiciones para obtener un ADN de buena calidad para su uso en aplicaciones subsiguientes (PCR, clonación). Algunos métodos de extracción de ADN que se han utilizado son:

i) El método XS–buffer, el que utiliza un tampón que contiene 1 % de potasio etílico xantogenado, 100 mM Tris-HCl pH 7,4, 20 mM EDTA pH 8,1 % de dodecilsulfato de sodio y 800 mM de acetato de amonio, seguido de una extracción fenol-cloroformo-isoamílico (25:24:1) y purificación con isopropanol.

ii) Cambios bruscos de temperatura por congelación/descongelación de las muestras seguido de la extracción de ADN mediante el método CTAB (Zennoff y col., 2006).

iii) Aislamiento de ADN con el Kit PowerBiofilm ™ (MO BIO Laboratories, Inc.), diseñado especialmente para el aislamiento de ADN de los tapetes microbianos.

2.5.1.1.3 Secuenciación por 454

La tecnología 454, comercializada por Roche©, como el sistema de secuenciación GS20 se basa en la secuenciación paralela y masiva mediante síntesis, utilizando un protocolo de pirosecuenciación en fase sólida. Básicamente es un sistema de secuenciación basado en 'shotgun' sin la necesidad de clonar en bacterias, con esto se elimina el sesgo de genes inclonables/tóxicos de la secuenciación tradicional por Sanger. Se pueden obtener 25 x 106 pares de bases con una calidad Phred 99% o mejor en una corrida simple de menos de 4 horas, 100 órdenes de magnitud mayor a la secuenciación automática tradicional (Margulies, Egholm y col., 2005). La limitación principal de 454 es el tamaño de lectura que es en promedio de 100 pb, lo que hace necesario tener una alta cobertura. Adicionalmente se requieren grandes capacidades de cómputo para tratar de ensamblar las lecturas en contigüidad.

Se siguen cuatro pasos en el proceso de la secuenciación 454: preparación de la biblioteca de DNA, el PCR emulsificado (emPCR), la secuenciación y el ensamblado. Para la preparación de la biblioteca se requiere fraccionar el DNA genómico en fragmentos de 300-600 pb mismos que son reparados y ligados a dos adaptadores en los finales. Los adaptadores contienen oligonucleótidos para la amplificación y secuenciación de la biblioteca. Un adaptador con una etiqueta 5'-biotina es utilizado para unir la biblioteca de forma magnética a perlas de sefarosa, se titula la biblioteca para dejar bibliotecas de cadena sencilla (sstDNA) unidas a las perlas.

El emPCR utiliza la biblioteca de cadena sencilla y cada perla es emulsificada con agentes de amplificación en una mezcla de agua y aceite. El resultado de esto es un enriquecimiento clonal dentro de cada perla.

Las perlas de sefarosa con las bibliotecas sstDNA se agregan a un Pico Plato de Titulación (Pico TiterPlate), junto con perlas enzimáticas (que contienen luciferasa y ATP-sulurilasa) y la mezcla de incubación (con DNA polimerasa). El aparato de secuenciación 454 cuenta con un sistema de fluidos que libera amortiguadores y dNTPs a través del plato de titulación de una manera secuencial y ordenada, con lo que se da la secuenciación paralela de todas las perlas contenidas en el mismo. La adición de nucleótidos complementarios al molde resulta en una señal lumínica que es captada por un dispositivo CCD. La señal lumínica es proporcional a la cantidad de nucleótidos incorporados.

Después de la captura de la señal por el aparato CCD, los datos se someten a procesamiento digital, que normaliza las señales y un histograma de calidades Pared. La combinación de la señal lumínica y la posición en el plato deja al software basado en Linux, determinar la secuencia de cientos de miles de reacciones simultáneas. Esto genera una secuencia consenso como resultado del análisis del histograma de cada corrida, seguida por la calidad por base de la secuencia consenso. Finalmente la secuencia se puede ensamblar por el software proporcionado por 454 o usar ensambladores como Phrap, CAP3, TIGR assembler, Celera assembler (Ewing y Green 1998). Se estima que si existen entre 100 y 500 unidades taxonómicas operacionales (OTU) en los estromatolitos (estimación por datos de DGGE) se requerirá de al menos 350,000 secuencias (promedio de 100 pb), que en su conjunto representarán (35 mpb). Tanto Langebio como 454 ofrecen este servicio. De manera complementaria se quiere construir un banco para secuenciación tipo Sanger, a baja cobertura, ya que se considera que tiene la ventaja de proporcionar secuencias más extensas y que, en algunos casos,

facilitan ciertos análisis filogenéticos sobre algunos genes, lo cual es esencial para el análisis de transferencia horizontal y dan mayor información en el caso particular de secuencias repetidas. Por otra parte, cuando se tiene una colección de secuencias provenientes de diferentes organismos, uno de los retos es obtener firmas que permitan utilizar la información de estas secuencias para construir agrupaciones por organismo y asignar el mayor número posible de secuencias a estas categorías. Nuevamente, la secuenciación Sanger a baja cobertura sirve para comprobar la validez de los agrupamientos propuestos, obtener por alineación los genes completos, e incluso obtener información de ligamiento para algunas de las secuencias obtenidas.

2.5.1.1.4 Microscopía estereoscópica, óptica y de barrido electrónico (MBE)

Las observaciones a macro-micro escala y la documentación fotográfica se realizaron utilizando un estereoscopio Olympus SZX12 y un microscopio Olympus BX60 con una cámara digital C-2000Z. Para microscopía electrónica, se fijan las muestras durante toda la noche a 4°C con fijador de Kanovsky, formado por paraformaldehido 8%, tampón fosfato pH=7, y glutaraldehido al 16%. Las muestras fijadas, se lavan por triplicado con tampón fosfato y CaCl2 por 10 min. Posteriormente, se agrega una solución de tretróxido de osmio al 2%, durante una noche. Para descartar el osmio, se lava con etanol al 30% durante 10 min, dos veces. Finalmente, las muestras se deshidratan y se montan en un portamuestras de aluminio, cubriéndola con una capa de oro (utilizando un metalizador). Se observan las preparaciones con alto vacío, en un microscopio electrónico de barrido Zeiss Supra 55VP (Carl Zeiss, Oberkochen, Alemania). El análisis de la energía dispersiva de rayos X (EDX), se lleva a cabo utilizando un detector INCAPentaFET-x3 (Oxford, UK). Los espectros son analizados mediante INCA, interfase Energía-Software.

2.5.1.1.5 Análisis de mineralogía, EDX

Los estudios de la composición con análisis de difracción de rayos X (DRX) sobre una fina mella de material de muestra (<20 micras), se miden con un difractómetro de PANalytical X'Pert PRO, una lámpara de Cu (Ka = 1,5403 Å), y operado a 40 mA y 40 kV en el Centro de Investigaciones Geológicas (La Plata, Argentina). Las muestras se miden desde 2 a 40° 2θ, con una velocidad de barrido de 0,04 º/s, y con un tiempo de paso de 0,50 s. Los estudios de minerales con MEB y EDX se realizan siguiendo la misma metodología y equipo descrito anteriormente.

2.5.1.1.6 Análisis de Pigmentos mediante HPLC

Para el análisis de pigmentos, se utilizaron muestras frescas seccionadas horizontalmente. Las capas seccionadas fueron conservadas en oscuridad a -10°C, para ser posteriormente liofilizadas. Luego, se toman 0,2 gr de cada capa, colocándolas en 2 ml de acetona (100%) e incubándolas a -20°C durante toda la noche. Los extractos pigmentarios se centrifugan a 4°C durante 10 min, a una velocidad de 8000 G. Posteriormente, se filtran los sobrenadantes mediante 0.2 µm y se analizan mediante HPLC. Para el análisis de pigmentos se utilizó un sistema de HPLC Waters modelo 510, provisto de dos bombas, un inyector (Rheodyne 7125), un loop fijo de 200 ul (Rheodyne 7025) y un detector de arreglo de diodo (Waters 996) acoplado a una computadora equipada con el software Empower 2007 Chromatography Manager (Waters-Millipore). Se

Folio007337

utiliza una columna Kinetex C-18 (3 um tamaño de la partícula de sílica) de 100 x 4.6 mm, protegida por un filtro Ultra In-Line Krudkatcher (Phenomenex). Los pigmentos de interés se identifican mediante sus espectros de absorción (Frigaard y col., 1996). Los cromatogramas se visualizan a las longitudes de ondas correspondientes a la absorción máxima (max) de los pigmentos de interés. Las concentraciones de los mismos, son cuantificadas mediante el cálculo del área bajo la curva de los picos a los siguientes tiempos de retención (RT): Chl a (max = 665 nm; RT=24,1 min), Bchl a (773 nm; 18,3 min), Bchl c (667 nm; 10,8 min), Bchl e (475 nm; 10,8 min), B-carotene (452 nm; 32,1 min).

2.5.2 Propuesta para selección de sitios de muestreo

El levantamiento en terreno de la calidad del agua, calidad de sedimentos, biota acuática e identificación de tapetes microbianos está asociado a la segunda línea de trabajo **"Monitoreo y caracterización de humedales prioritarios"** etapa que comprende parte del primer al tercer objetivo específico del proyecto, en donde se implementaron monitoreos locales intensivos en los humedales prioritarios definidos en la etapa anterior. La información levantada se utilizó para describir y caracterizar el comportamiento ecosistémico de cada sitio prioritario, identificando las variables de estado y forzantes que determinan los procesos funcionales de estos sistemas y sus umbrales de habitabilidad.
El listado inicial de humedales prioritarios corresponde a los detallados en la Estrategia Regional de Biodiversidad y en el PACHA, los cuales son prioritarios para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, pero que además están sujetos a diversas actividades productivas.

De los 16 sitios prioritarios, se propusieron 9 de ellos (**Tabla 2-183**). El criterio de selección se sustenta en que los sistemas de salares y lagunas se transforman en lugares propicios, en conjunto a las condiciones extremas, para el desarrollo de ecosistemas microbianos.

Tabla 2-183. Sitios propuestos para muestreo y pertenencia a SNASPE o sitio RAMSAR.

SITIO PRIORITARIO	SNASPE	RAMSAR
Salar de Ascotán	NO	NO
Salar de Tara	SI	SI
Salar de Aguas Calientes I	SI	NO
Salar de Aguas Calientes IV	NO	SI
Salar de Punta Negra	NO	NO
Salar de Pujsa	SI	SI
Salar de Atacama	SI	SI (sólo sistema hidrológico de Soncor)
Laguna de Lejía	NO	NO
Laguna Miscanti y Miñiques	SI	NO

A continuación, se entregan mayores antecedente respecto de los sitios antes indicados.

Folio007338

2.5.2.1 Antecedentes de los sitios de muestreo

A continuación se describen los sitios prioritarios, en términos de su ubicación, y las amenazas definidas en el estudio BIP 30126593-0, denominado "Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos" donde se identificaron variables físicas como antrópicas, entre las que se mencionan la altitud de los sistemas, las relaciones entre Vegas – Bofedales y Cuerpos de Agua, sus áreas, las relaciones de distancia entre sistemas y comunidades, derechos cercanos de extracción de agua superficial y subterránea, zonas de pastoreo y bebederos, zonas de Conservación y/o Protección Ambiental (SNASPE, Areas Prioritarias de Conservación, RAMSAR) y el estado de monitoreo en el cual se encuentran.

2.5.2.1.1 Salar de Tara

El sistema salar de Tara, es un macro sistema que agrupa los sistemas vegetacionales de Tara, Salar de Tara 1, Huailitas, Salar de Tara 2, Cueva Pintada, Tara Oriente, salar de Talar 1, 2 y 3. Esta constituido como un sistema legalmente protegido ambientalmente (Ramsar 1996), situado a 4.320 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que presenta una afectación por variables antrópicas ligadas con zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica tanto del cuerpo de agua como de los sistemas vegetacionales de carácter inestable, con una variabilidad negativa en hectáreas por año entre 0,94% y 2,05%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema que tiene derechos de agua por sobre su cota, por un caudal de extracción de 1.130,0 L/s. Además presenta una baja afectación por cercanía de poblados y/o comunidades. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de inestabilidad.

2.5.2.1.2 Salar de Ascotán

El sistema salar de Ascotán, es un sistema categorizado como sitio prioritario de conservación 2002, y situado a 3.724 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con poblados, a zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica inestable, con una variabilidad negativa en hectáreas por año de 1,87%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema que tiene derechos de agua Es un sistema que tiene derechos de agua por sobre su cota, por un caudal de extracción de 1.697,073 L/s. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de inestabilidad.

2.5.2.1.3 Aguas Calientes IV

El sistema Aguas Calientes IV, es un sistema legalmente protegido ambientalmente (sitio prioritario 2002 – Ramsar 2009), situado a 4.022 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con poblados, a zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica medianamente inestable (rango cercano a la normalidad establecida), con una variabilidad negativa en hectáreas por año de 0,08%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema que tiene derechos de agua por sobre su cota por un caudal de 6,05 L/s. En resumen, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de inestabilidad.

Folio007339

2.5.2.1.4 Salar de Punta Negra

El sistema salar de Punta Negra, es un sistema categorizado como sitio prioritario de conservación 2002, situado a 2.956 m.s.n.m. Es un sistema que presenta una afectación antrópica directa, dado que es una zona de pastoreo de animales (VCL2). Presenta una tasa de variabilidad histórica inestable (evaluada para el subsistema VCL2), con una variabilidad negativa en hectáreas por año de 1,02%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema que tiene derechos de agua por sobre su cota por un caudal de extracción promedio de 1480,087 L/s. Además presenta una baja afectación por cercanía de poblados y/o comunidades. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de inestabilidad.

2.5.2.1.5 Salar de Pujsa

El sistema salar de Pujsa, es un sistema legalmente protegido ambientalmente (Ramsar 2009), situado a 4.511 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que presenta una afectación por variables antrópicas ligadas con zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica inestable, con una variabilidad negativa en hectáreas por año de 1,91%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema que tiene derechos de agua por sobre su cota por un caudal de extracción de 330 L/s. Además presenta una baja afectación por cercanía de poblados y/o comunidades. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de inestabilidad.

2.5.2.1.6 Salar de Atacama

El salar de Atacama, es macro sistema que agrupa los sistemas de laguna Cejar, Tebenquiche, Yona Grande, Chaxa, Salada, La Punta y la Brava, entre otras de menor superficie, además de los sistemas vegetacionales de Baltinache, Carvajal, Cejar, la Punta Vega, los Pantanos, Olar, Oyape, Palao, Quelana, Silolao, Tambillo, Tapar, Tebenquiche, Tilocalar Vega, Tilopozo, Tujilirea, Yona Grande. A partir de esta agrupación, se establece que es un macro sistema definido como sitio prioritario de conservación 2002, situado a 2.308 m.s.n.m aproximadamente. Es un macro sistema que presenta una afectación por variables antrópicas ligadas con zonas de bebederos y pastoreo de animales (pastoreo en laguna Tebenquiche, vega de Quelana y Carvajal, y zona de bebedero en laguna Cejar, laguna Chaxa y vegas de Baltinache, Tilopozo y Yona Grande). A su vez, el macro sistema presenta tasas de variabilidad histórica heterogéneas entre sus sistemas, las que pueden ser revisadas en el anexo B, sección 1 Base de datos, BD Humedales. Destacan de la lista los sistemas inestables como lagunas de Cejar y La punta y La Brava, además de los sistemas vegetacionales de los Pantanos, Olar Palao, Silolao, Tapar, Tujilirea y Yona Grande. Así también los sistemas estables están dados por laguna Yona Grande y laguna Chaxa, y el sistema vegetacional de Tilopozo. Finalmente los sistemas que presentan estabilidad están dados por la laguna Tebenquiche y laguna Salada, como también, los sistemas vegetacionales de Baltinache, Carvajal, Cejar, Oyape, Quelana, Tambillo, Tebenquiche y la Punta Vega. Es un macro sistema que tiene derechos de agua por sobre su cota por un caudal promedio de extracción que bordea los 1301,22 L/s (máximo de 3656,57 L/s). Además presenta una afectación media por cercanía de poblados y/o comunidades, donde destacan los sistemas vegetacionales de Oyape, Baltinache y laguna Cejar. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición general marcada por

la inestabilidad y estabilidad con presión Antrópica, para mayor detalle de los sistemas mencionados, revisar anexo B.

2.5.2.1.7 Laguna Lejía

El sistema laguna Lejía, es un sistema legalmente protegido ambientalmente (Bien Nacional protegido 2010 y sitio prioritario de conservación 2002), situado a 4.321 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con poblados, a zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica inestable, con una variabilidad negativa en hectáreas por año de 0,54%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema que tiene derechos de agua por sobre su cota por un caudal de extracción de 392,3 L/s. Además presenta una baja afectación por cercanía de poblados y/o comunidades. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de inestabilidad.

2.5.2.1.8 Laguna Miscanti y Miñique

El sistema laguna Miscanti y Miñique, es un sistema legalmente protegido ambientalmente (SNASPE 2002), situado a 4.118 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que no presenta una afectación por variables antrópicas ligadas a la cercanía con poblados, a zonas de bebederos y pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica medianamente inestable, bordeando la normalidad establecida (rango de normalidad, superior a -0,05 y menor que 0,05), con una variabilidad negativa en hectáreas por año de 0,05%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema que tiene derechos de agua por sobre su cota por un caudal de extracción de 1057,3 L/s. Dado lo anterior, el informe BIP 30126593-0 determinó que este sistema presenta una condición de inestabilidad.

2.5.2.1.9 Geiser del Tatio

El sistema vegetacional Geiser del Tatio, es un sistema categorizado como sitio prioritario de conservación 2002, situado a 4.255 m.s.n.m aproximadamente. Es un sistema que presenta una afectación por la variable antrópica ligada al pastoreo de animales. Presenta una tasa de variabilidad histórica estable, con una variabilidad en hectáreas por año de 0,0382%, relacionada con la superficie recurrente del año inicial (1989). Es un sistema que tiene derechos de agua por sobre su cota por un caudal de extracción de 33,67 L/s. Dado lo anterior, el informe BIP 30126293-0 determinó que este sistema presenta una condición de estabilidad.

2.5.2.2 Sitios seleccionados para el muestreo

De los 9 sitios propuestos para el muestreo, el programa de la campaña consideró realizar el levantamiento en 6 de ellos, por razones logísticas. Las coordenadas de los puntos se tomaron con un GPS marca GARMIN y las variables medidas en cada punto se especifican en la Tabla 2-184. Las actividades de terreno se desarrollaron entre el 8 y 11 de Septiembre del 2014

Folio007341

Tabla 2-184. Coordenadas UTM sitios de muestreo y variables medidas. Septiembre 2014.

Sitio	Código	Coordenadas Geográficas		Altura	Estado
		Este (m)	Norte (m)		
Laguna Lejía	LE-1	633293	7400612	S.I.	Se realizó calidad de agua, sedimento, fitobentos, fitoplancton, zooplanton, e identificación de tapetes microbianos
Salar de Aguas Calientes	AC-1	647907	7401311	S.I.	Se realizó calidad de agua, sedimento, fitobentos, fitoplancton, zooplanton, e identificación de tapetes microbianos
Salar de Pujsa	PU-1	651457	7432411	S.I.	Se realizó calidad de agua, sedimento fitobentos, fitoplancton, zooplanton, e identificación de tapetes microbianos
Salar de Tara	TA-1	672508	7452374	4337	Se realizó calidad de agua, sedimento fitobentos, fitoplancton, zooplanton, e identificación de tapetes microbianos
	AT-1	672508	7452374	S.I.	Se realizó calidad de agua, sedimento, fitobentos, fitoplancton, zooplanton, e identificación de tapetes microbianos
Salar de Ascotán	AS-1	7613236	7613236	3736	Se realizó calidad de agua, sedimento fitobentos, fitoplancton, zooplanton, e identificación de tapetes microbianos

S.I.: Sin información por falla de GPS.

2.5.3 Metodología

2.5.3.1 Calidad de Agua y Sedimentos

La toma de muestras y preservación de los parámetros de calidad de agua se realizó de acuerdo al procedimiento general de muestreo PGL-13 del Laboratorio CEA "Recomendaciones para el muestreo y preservación de muestras", el cual está basado en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005 y las normas chilenas NCh411/1.Of96 (Diseño y programa de muestreo), NCh411/2.Of96 (Técnicas de muestreo), NCh411/3.Of96 (preservación y manejo de muestras), NCh411/4.Of97 y NCh411/6.Of98.

El análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio CEA, acreditado en el sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de normalización, INN, bajo la norma ISO NCh.17025 en el área físico-química para aguas crudas, según certificado LE677. Los parámetros que no contaron con acreditación en dicho laboratorio, se externalizaron a laboratorios nacionales acreditados bajo la norma ISO NCh.17025 con certificado del INN.

Para sedimentos la toma de muestras se realizó mediante un Core, de modo de no introducir contaminación por elementos traza y muestrear siempre el mismo estrato. En cada punto de muestreo se tomó una muestra de aproximadamente 500 gramos, la cual se almacenó en bolsas de polietileno selladas con cierre hermético, refrigeradas a una temperatura constante de 4°C y posteriormente fueron transportadas al laboratorio para su análisis.

Los parámetros de calidad de agua y sedimento considerados en esta campaña se presentaron en la **Tabla 2-185** y **Tabla 2-186**.

Tabla 2-185. Parámetros de calidad de agua. Campaña de Septiembre de 2014.

Parámetro	Unidad	Método
Alcalinidad	mg $CaCO_3$/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2320 B.
Aluminio total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Amonio	µg/L	Test de N-NH4, Spectroquant. Nova 60, Merck. Previa digestion.
Arsénico total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Bicarbonato	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2320 B
Boro total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Cadmio total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Calcio	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B
Carbonato	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2320 B

Folio007343

Parámetro	Unidad	Método
Cianuro	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21stEdition, 2005. Método 4500 CN.
Clorofila *a*	µg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21stEdition, 2005. Método 10200H.
Clorofila *a* en perifiton	µg/cm^2	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21stEdition, 2005. Método. 10300 C.
Cloruros	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 4500 Cl- B.
Cobalto total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Cobre total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Coliformes fecales	NMP/100ml	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 9221 parte B.
Coliformes totales	NMP/100ml	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método
Color verdadero	Pt-Co	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21stEdition, 2005. Met. 2120 C.
Conductividad	mS/cm	PTL-24, Procedimiento de Determinación de Conductividad – Salinidad, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Met. 2510 B.
Cromo hexavalente	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3111 C.
Cromo total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
DBO5	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 5210 B.
DQO	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 5220 D.
Fluoruro	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 4110 B.
Hierro total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Litio total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Magnesio total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Manganeso total	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Mercurio total	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21stEdition, 2005. Método 3112-B.

Folio007344

Parámetro	Unidad	Método
Molibdeno total	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Níquel total	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Nitrato	µg/L	PTL-08, Método validado, base utilizada, Métodos en Ecología de aguas continentales. Instituto de Biología Uruguay, 1999, Editado por Rafael Arocena & Daniel Conde. Método del Salicilato de sodio.
Nitrito	µg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 4500 NO_2 B.
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 4500 –N O_{rg} B.
Ortofosfato	µg/L	Test de P-P04, Spectroquant. Nova 60, Merck.
Oxígeno disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Met. 4500-O G.
pH	-	PTL-22, Procedimiento de Determinación de pH basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 4500-H+B.
Plata total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Plomo total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Potasio total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Selenio total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Silicio total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Sodio total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Sólidos totales disueltos	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2540 C.
Sólidos totales suspendidos	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2540 D.
Sulfato	mg/L	PTL-3 Procedimiento de Determinación de Sulfatos. Método validado, basado en Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 21st Edition, 2005, Método 4500-SO4-2 E.
Temperatura	°C	PTL-26, Procedimiento de Determinación de Temperatura, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2520 B.

Folio007345

Parámetro	Unidad	Método
Vanadio total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3111D.
Zinc total y disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.

Tabla 2-186. Parámetros de Sedimentos. Campaña de Septiembre de 2014.

Parámetro	Unidad	Método
Aluminio total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Arsénico total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Boro total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Cadmio total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Cobalto total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Cobre total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Cromo total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Granulometría	-	Método de separación por tamiz, según escala de Wentworth
Hierro total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Litio total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Magnesio total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Manganeso	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Materia orgánica	%	Pérdida por ignición a 450°C
Mercurio total	mg/kg	EPA 7471 A,B - Espectrofotometría de Absorción Atómica-Generación de Vapor Frío.
Molibdeno total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Níquel total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Plata total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Plomo total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Potasio total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Selenio total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Vanadio total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
Zinc total	mg/kg	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.

2.5.3.2 Biota Acuática

Folio007346

2.5.3.2.1 Fitoplancton

En cada estación de muestreo se obtuvieron muestras representativas para la flora fitoplanctónica mediante el uso de una red Nannsen, dotada con una malla de 60 μm. En cada caso se estimó el volumen filtrado. El agua colectada fue traspasada a botellas de vidrio y fijadas con solución lugol y formalina. Las muestras fueron preparadas y analizadas al microscopio, estableciéndose la riqueza y abundancia de las microalgas presentes Wetzel & Likens (1991). Se estimó la composición y abundancia de la flora fitobentónica. El ensamble se caracterizó en base a los parámetros comunitarios de densidad total (cels/L), diversidad biológica. La clasificación de los individuos se realizó de acuerdo a los trabajos de Rivera (1983), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1991), Simonsen (1987), Round y col. (1996), Rumrich y col. (2000) y Lange-Bertalot (2001).

2.5.3.2.2 Fitobentos

Se estimó la composición y abundancia de la flora fitobentónica mediante el estudio de diatomeas. Para ello se tomaron muestras en cada estación con tres réplicas mediante un sacatestigos de Plexiglás o muestreador modificado de Davies y Gee. Las muestras fueron colectadas en frascos de polietileno y fijadas *in situ* con lugol para su traslado al laboratorio donde se utilizó microscopia óptica (Carl Zeiss, x 1000) para la identificación de individuos, clasificando y contando la totalidad de los organismos presentes (Wetzel & Likens, 1991). Se determinó la densidad total (cels/mm2) y diversidad biológica. La clasificación se realizó según los trabajos de Rivera (1983), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1991), Simonsen (1987), Round y col. (1996), Rumrich y col. (2000) y Lange-Bertalot (2001). Se determinó la diversidad y la equidad en el ensamble del perifiton a través del índice de Shannon-Wiener (Krebs 1988).

2.5.3.2.3 Zooplancton

En cada estación de muestreo se estimó la composición y abundancia de la comunidad zooplanctónica. Para ello se obtuvieron representativas, mediante la colecta de organismos con una red Nannsen dotada con una malla N 10 (110 μm). En cada ocasión se tomó el volumen de agua filtrado y las muestras fueron preservadas con formalina al 10%. Posteriormente, en laboratorio se obtuvieron alícuotas de las muestras con una pipeta Hensen-Stempel y se contaron e identificaron los taxa en una cámara BOGOROW. La clasificación de los organismos del zooplancton se realizó de acuerdo a Araya & Zuñiga (1985) y Pennak (1989).

2.5.4 Resultados monitoreo Septiembre 2014

2.5.4.1 Calidad de aguas

a. Parámetros in-situ

La temperatura aumentó en dirección norte, registrando un mínimo de 7,0 °C en LE-1 y un máximo de 14,4 °C en AS-1 (**Figura 2-173-a, Tabla 2-187**).

Los valores de pH fluctuaron entre 7,3 unidades en AC-1 y 9,0 unidades en PU-1 (**Figura 2-173-b, Tabla 2-187**), indicando que las aguas de todos los puntos monitoreados fueron moderadamente alcalinas (Hounslow, 1995).

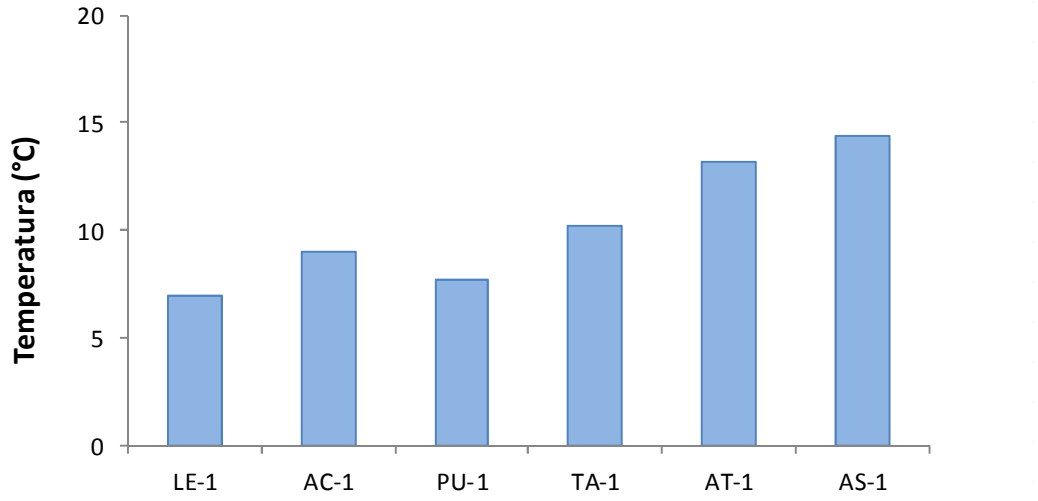
La conductividad fluctuó entre un mínimo de 22,4 mS/cm en AC-1 y un máximo de 122,1 mS/cm en TA-1. De la Figura se observó que la conductividad aumentó entre AC-1 y TA-1 (**Figura 2-174-c, Tabla 2-187**).

La concentración de oxígeno disuelto fluctuó entre 4,2 mg/L en TA-1 y 10,2 mg/L en PU-1. En la Figura se observó que el contenido de oxígeno disuelto resultó ser mayor en LE-1, AC-11 y PU-1 (**Figura 2-174-d, Tabla 2-187**).

El color verdadero indicó valores bajo el límite de detección en todas las estaciones de monitoreo (**Tabla 2-187**).

Folio007348

a)



b)

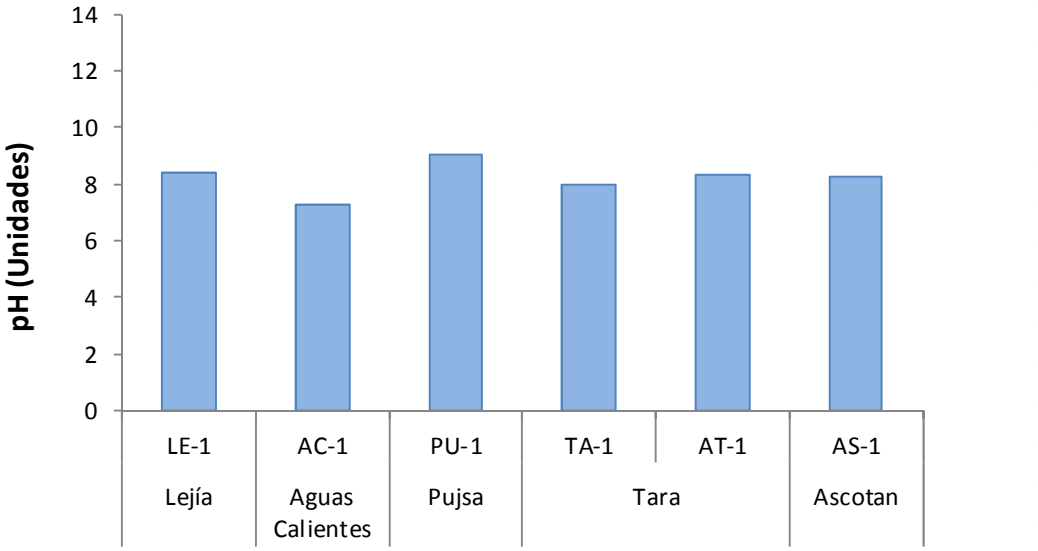
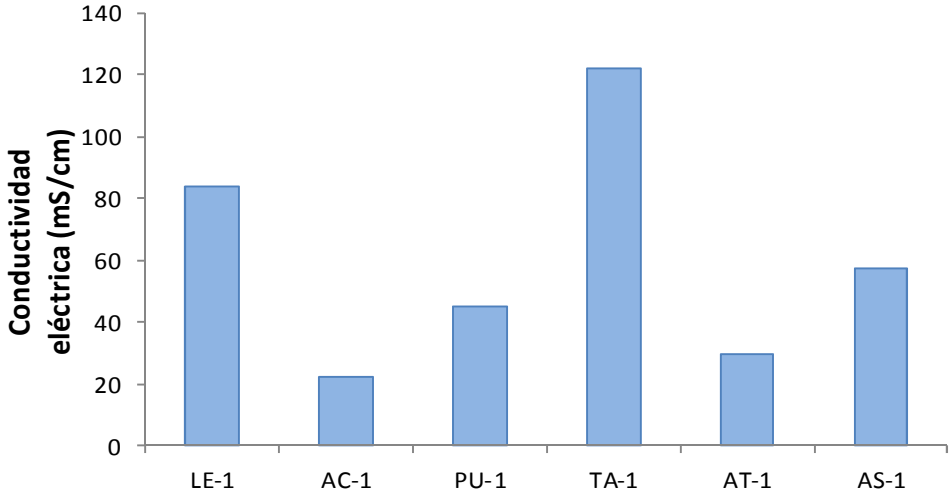


Figura 2-173. Parámetros *in-situ* analizados en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014.

Folio007349

c)



d)

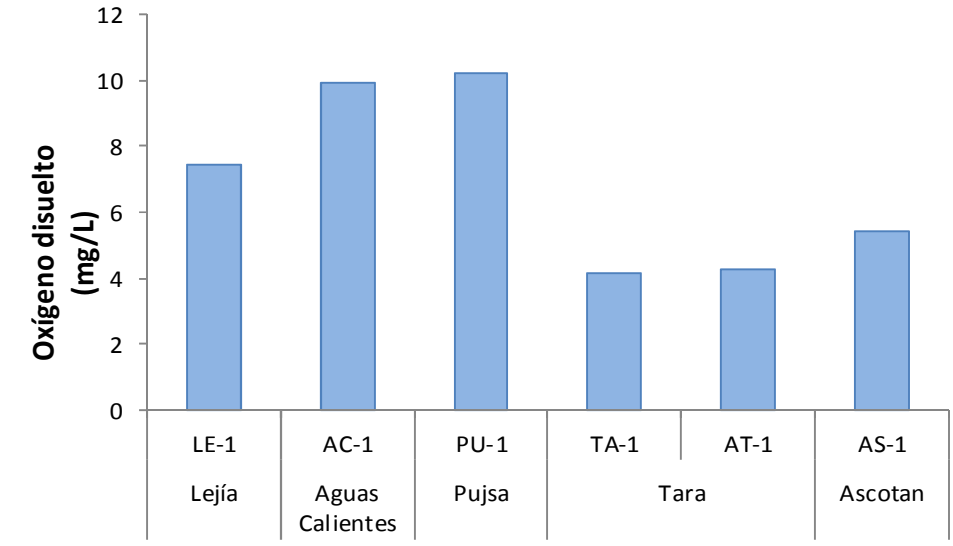


Figura 2-174. (Continuación) Parámetros *in-situ* analizados en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014.

Folio007350

b. Parámetros fisicoquímicos

La alcalinidad presentó valores relativamente homogéneos en la mayor parte de las estaciones fluctuando entre 2,00 y 6,71 meq$CaCO_3$/L en AC-1 y LE-1, respectivamente. Solo la estación LE-1 mostró un valor considerablemente superior alcanzando 26,24 mg$CaCO_3$/L (**Figura 2-175 a, Tabla 2-188**). De acuerdo a lo establecido en la literatura, a mayor alcalinidad más alta es la capacidad de los sistemas para neutralizar ácidos, esto indicaría que durante la campaña de septiembre LE-1 tendría una capacidad de respuesta mejor respecto a los demás subsistemas (Wetzel, 2001).

Los sólidos disueltos totales resgistraron concentraciones entre los 14250 y 133555 mg/L en AC-1, mientras que los sólidos suspendidos totales variaron entre 36 y 940 mg/L en AT-1 y LE-1. En la Figura se observó que los sólidos disueltos y suspendidos mostraron las mayores concentraciones en las mismas estaciones (LE-1 y TA-1), apreciándose que en los puntos restantes las concentraciones fueron menores (**Figura 2-175 b, Tabla 2-188**). Esta distribución de valores se repitió también en la conductividad (**Figura 4.16 b, Tabla 2-187**), la cual es influenciada por la adsorción y liberación de iones presentes en las partículas disueltas y en suspensión (Wetzel, 2001).

La demanda bioquímica de oxígeno presentó un gradiente de disminución en dirección al norte con el valor más alto de 709 mg/L registrado en el punto LE-1 hasta un mínimo de 21 mg/L en AS-1 (**Figura 2-175 d, Tabla 2-188**).

La demanda química de oxígeno resgistró un rango entre 67 y 487 mg/L en AC-1 y LE-1, destacando que existe un aumento de los valores desde AC-1 hasta TA-1, es decir en dirección nor-oriente (**Figura 2-175 e, Tabla 2-188**).

El cianuro se caracterizó por presentar las mayores concentraciones en las estaciones PU-1 y TA-1 respecto a las demás estaciones de monitoreo. El rango de cianuro registrado entre los diferentes puntos de muestreo abarcó desde un valor menor al límite de detección (<0,002 mg/L) en AT-1 hasta 0,065 mg/L en TA-1 (**Figura 4.17 f**).

El fluoruro presentó valores similares en la mayor parte de las estaciones, fluctuando entre un valor menor al límite de detección (<0,5 mg/L) en AC-1 y PU-1, y un valor máximo de 1,6 mg/L en AS-1. En la Figura se observó que fue LE-1 la estación que arrojó un valor mayor respecto al resto de las estaciones, alcanzando 7,8 mg/L (**Figura 4.17 g**).

Folio007351

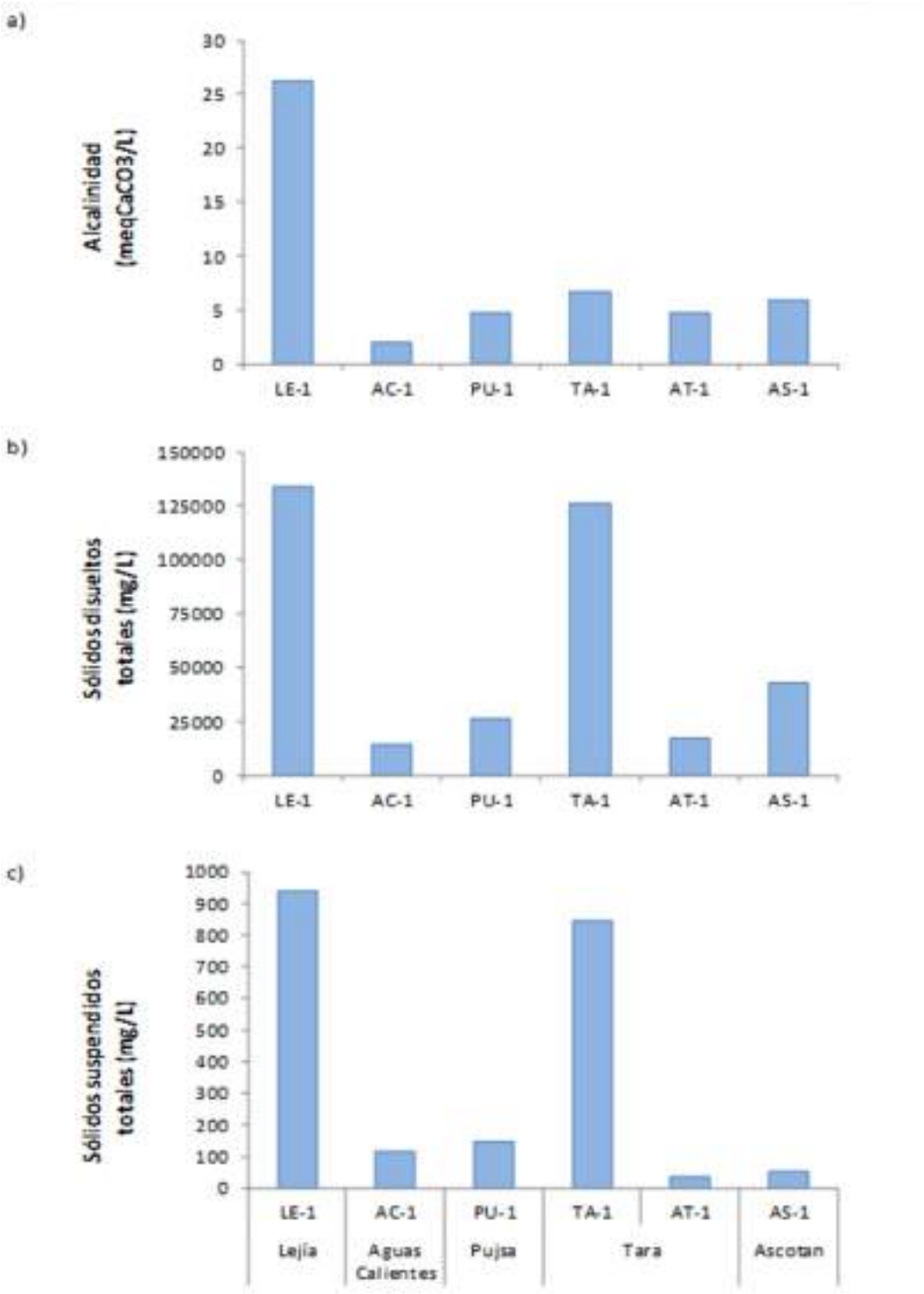
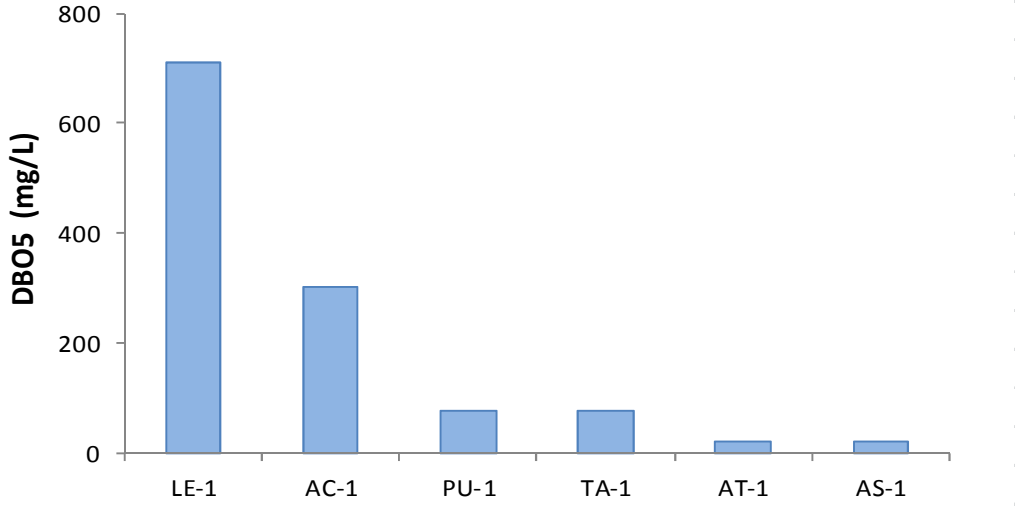


Figura 2-175. Parámetros fisicoquímicos analizados en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán: a) Alcalinidad total, b) Sólidos disueltos totales y c) Sólidos suspendidos totales. Campaña de septiembre 2014.

Folio007352

d)



e)

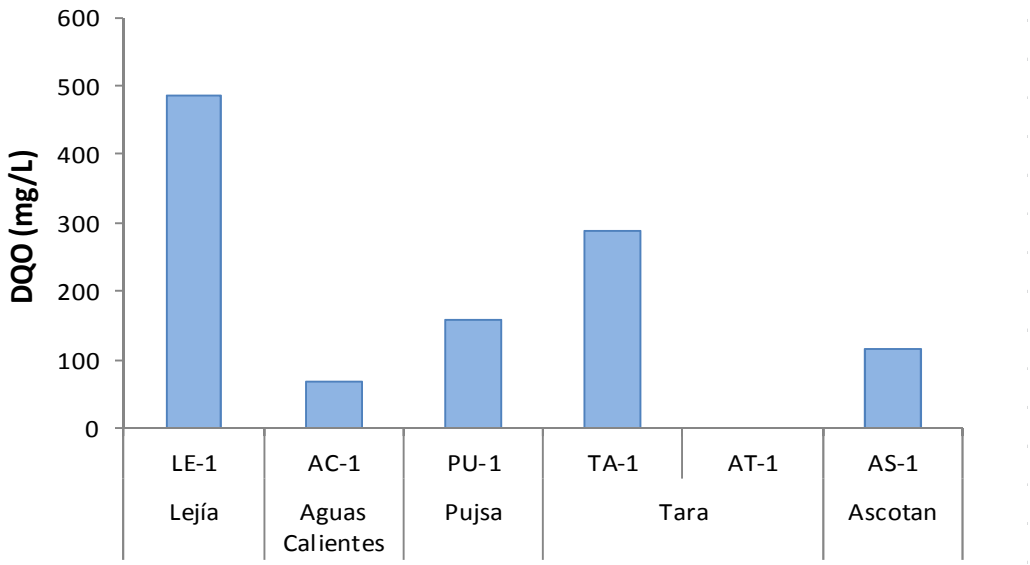
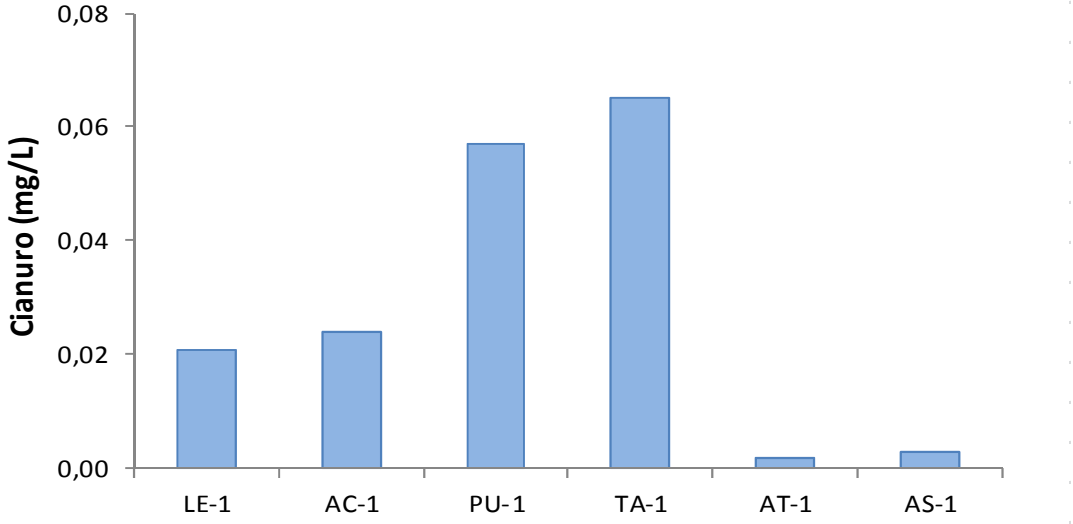


Figura 2-176. (Continuación) Parámetros fisicoquímicos analizados en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014.

Folio007353

f)



g)

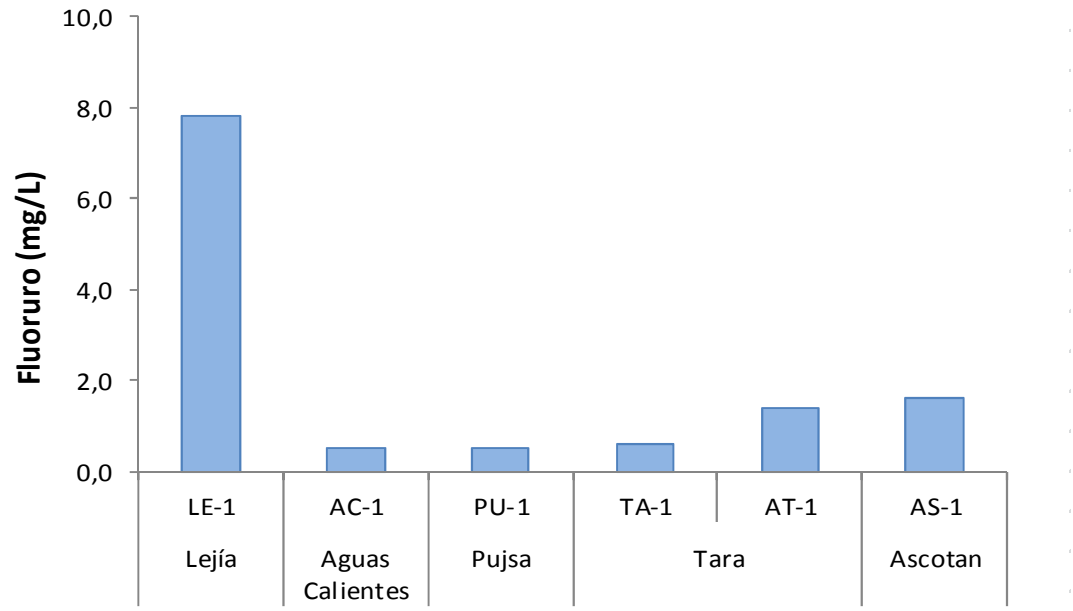


Figura 4.17. (Continuación) Parámetros fisicoquímicos analizados en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014.

Folio007354

c. Nutrientes y clorofila

Las concentraciones de amonio indicaron valores cuantificables solo en LE-1, PU-1 y AS-1, no obstante se consideró que respecto a este nutriente el rango de concentración entre estaciones abarcó entre un valor menor al límite de detección (<10 μg/L) en LE-1, AC-1, TA-1, y AT-1, y un máximo de 113 μg/L en PU-1 (**Figura 2-177 a**, **Tabla 2-189**).

En el nitrato se observó que la mayoría de las estaciones presentaron concentraciones entre los 250 y 635 μg/L, no obstante se observó que en LE-1 se registró una concentración seis veces mayor al rango mencionado alcanzando 3775 μg/L (**Figura 2-177 b**, **Tabla 2-189**).

El nitrito muestró concentraciones heterogéneas entre estaciones de monitoreo, indicando un aumento desde AC-1 hacia TA-1. En rango de concentraciones de nitrito durante la presente campaña abarcó entre un valor menor al límite de detección (<0,2 μg/L) en AT-1 y AS-1, hasta 3,2 μg/L en TA-1 (**Figura 4.18 c**, **Tabla 2-189**). Lo anterior indica que el nitrito es la forma de nitrógeno menos abundante, lo cual estaría asociado al hecho de que es una especie intermedia en la nitrificación y desnitrificación (Stumm y Morgan, 1996).

El nitrógeno total Kjeldahl indicó concentraciones similares entre las diferentes estaciones, señalando un rango acotado desde 500 μg/L en AC-1, hasta 600 μg/L en las estaciones de monitoreo restantes (**Figura 4.18 d**, **Tabla 2-189**).

El ortofosfato disminuyó, en general, sus concentraciones desde LE-1 hacia AS-1, es decir en dirección norte, indicando un rango entre 36 g/L en AC-1 y 31150 μg/L en LE-1 (**Figura 4.18 e**, **Tabla 2-189**).

El fósforo total presentó un patrón similar al del ortofosfato pues disminuyó sus concentraciones hacia el norte, pero esto se observó solo hasta AT-1. El rango de concentraciones registrado para este parámetro se encuentró entre 293 μg/L en AC-1 y 45800 μg/L en LE-1 (**Figura 4.18 f**, **Tabla 2-189**), caracterizándolas como aguas muy productivas o altamente eutroficadas (Wetzel, 2001).

Las concentraciones de sílice fluctuaron de forma irregular entre las estaciones de monitoreo, señalando que el valor mínimo se ubicó en PU-1 con 15,6 mg/L, y el valor máximo en AT-1 con 54,7 mg/L (**Figura 4.18 g**, **Tabla 2-189**).

Los valores de clorofila α fluctuaron entre estaciones de monitoreo. De la Figura se observó que, en general, la mayoría de las estaciones presentaron concentraciones entre 0,01 mg/L (AS-1) y 0,20 mg/L (TA-1), salvo LE-1 que registró un valor casi tres veces mayor que el máximo mencionado (**Figura 2-178 a**, **Tabla 2-189**). La clorofila en fitoplancton indicó una distribución particular entre las estaciones de monitoreo, agrupando los mayores valores entre LE-1 y PU-1, y los menores en las estaciones restantes. El rango registrado para la clorofila en fitoplancton abarcó entre los 1,3 μg/L en AS-1 y 102,8 μg/L en PU-1 (**Figura 2-178 b**, **Tabla 2-189**).

De acuerdo a los valores de clorofila α y de clorofila en fitoplancton se estimó que la mayoría de los subsistemas poseen condiciones hipereutróficas, salvo las estaciones AS-1 y AC-1 que indicarían una condición oligotrófica y mesotrófica, respectivamente (Tilman, Nekola y Smith, 1998).

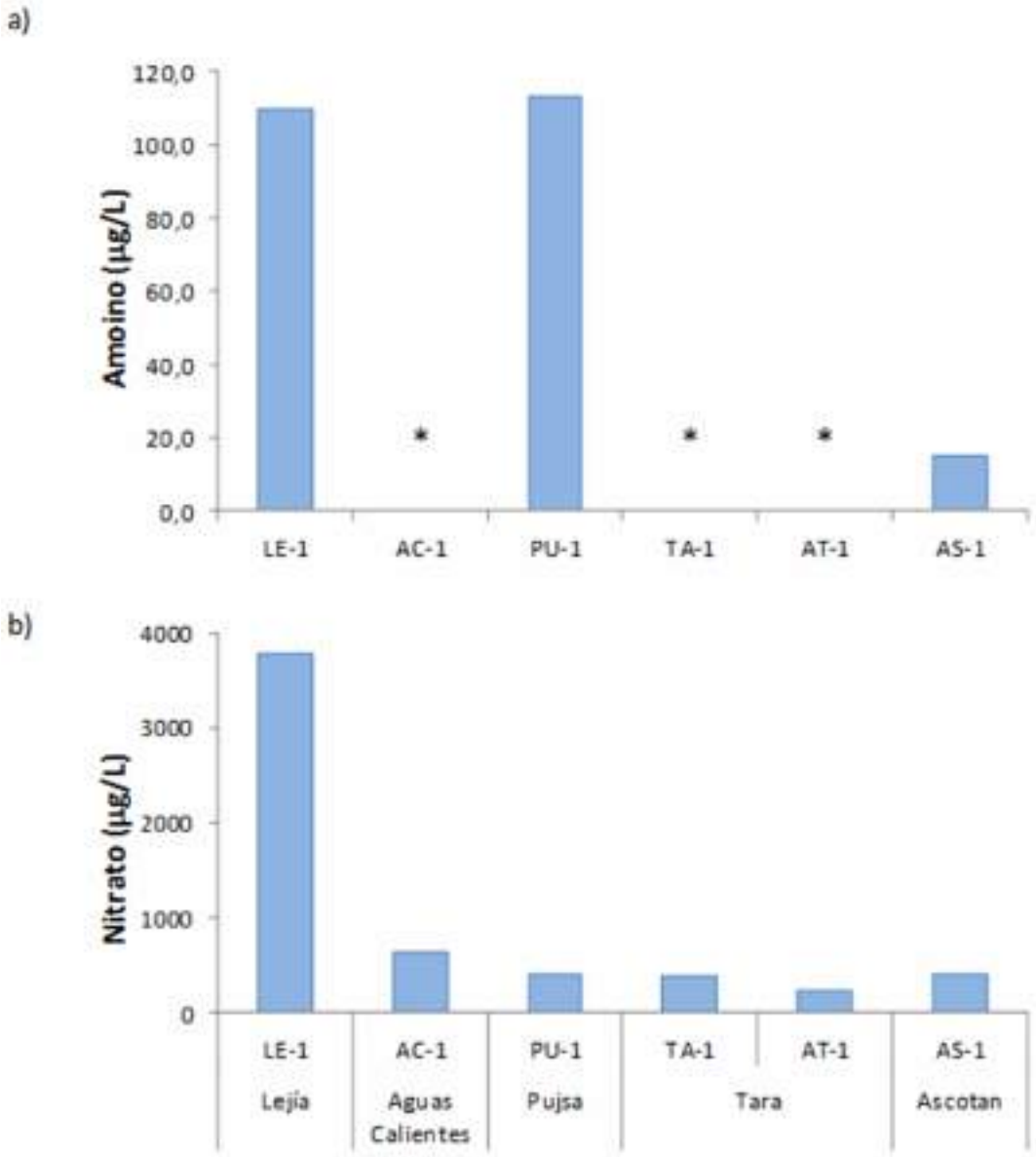


Figura 2-177. Nutrientes analizados en Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014. *: Valor bajo el límite de detección.

Folio007356

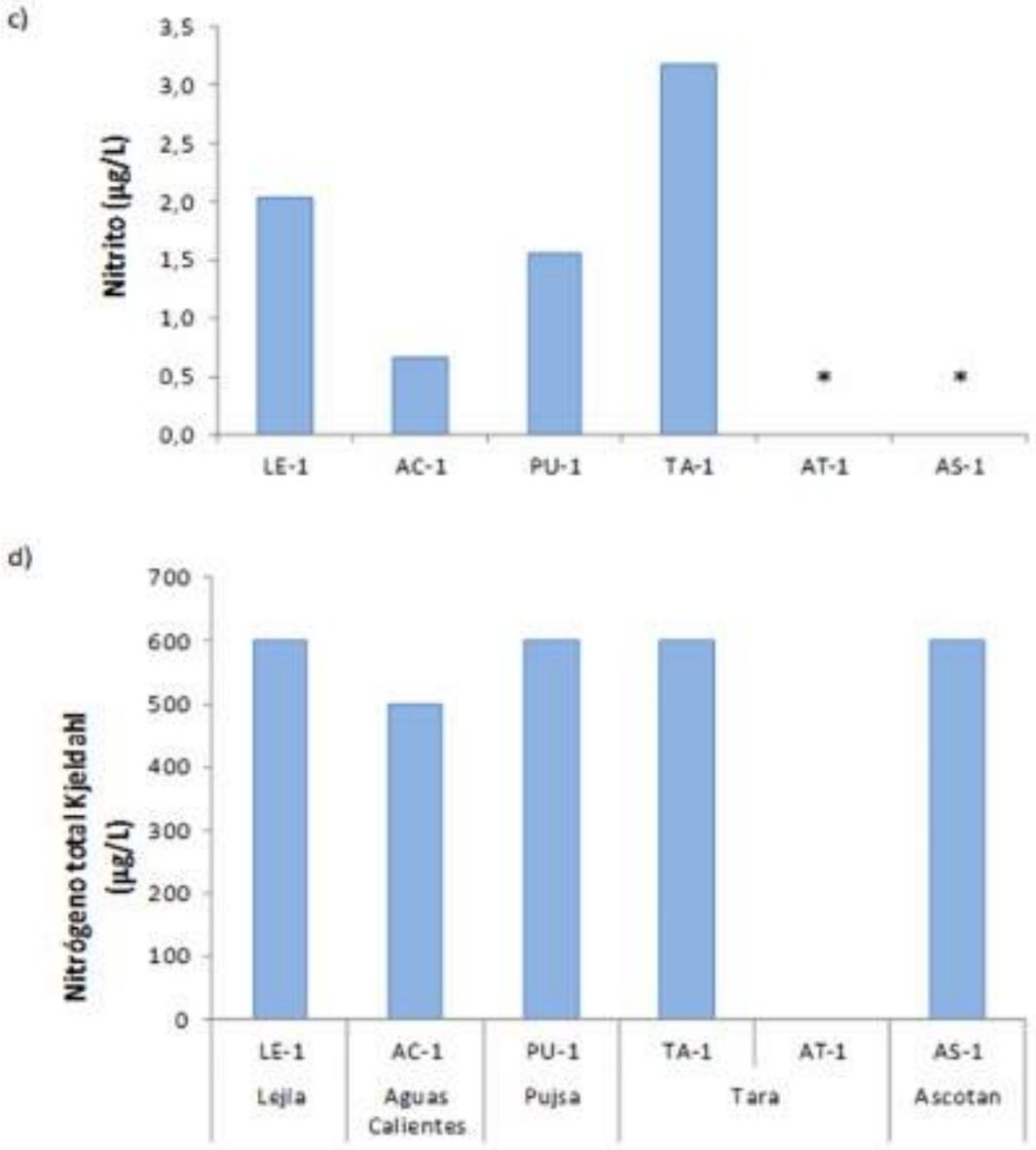


Figura 4.18 (Continuación) Nutrientes analizados en Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014. *: Valor bajo el límite de detección.

Folio007357

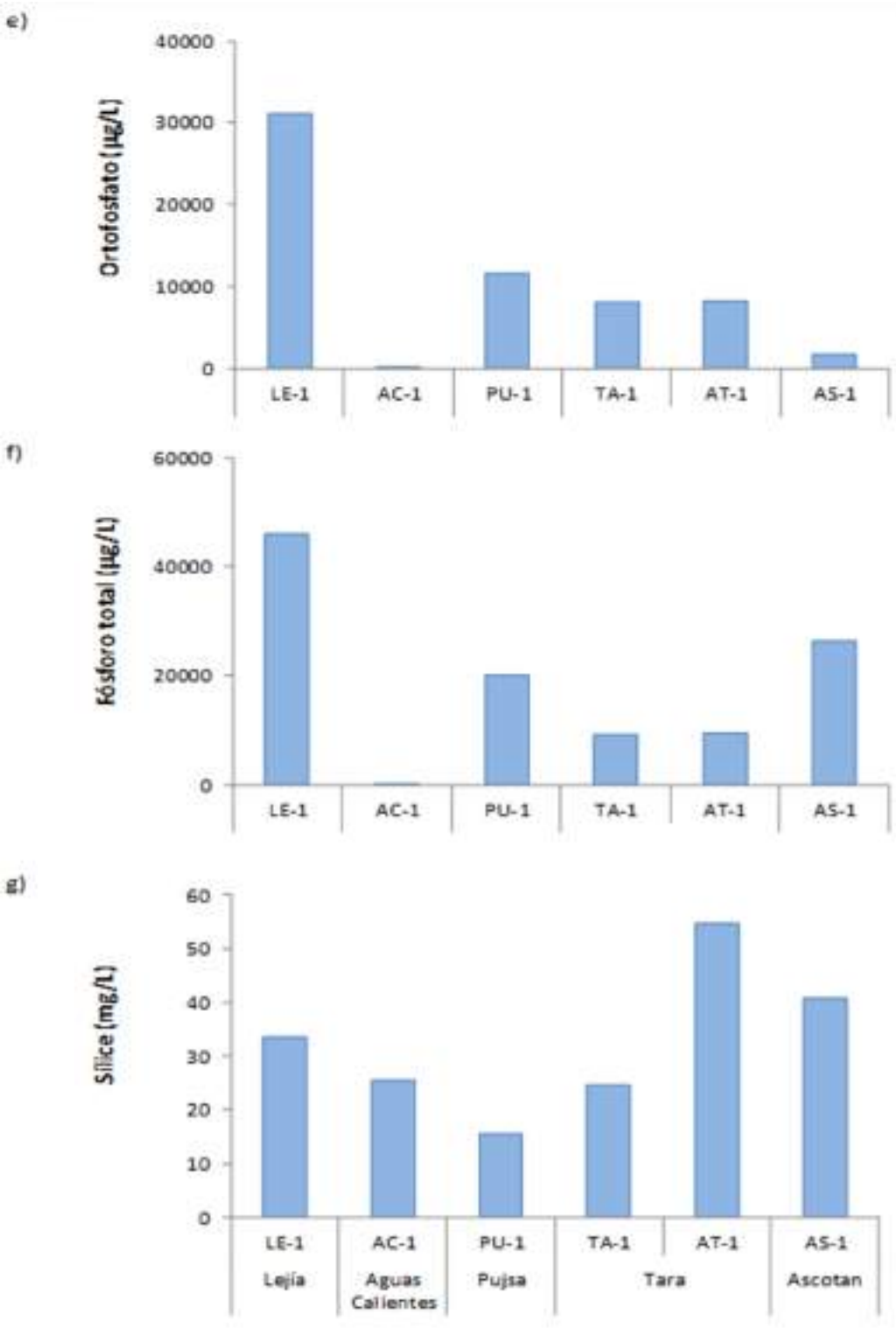


Figura 4.18. (Continuación) Nutrientes analizados en Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014.

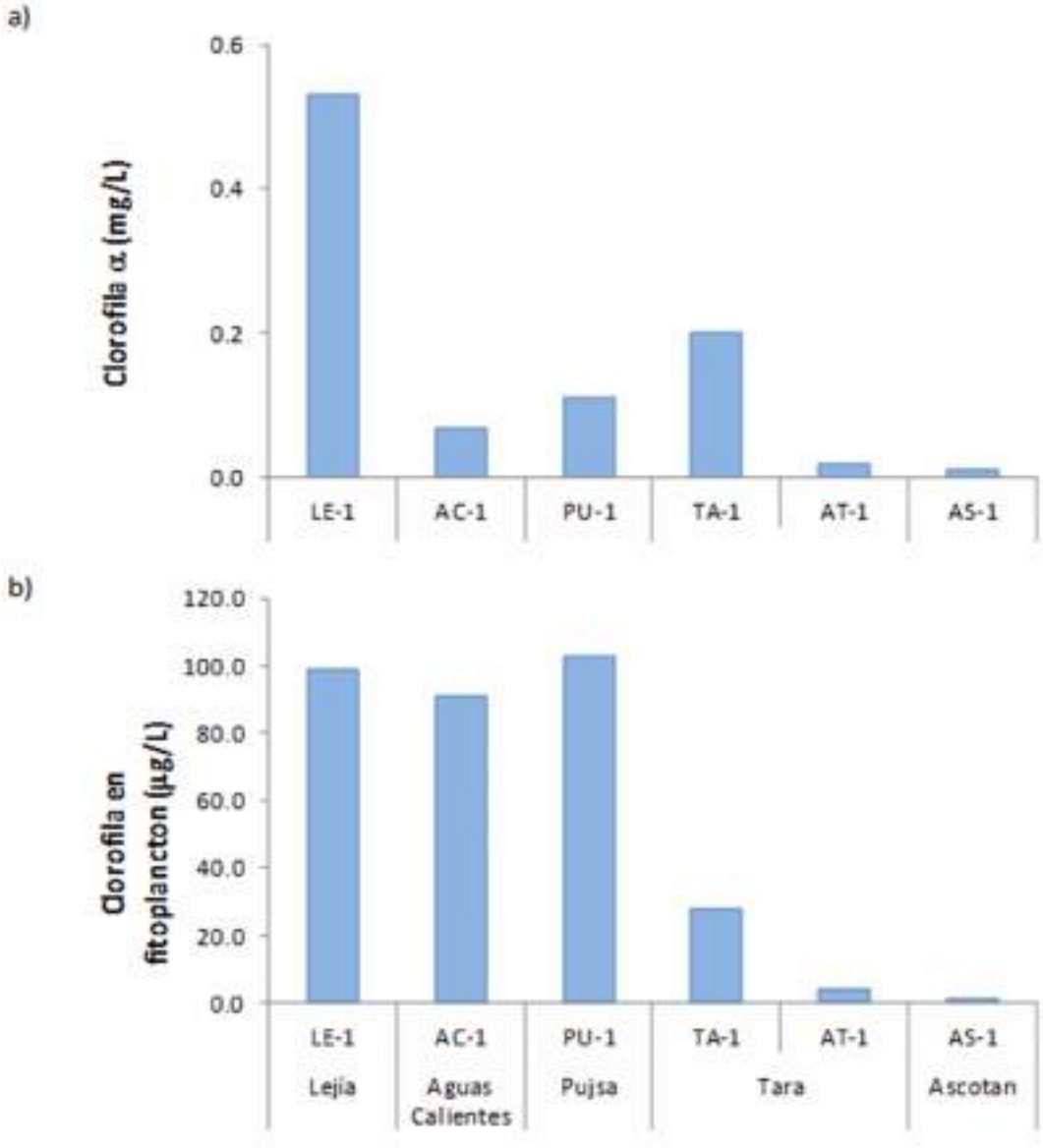


Figura 2-178. Clorofila a y en fitoplancton en Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014.

Folio007359

d. Caracterización iónica del agua

Para analizar la composición iónica del agua de los subsistemas se utilizaron diagramas de Stiff. Estos diagramas son polígonos que se forman usando las concentraciones de sodio, magnesio, calcio, cloruro, sulfato y bicarbonato. Las principales ventajas de usar estos diagramas son que se puede caracterizar visualmente la composición química del agua de diversos sectores, y a su vez apreciar las semejanzas y diferencias entre estos.

De acuerdo a las concentraciones de los cationes y aniones presentes durante la campaña de septiembre 2014 (Figura 2-179, **Tabla 2-190**) se observó que AS-1, AT-1 y TA-1 poseen aguas cloruradas-sódicas; AC-1 aguas cloruradas-sódicas con aportes secundarios de magnesio; PU-1 aguas cloruradas sódicas con aportes secundarios de sulfato; y LE-1 aguas sulfatadas magnésicas con aportes secundarios se sodio y cloruro (Figura 2-179).

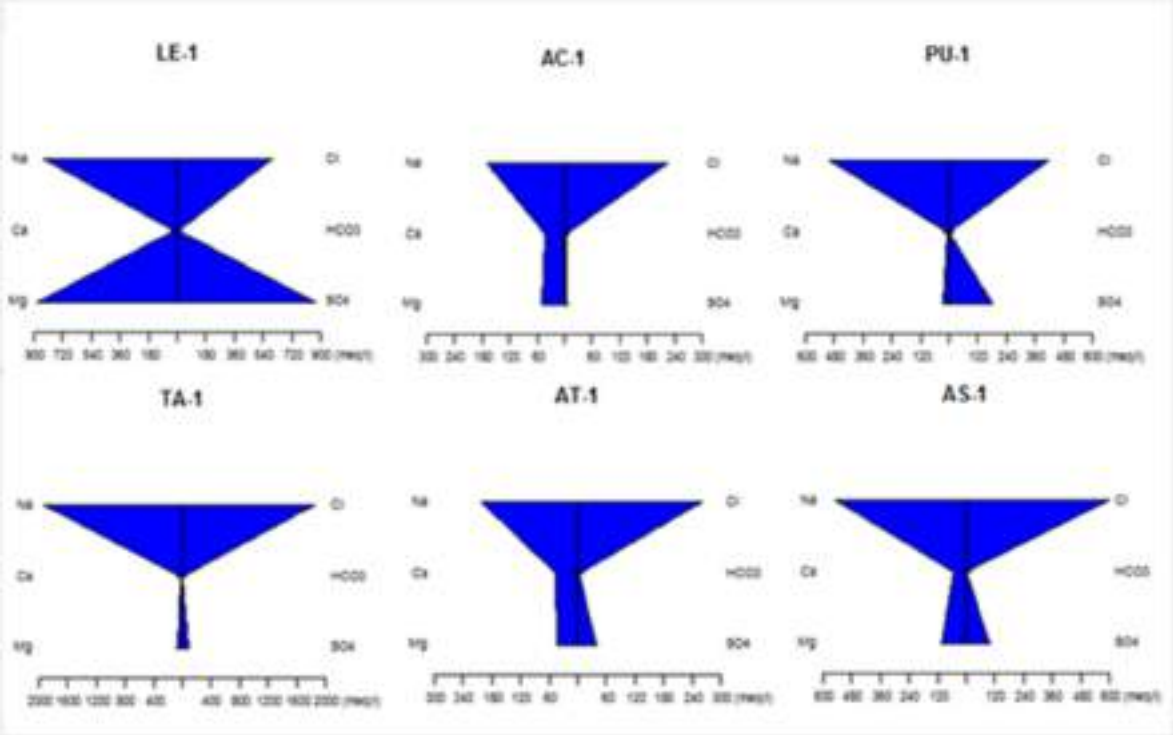


Figura 2-179. Composición iónica del agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014.

Folio007360

e. Metales disueltos y totales

Las concentraciones de metales registrados en las diferentes estaciones de monitoreo señalaron que aquellos más abundantes fueron el litio y boro (Figura 2-180 **a**, **Tabla**); De estos metales para el caso del litio las concentraciones fueron más bien homogéneos, mientras que en el contenido de boro fueron LE-1 y AS-1 aquellas que se destacaron por tener un mayor contenido. Los rangos de concentraciones para el litio se encontraron entre 10,4 mg/L (AC-1) y 237,6 mg/L (TA-1), y para boro entre 33,7 mg/L (AC-1) y 412,9 mg/L (LE-1) (Tabla). De los metales restantes (Figura 2-180 **tabla**), aquellos que presentaron concentraciones más altas fueron el manganeso, molibdeno y hierro, indicando que habría un contenido mayor de estos metales en las estaciones LE-1, AC-1 y AS-1. Los metales disueltos que registraron en la mayoría de las estaciones valores bajo el límite de detección no fueron incluidos en la descripción gráfica (aluminio, cromo disuelto, cromo hexavalente, mercurio, plata, plomo, selenio y vanadio) (**Tabla 2-191**).

Folio007361

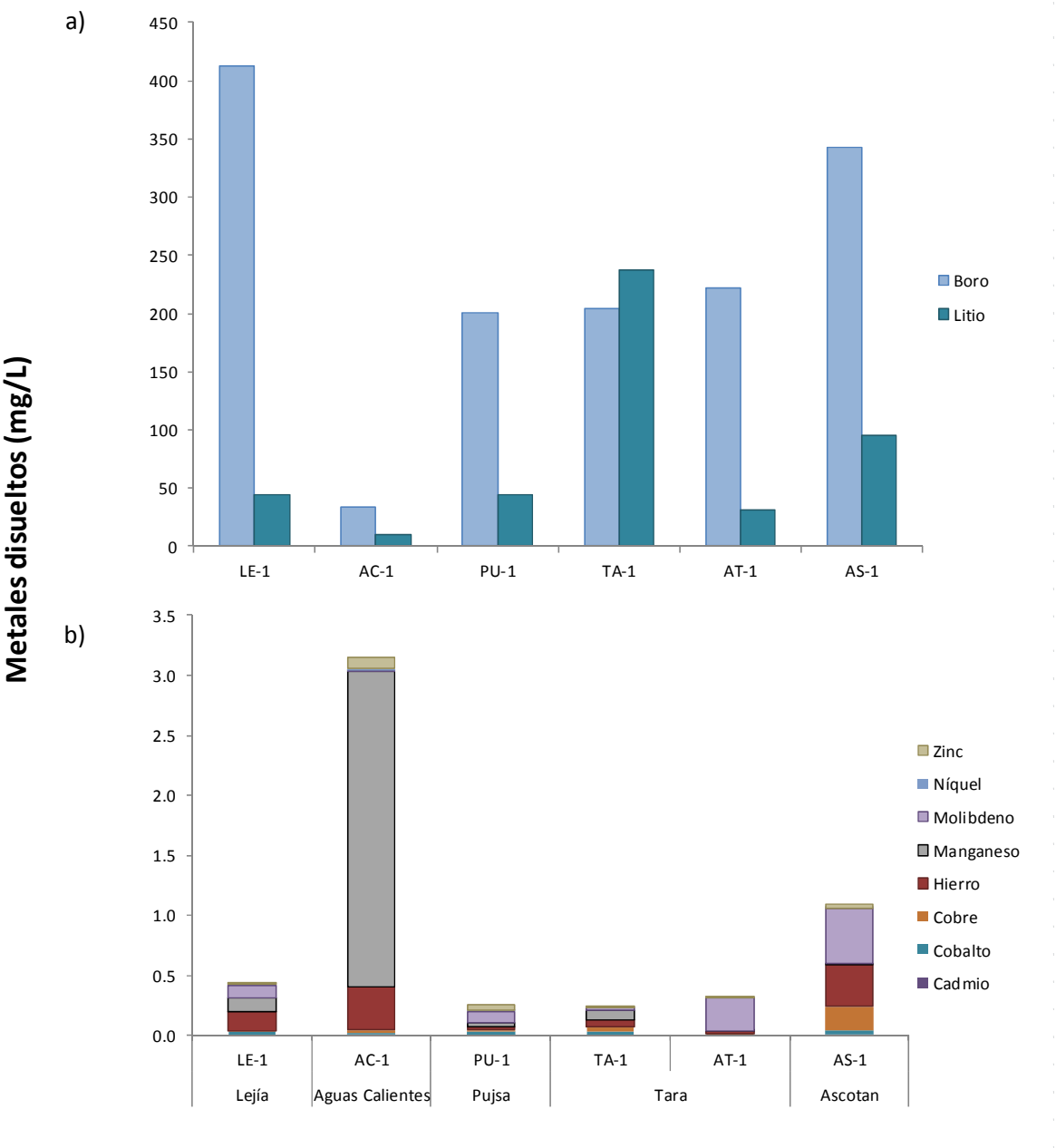


Figura 2-180. Metales disueltos en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014.

Folio007362

f. Metales totales

La concentración de metales totales presentaron una distribución similar a la fracción disuelta respecto al litio y boro, siendo estos los metales más abundantes entre los diferentes subsistemas (Figura 2-181 **a**, **Tabla 2-192**). Se observó nuevamente que las mayores concentraciones de litio se encuentraron en las estaciones LE-1 y AS-1, mientras que el mayor contenido de boro se registró en TA-1. Por otro lado, los metales restantes agruparon sus concentraciones de forma diferente a los metales disueltos, particularmente en las estaciones AC-1, TA-1 y AS-1, destacando que entre estos metales se encuentraron el hierro, zinc, molibdeno, plata y manganeso (Figura 2-181 **b**). Los metales totales que registraron en su mayoría valores bajo el límite de detección no fueron incluidos en la descripción gráfica (aluminio, mercurio, selenio y vanadio) (**Tabla 2-192**).

Folio007363

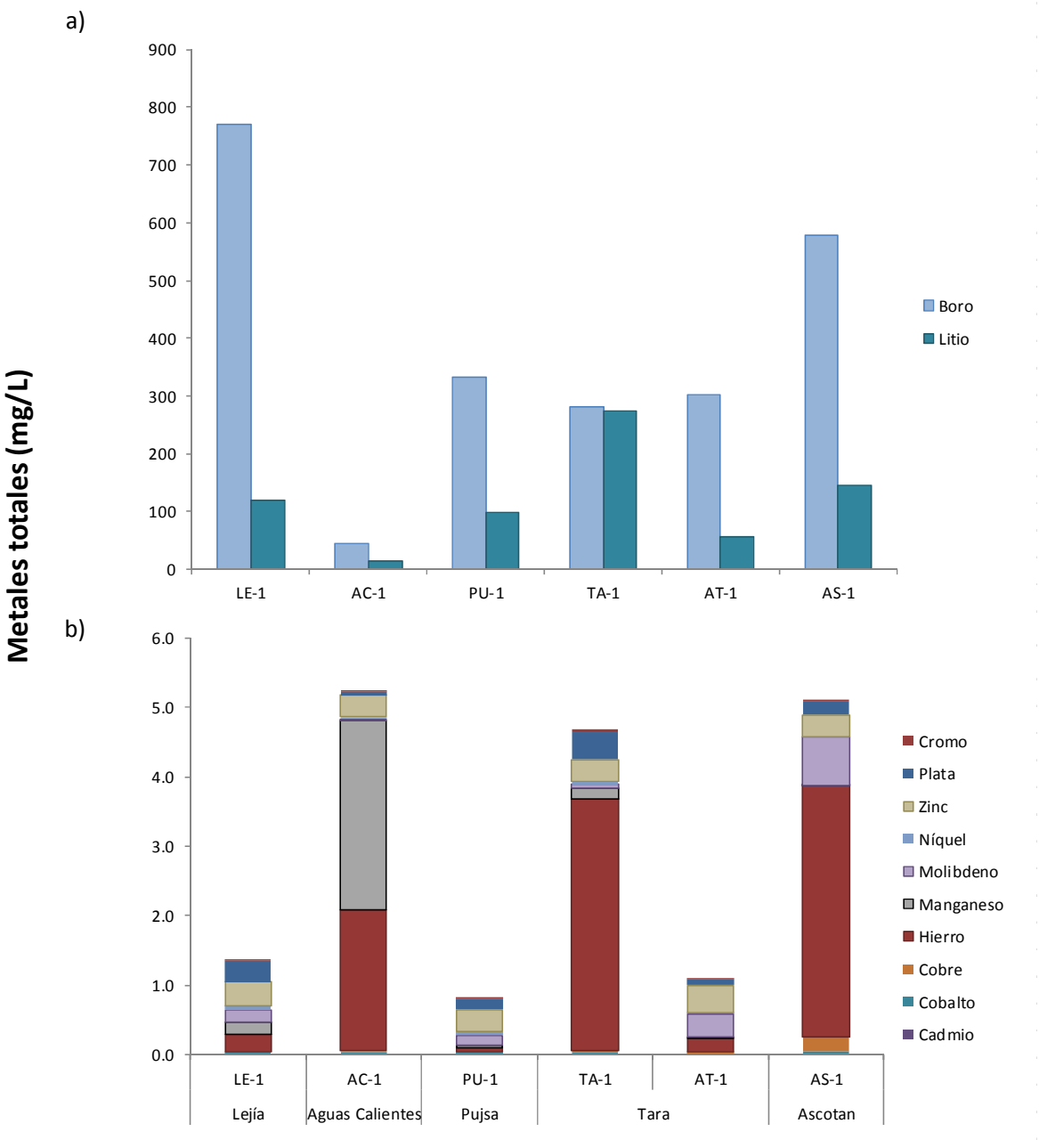


Figura 2-181. Metales totales en la columna de agua de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán. Campaña de septiembre 2014.

g. Parámetros microbiológicos

Los resultados obtenidos para la campaña de septiembre 2014 señalaron que las concentraciones de coliformes fecales y totales en el sector no son cuantificables en ninguna de las estaciones, es decir que se encuentraron bajo el límite de detección (<1,8 NMP/100mL) (**Tabla 2-193**).

2.5.4.2 Calidad de sedimentos

a. Parámetros fisicoquímicos

El contenido de materia orgánica en sedimentos indicó que se observaron valores similares en la mayor parte de las estaciones de monitoreo, indicando un rango que fluctúo entre un valor menor al límite de detección (<0,1 mg/kg) en LE-1, y un valor de 1,9 mg/kg en AC-1 (Figura 2-182 a, Tabla 2-194). De la Figura se observó que la estación TA-1 se registró un valor máximo de 8,0 mg/kg, el cual fue cuatro veces mayor que el segundo valor más alto.

El contenido de carbono orgánico en sedimento muestró una distribución similar al de materia orgánica, es decir que la mayor parte de las estaciones indicaron un contenido similar de este tipo de carbono (desde <0,1 hasta 1,1 mg/kg), destacando que TA-1 registró un valor cuatro veces mayor que el segundo valor más alto (Figura 2-182 b, Tabla 2-194).

Folio007365

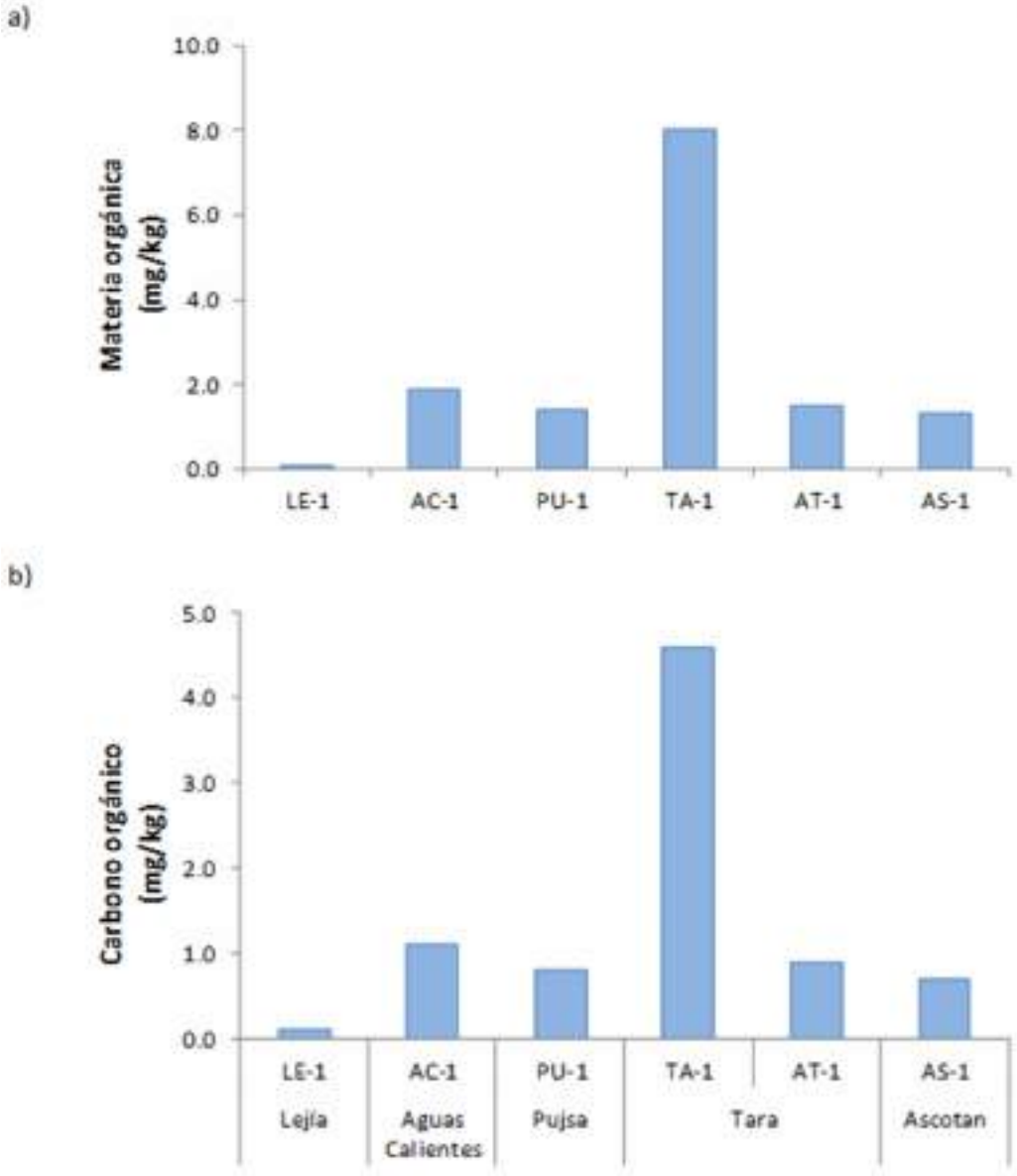


Figura 2-182. Parámetros fisicoquímicos en los sedimentos de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán; a) Materia orgánica y b) carbono orgánico. Campaña de septiembre 2014.

Folio007366

b. Metales

De forma general se observó que los metales más abundantes entre los diferentes subsistemas fueron el potasio, aluminio, magnesio y arsénico (Figura 2-183, Tabla 2-195). De los metales restantes, aquellos que se destacaron por presentar una proporción mayor fueron el manganeso, litio, hierro, boro y cobre, los metales que se encontraron en una concentración menor respecto a estos últimos (vanadio, plomo, plata, níquel, mercurio, cromo, cobalto y cadmio) se agruparon bajo la categoría "otros" (Figura 2-183 b, Tabla 2-195). Espacialmente se observó que respecto al potasio, aluminio, magnesio y arsénico las estaciones PU-1, TA-1 y AS-1 presentaron un mayor contenido respecto a las estaciones restantes. Esta situación no se presentó en los metales restantes, pues se observó que los mayores contenidos se encuentraron en AC-1, TA-1 y LE-1.

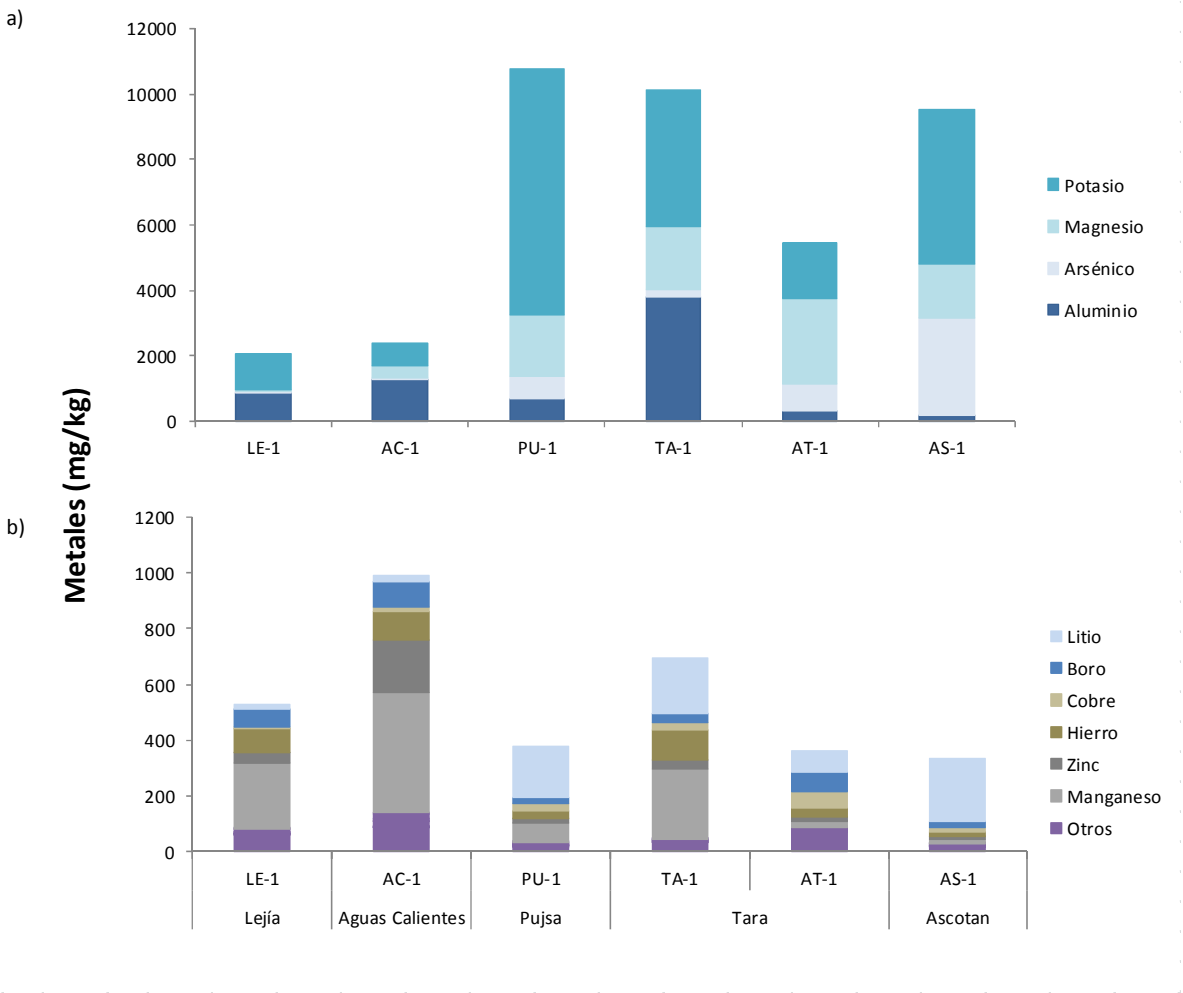


Figura 2-183. Distribución de metales en los sedimentos de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa, Salar de Tara y Salar de Ascotán; a) Metales más abundantes y b) Metales en menor proporción. Campaña de septiembre 2014. Otros: vanadio, plomo, plata, níquel, mercurio, cromo, cobalto y cadmio.

c. Granulometría

Folio007367

El conocimiento del tamaño de las partículas de sedimento permite estimar no solo la distribución y crecimiento de muchos organismos bénticos invertebrados (Cummins, 1962) además del metabolismo microbial, sino que también potenciales focos de concentración de metales, los cuales se adsorben con más facilidad a partículas de menor tamaño por su mayor área de contacto (por ejemplo limo) y a formar complejos con la materia orgánica (Stumm y Morgan).

La composición de las partículas de los sedimentos de los Salares Altoandinos indicó que la estación AT-1 presentó la mayor proporción de limo, partícula más fina, respecto a las demás estaciones, registrando un 67,3 % (Figura 2-184,Tabla 2-196).

Las estaciones AC-1, TA-1 y LE-1 indicaron que las partículas de los sedimentos fueron más bien heterogéneas, señalando que en AC-1 la composición principal abarcó a la grava muy fina, arena fina y arena media; en TA-1 la composición fue de limo, arena gruesa, arena muy gruesa y grava muy fina; y en LE-1 se registró principalmente arena media, grava muy fina, arena gruesa y arena fina. La estación PU-1 se caracterizó porque sus sedimentos presentaron grava muy fina y arena muy gruesa, mientras que la estación AS-1 presentó partículas más finas respecto a PU-1, a principalmente arena fina y arena media (Figura 2-184)

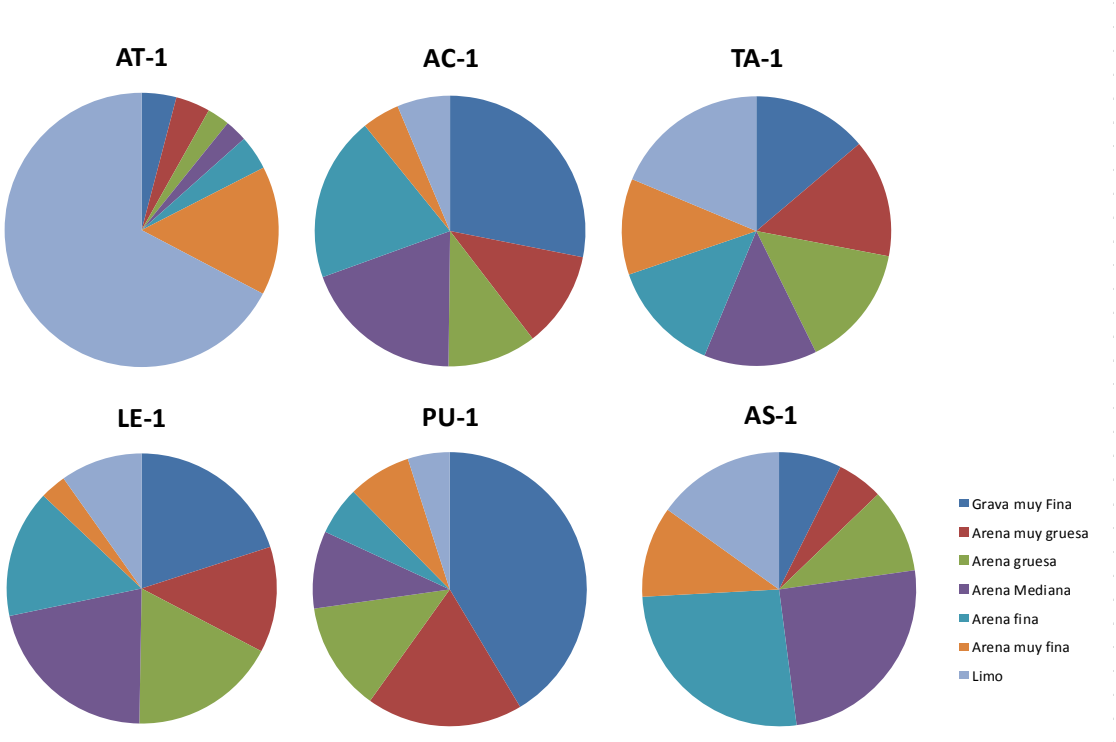


Figura 2-184. Granulometría de los sedimentos de Laguna Lejía (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Pujsa (PU-1), Salar de Tara (TA-1 y AT-1) y Salar de Ascotán (AS-1).

Folio007368

Tabla 2-187. Parámetros in-situ de calidad de aguas en Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014.

Subsistemas	Estaciones	Temperatura (°C)	Ph (unidades)	Conductividad (mS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Color verdadero (Pt-Co)
Lejía	LE-1	7,0	8,4	84,0	7,5	<5
Aguas Calientes	AC-1	9,0	7,3	22,4	9,9	<5
Pujsa	PU-1	7,7	9,0	45,0	10,2	<5
Tara	TA-1	10,2	8,0	122,1	4,2	<5
	AT-1	13,2	8,3	29,8	4,3	<5
Ascotán	AS-1	14,4	8,2	57,0	5,4	<5

Tabla 2-188. Parámetros fisicoquímicos de calidad de aguas en Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014.

Subsistemas	Estaciones	Alcalinidad (meqCaCO3/L)	Sólidos totales disueltos (mg/L)	Sólidos totales suspendidos (mg/L)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	Fluoruro (mg/L)
Lejía	LE-1	26,24	133555	940	709	487	7,8
Aguas Calientes	AC-1	2,00	14250	117	302	67	<0,5
Pujsa	PU-1	4,74	26220	147	79	157	<0,5
Tara	TA-1	6,71	125700	845	78	288	0,6
	AT-1	4,77	17375	36	22	S.I.	1,4
Ascotán	AS-1	5,92	43120	52	21	116	1,6

S.I.: Sin información.

Tabla 2-189 Nutrientes, clorofila α y clorofila en fitoplancton de calidad de aguas en Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014.

Subsistemas	Estaciones	Amonio (mg/L)	Nitrato (µg/L)	Nitrito (µg/L)	NTK (µg/L)	Ortofosfato (µg/L)	Fósforo total (µg/L)	Sílice disuelto (mg/L)	Clorofila α (µg/L)	Clorofila α en perifiton (µg/L)
Lejía	LE-1	110	3775	2,0	0,60	31150	45800	33,5	0,53	98,8
Aguas Calientes	AC-1	<10	635	0,7	0,50	36	293	25,5	0,07	90,8
Pujsa	PU-1	113	420	1,6	0,60	11700	20125	15,6	0,11	102,8
Tara	TA-1	<10	400	3,2	0,60	8085	9375	24,7	0,20	28,0
	AT-1	<10	250	<0,2	S,I,	8350	9575	54,7	0,02	4,0

Folio007369

Subsistemas	Estaciones	Amonio (mg/L)	Nitrato (µg/L)	Nitrito (µg/L)	NTK (µg/L)	Ortofosfato (µg/L)	Fósforo total (µg/L)	Sílice disuelto (mg/L)	Clorofila α (µg/L)	Clorofila α en perifiton (µg/L)
Ascotán	AS-1	15	420	<0,2	0,60	1775	26350	40,7	0,01	1,3

S.I.: Sin información.

Tabla 2-190 Iones mayoritarios en la columna de agua de Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014.

Subsistemas	Estaciones	Cloruro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Calcio (mg/L)	Magnesio disuelto (mg/L)	Magnesio total (mg/L)	Potasio disuelto (mg/L)	Potasio total (mg/L)	Sodio (mg/L)	Bicarbonato (mg/L)	Carbonato (mg/L)
Lejía	LE-1	21239	41644	394	10719	19210	2794	6471	19363	842	1159
Aguas Calientes	AC-1	7890	181	847	611	649	202	380	3893	244	<5
Pujsa	PU-1	14646	8584	97	298	468	866	1959	11521	<5	284
Tara	TA-1	65342	3690	454	732	624	2097	2606	44500	385	213
	AT-1	9228	1891	881	507	668	627	1023	4601	268	154
Ascotán	AS-1	21159	4526	984	1251	1103	1709	3051	12550	<5	355

Tabla 2-191 Metales disueltos en la columna de agua de Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014.

Subsistemas	Estaciones	Aluminio disuelto (mg/L)	Arsénico disuelto (mg/L)	Boro disuelto (mg/L)	Cadmio disuelto (mg/L)	Cobalto disuelto (mg/L)	Cobre disuelto (mg/L)	Cromo disuelto (mg/L)	Cromo hexavalente (mg/L)	Hierro disuelto (mg/L)	Litio disuelto (mg/L)
Lejía	LE-1	<0,5	110	412,9	<0,001	0,026	0,004	<0,002	<0,01	0,162	44,1
Aguas Calientes	AC-1	<0,5	<10	33,7	0,010	0,011	0,023	<0,002	<0,01	0,357	10,4
Pujsa	PU-1	<0,5	113	200,4	<0,001	0,028	0,017	<0,002	<0,01	0,025	44,4
Tara	TA-1	<0,5	<10	204,1	<0,001	0,024	0,042	0,028	<0,01	0,060	237,6
	AT-1	S.I.	<10	222,3	<0,001	0,009	0,005	<0,002	<0,01	0,019	31,1
Ascotán	AS-1	<0,5	15	342,5	0,011	0,030	0,201	<0,002	<0,01	0,350	95,8

S.I.: Sin información.

Folio007370

Subsistemas	Estaciones	Manganeso disuelto (mg/L)	Mercurio disuelto (mg/L)	Molibdeno disuelto (mg/L)	Níquel disuelto (mg/L)	Plata disuelto (mg/L)	Plomo disuelto (mg/L)	Selenio disuelto (mg/L)	Vanadio disuelto (mg/L)	Zinc disuelto (mg/L)
Lejía	LE-1	0,119	<0,0005	0,108	0,011	<0,01	<0,008	<0,001	<0,1	0,009
Aguas Calientes	AC-1	2,635	<0,0005	0,005	0,011	<0,01	<0,008	<0,001	<0,1	0,102
Pujsa	PU-1	0,033	<0,0005	0,097	0,004	<0,01	<0,008	<0,001	<0,1	0,045
Tara	TA-1	0,081	<0,0005	0,019	0,005	<0,01	<0,008	<0,001	<0,1	0,011
	AT-1	<0,004	<0,0005	0,271	0,004	S.I.	<0,008	S.I.	S.I.	0,013
Ascotán	AS-1	<0,004	<0,0005	0,463	<0,003	<0,01	<0,008	<0,001	<0,1	0,031

S.I.: Sin información.

Tabla 2-192 Metales totales en la columna de agua de Salares y Lagunas Altoandinas. Septiembre 2014.

Subsistemas	Estaciones	Aluminio total (mg/L)	Arsénico total (mg/L)	Boro total (mg/L)	Cadmio total (mg/L)	Cobalto total (mg/L)	Cobre total (mg/L)	Cromo total (mg/L)	Hierro total (mg/L)	Litio total (mg/L)
Lejía	LE-1	<0.5	99.2	770.7	<0.001	0.027	0.020	<0.002	0.249	121
Aguas Calientes	AC-1	<0.5	0.4	45.1	0.014	0.013	0.026	0.005	2.035	15
Pujsa	PU-1	<0.5	72.9	331.6	<0.001	0.030	0.017	<0.002	0.051	98
Tara	TA-1	3.3	23.4	280.3	<0.001	0.025	0.042	0.037	3.608	275
	AT-1	<0.5	26.8	302.5	<0.001	0.010	0.033	0.002	0.199	56
Ascotán	AS-1	<0.5	34.5	577.7	0.016	0.032	0.210	<0.002	3.608	146

S.I.: Sin información.

Subsistemas	Estaciones	Manganeso total (mg/L)	Mercurio total (mg/L)	Molibdeno total (mg/L)	Níquel total (mg/L)	Plata total (mg/L)	Plomo total (mg/L)	Selenio total (mg/L)	Vanadio total (mg/L)	Zinc total (mg/L)
Lejía	LE-1	0,176	<0,0005	0,179	0,052	0,3	<0,008	<0,001	<0,1	0,345
Aguas Calientes	AC-1	2,728	<0,0005	0,016	0,033	0,06	0,010	<0,001	<0,1	0,307
Pujsa	PU-1	0,042	<0,0005	0,141	0,048	0,16	0,008	<0,001	<0,1	0,317

Folio007371

Tara	**TA-1**	0,157	<0,0005	0,058	0,035	0,39	<0,008	<0,001	<0,1	0,317
	AT-1	<0,004	S.I.	0,341	0,026	0,09	<0,008	<0,001	<0,1	0,384
Ascotán	**AS-1**	<0,004	<0,0005	0,704	0,004	0,2	0,013	<0,001	<0,1	0,317

S.I.: Sin información.

Tabla 2-193 Parámetros microbiológicos en la columna de agua de Salares y Lagunas Altoandinas. Septiembre 2014.

Subsistemas	Estaciones	Coliformes fecales (mg/L)	Coliformes totales (mg/L)
Lejía	**LE-1**	<1,8	<1,8
Aguas Calientes	**AC-1**	<1,8	<1,8
Pujsa	**PU-1**	<1,8	<1,8
Tara	**TA-1**	<1,8	<1,8
	AT-1	<1,8	<1,8
Ascotán	**AS-1**	<1,8	<1,8

Tabla 2-194. Parámetros fisicoquímicos en los sedimentos de los Salares y Lagunas Altoandinas. Septiembre 2014.

Subsistemas	Estaciones	Materia orgánica (mg/kg)	Carbono orgánico (mg/kg)
Lejía	**LE-1**	<0,1	<0,1
Aguas Calientes	**AC-1**	1,9	1,1
Pujsa	**PU-1**	1,4	0,8
Tara	**TA-1**	8,0	4,6
	AT-1	1,5	0,9
Ascotán	**AS-1**	1,3	0,7

Folio007372

Tabla 2-195. Metales en los sedimentos de los Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014.

Subsistemas	Estaciones	Aluminio (mg/kg)	Arsénico (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Cobalto (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Cromo (mg/kg)	Hierro (mg/kg)	Magnesio (mg/kg)	Manganeso (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)
Lejía	LE-1	886,5	11,2	<0,1	10,62	8,6	2,1	83,9	54	234,4	0,02
Aguas Calientes	AC-1	1307,5	46,0	2,90	18,39	19,5	8,4	103,5	340	432,5	0,03
Pujsa	PU-1	696,0	704,0	<0,1	<4,8	26,8	1,4	31,0	1865	71,2	0,02
Tara	TA-1	3816,0	210,0	<0,1	<4,8	26,1	2,6	108,6	1915	248,4	0,04
	AT-1	333,6	812,0	0,30	<4,8	60,4	3,6	30,3	2592	18,6	0,04
Ascotán	AS-1	174,4	2992,0	0,20	<4,8	18,8	1,9	18,2	1632	11,4	0,02

Tabla 4.37. (Continuación) Metales en los sedimentos de los Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014.

Subsistemas	Estaciones	Níquel (mg/kg)	Plata (mg/kg)	Plomo (mg/kg)	Potasio (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Vanadio (mg/kg)	Selenio (mg/kg)	Boro (mg/kg)	Litio (mg/kg)
Lejía	LE-1	5,51	0,400	<0,5	1092	40,6	62,6	<1,0	62,6	18,4
Aguas Calientes	AC-1	21,71	0,300	<0,5	695	183,6	88,5	<1,0	88,5	20,5
Pujsa	PU-1	<4,33	2,400	<0,5	7511	15,1	18,9	<1,0	18,9	184,8
Tara	TA-1	4,66	1,800	1,700	4161	33,2	31,9	<1,0	31,9	198,1
	AT-1	<4,33	4,000	1,000	1705	17,4	70,9	<1,0	70,9	75,1
Ascotán	AS-1	5,15	2,500	<0,5	4732	10,9	16,5	<1,0	16,5	227,3

Folio007373

Tabla 2-196. Granulometría en los sedimentos de los Salares y Lagunas Altoandinos. Septiembre 2014.

Parámetro	Subsistema	Laguna Lejía	Salar de Aguas Calientes	Salar de Pujsa	Salar de Tara		Salar de Ascotán
	Estación	LE-1	AC-1	PU-1	TA-1	AT-1	AS-1
Granulometría	Grava muy Fina	20,0	28,1	41,4	13,8	4,1	7,4
	Arena muy gruesa	12,7	11,5	18,5	14,2	4,0	5,4
	Arena gruesa	17,6	10,6	12,9	14,7	2,7	9,9
	Arena Mediana	21,5	19,3	9,1	13,6	2,6	25,2
	Arena fina	15,3	19,7	5,7	13,5	4,0	26,2
	Arena muy fina	3,1	4,5	7,5	11,5	15,2	10,7
	Limo	9,8	6,3	5,0	18,7	67,3	15,1

Folio007374

2.5.4.3 Biota Acuática

Durante la campaña llevada a cabo en septiembre de 2014 se levantó información limnológica en tres sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos, correspondientes al salar de Tara (estación TA-1), salar de Pujsa (estación PU-1), y salar de Aguas Calientes (estación AC-1), además del Salar de Ascotán (AS-1) y el salar de Lejía (LE-1).

Respecto del componente fitobentónico, la riqueza fue similar entre los salares, mientras que la abundancia fue mayor en el Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1) y el Salar de Lejía (LE-1). Este ensamble fue dominado por la especie *Staurosirella pinnata* en el Salar de Aguas Calientes, mientras que en el Salar de Lejía fue más representativa *Denticula kuetzingii*. En los demás sectores se observaron ensambles más uniformes sin taxa dominantes.

Con respecto al componente planctónico, se muestreó adicionalmente el punto AJ-1. En los salares se registró una riqueza con valores dispares, por un lado, el fitoplancton muestra altos valores del número de taxa y por otro, el zooplancton con valores bajos, y en cuanto a la abundancia, éste último, muestró valores muy bajos en los Salares de Ascotán (AT-1), de Tara (TA-1) y la Laguna de Lejía (LE-1). Para el fitoplancton, la mayor abundancia fue la ubicada en la estación LE-1 (Lejía) y para el zooplancton fue la estación AC-1 (Ascotán). Finalmente, el ensamble de los organismos para el componente plantónico no mostró un patrón aparente entre los Salares.

a. Fitobentos

En la campaña de septiembre 2014 se registraron 43 taxa de diatomeas bentónicas y un grupo de diatomeas no determinadas categorizadas como “Pennadas indet.” La riqueza de especies fue de tendencia similar en todos los salares y registró un promedio entre los puntos de muestreo de 10,0 ± 3,0 taxa. El mayor valor lo registró el punto ubicado en el Salar de Ascotán (AT-1) con 15 taxa, mientras que el mínimo se registró en la Laguna Lejía (LE-1) con 7 taxa (Tabla 2-197 ;Figura 2-185).

Respecto a la abundancia total de microalgas bentónicas los valores más altos se registraron en los Salares de Aguas Calientes (AC-1), de Tara (TA-1) y la Laguna Lejía (LE-1). El promedio de la abundancia de los salares fue de 75.681,0 ± 425.470,0 cél·mm^{-2}. El máximo valor de abundancia se registró en la Laguna Lejía (LE-1) con 1.193.727,8 cél·mm^{-2}, mientras que el mínimo se observó en el Salar Pujsa (PU-1) con un valor de 371.368,8 cél·mm^{-2} (Tabla 2-197; Figura 2-186).

En cuanto a la abundancia relativa, los resultados indicaron que en el Salar de Aguas Calientes (AC-1) destacó la especie *Staurosirella pinnata*, en cambio en la Laguna Lejía (LE-1) fue mayoría la *Denticula kuetzingii*. En el resto de las estaciones no hubo una dominancia marcada pues ninguna especie fue mayor a 20% (Tabla 2-197; Figura 2-187).

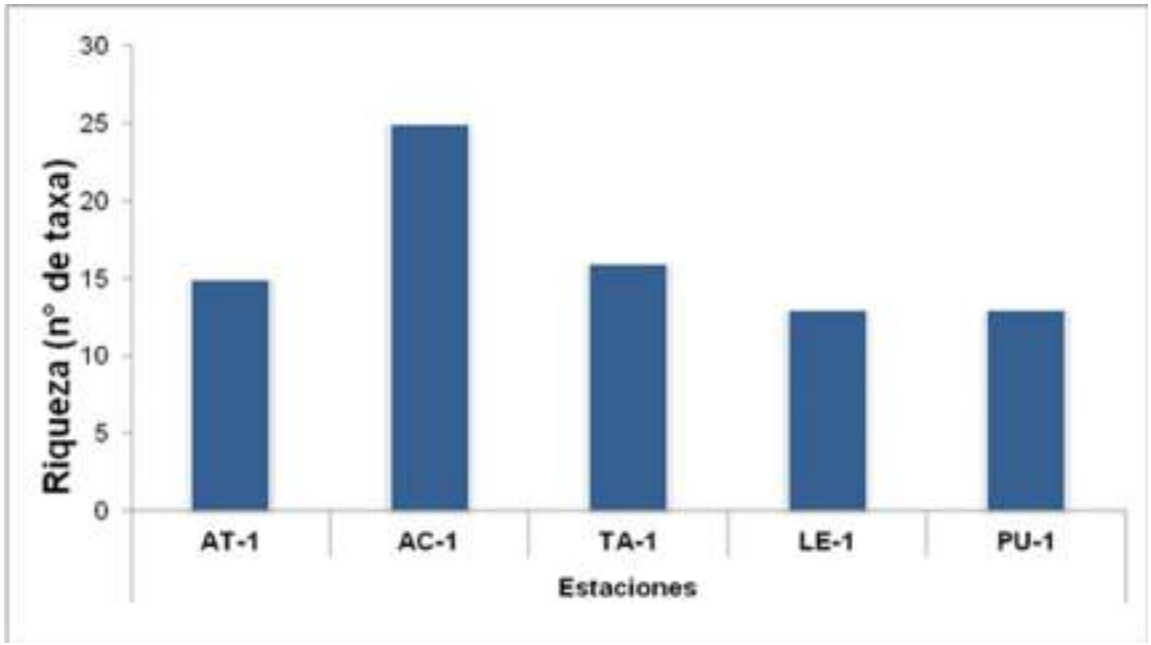


Figura 2-185. Riqueza fitobentónica registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1) y Salar de Pujsa (PU-1).

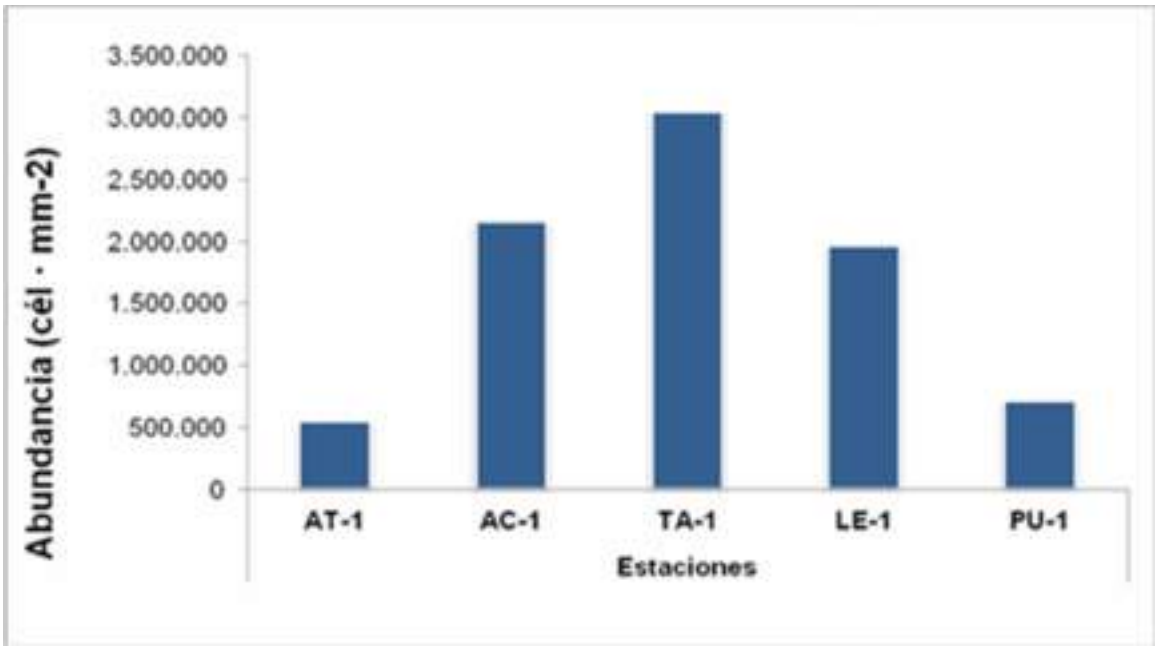


Figura 2-186. Abundancia fitobentónica registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1) y Salar de Pujsa (PU-1).

Folio007376

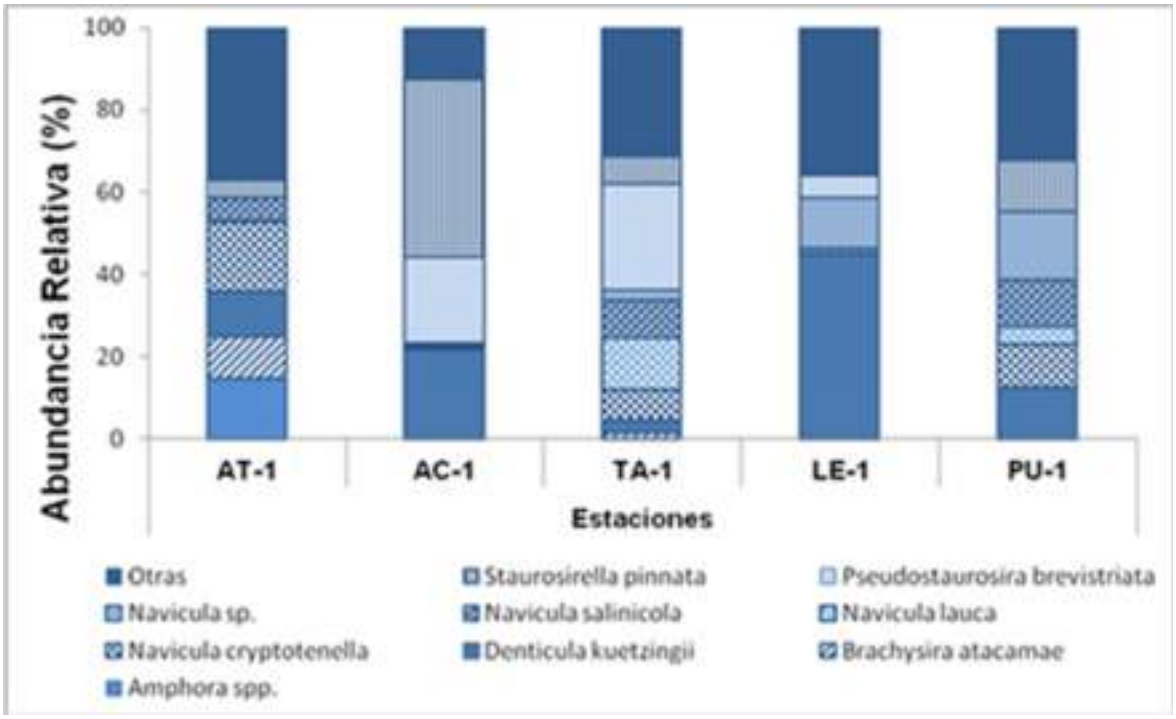


Figura 2-187. Abundancia relativa (%) de fitobentos registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1) y Salar de Pujsa (PU-1).

Tabla 2-197. Composición y abundancia total del componente fitobentónico (cél·mm⁻²). (A: Abundancia Absolutas; %: Abundancia relativas). Campaña Septiembre 2014.

Taxa/Estaciones	AT-1		AC-1		TA-1		LE-1		PU-1	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Achnanthes submarina	0,0	0,0	5.050,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Achnanthidium minutissimum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Amphora atacamana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Amphora carvajaliana	20.202,5	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Amphora sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	168.007,2	14,1	37.136,9	10,0
Amphora spp.	79.324,4	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brachysira aponina	0,0	0,0	5.050,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brachysira atacamae	54.962,6	13,2	5.050,6	0,9	37.434,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brachysira neoexilis	0,0	0,0	15.151,8	2,7	37.434,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Caloneis silicula	0,0	0,0	0,0	0,0	74.867,9	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis placentula v euglypta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26.738,6	2,2	0,0	0,0
Craticula sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cymbella pusilla	0,0	0,0	5.050,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	14.854,8	4,0
Cymbellonitzschia sp	34.760,1	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Denticula kuetzingii	59.419,0	14,2	464.656,6	83,6	93.584,9	7,6	882.372,2	73,9	89.128,5	24,0
Denticula subtilis	0,0	0,0	5.050,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Denticula thermalis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Denticula valida	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14.854,8	4,0
Fallacia pygmaea	0,0	0,0	5.050,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Haloroundia speciosa	0,0	0,0	20.202,5	3,6	0,0	0,0	53.477,1	4,5	0,0	0,0
Luticola muticopsis	0,0	0,0	0,0	0,0	37.434,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mastogloia atacamae	5.050,6	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula cryptotenella	91.653,8	22,0	10.101,2	1,8	224.603,8	18,2	0,0	0,0	74.273,8	20,0
Navicula lauca	2.525,3	0,6	5.050,6	0,9	393.056,7	31,8	15.151,8	1,3	29.709,5	8,0
Navicula luisii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30.303,7	2,5	0,0	0,0
Navicula parinacota	39.810,7	9,5	0,0	0,0	56.151,0	4,5	10.101,2	0,8	29.709,5	8,0

Folio007378

Taxa/Estaciones	AT-1		AC-1		TA-1		LE-1		PU-1	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Navicula salinicola	29.709,5	7,1	10.101,2	1,8	280.754,8	22,7	7.575,9	0,6	81.701,1	22,0
Navicula sp.	0,0	0,0	5.050,6	0,9	74.867,9	6,1	241.241,2	20,2	118.838,0	32,0
Nitzschia latens	0,0	0,0	5.050,6	0,9	0,0	0,0	101.457,9	8,5	0,0	0,0
Nitzschia liebetruthii	5.050,6	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia spp.	0,0	0,0	55.556,8	10,0	262.037,8	21,2	170.532,5	14,3	44.564,3	12,0
Nitzschia valdecostata	19.905,4	4,8	25.253,1	4,5	131.018,9	10,6	0,0	0,0	59.419,0	16,0
Planothidium chilense	32.234,8	7,7	5.050,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium delicatulum	0,0	0,0	10.101,2	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planothidium sp.	0,0	0,0	35.354,3	6,4	56.151,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Proschkinia bulnheimii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	110.519,3	9,3	0,0	0,0
Pseudostaurosira brevistriata[1]	0,0	0,0	454.555,4	81,8	786.113,4	63,6	106.954,2	9,0	0,0	0,0
Pseudostaurosira subsalina[2]	0,0	0,0	20.202,5	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rhopalodia wetzeli	0,0	0,0	5.050,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stauroneis atacamae	0,0	0,0	5.050,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	29.709,5	8,0
Staurosirella pinnata[3]	22.727,8	5,4	934.363,8	168,2	205.886,8	16,7	0,0	0,0	89.128,5	24,0
Surirella sella	44.564,3	10,7	5.050,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tryblionella hungarica	0,0	0,0	0,0	0,0	149.735,9	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Pennada Indet.	0,0	0,0	40.404,9	7,3	149.735,9	12,1	34.314,5	2,9	0,0	0,0
Riqueza Total	**15**		**11**		**9**		**7**		**8**	
Abundancia Total	**417.418,5**		**555.567,7**		**1.235.321,1**		**1.193.727,8**		**371.368,8**	
Riqueza promedio					**10,0 ± 3,0**					
Abundancia Promedio					**75.681,0 ± 425.470,0**					

[1]ex Fragilaria brevistriata [2]ex Fragilaria construens f subsalina [3]ex Fragilaria pinnata

Folio007379

b. Fitoplancton

En la campaña de septiembre 2014, se registraron 27 taxa de organismos fitoplanctónicos, de los cuales 3 correspondieron a la división Cyanophyceae y 24 taxa a Ochrophyta, además, de un grupo de organismos no determinados denominados Pennada. La riqueza de especies registró una tendencia homogénea entre las estaciones muestreadas, con un promedio de 10,3 ± 3,1 taxa. El mayor valor se registró en el Salar de Tara (TA-1) con 15 taxa, mientras que el mínimo se registró en la estación AS-1 con 6 taxa (Tabla 2-198; Figura 2-188).

La abundancia fitoplanctónica en esta campaña presentó una tendencia irregular entre las estaciones muestreadas, con un promedio de 5.173.733,7 ± 7.302.571,5 cél. L^{-1}. El máximo valor se registró en la Laguna Lejía (LE-1) con 16.401.157,5 cél. L^{-1}, mientras que el mínimo se registró en la estación AS-1 con 64.988,3 cél. L^{-1} (Tabla 2-198; Figura 2-189).

En cuanto a la abundancia relativa, los resultados indicaron que hubo una dominancia en el Salar de Aguas Calientes (AC-1) por la especie *Staurosirella pinnata* (78%). En el Salar Ascotán (AT-1), el Salar de Tara (TA-1) y la Laguna Lejía (LE-1) fue dominante el género *Navicula*, sumando sus tres especies presentes en ellas. En cambio, en el Salar de Pujsa (PU-1) dominó el género *Pseudostaurosira* con sus dos especies en conjunto. Por último, el ensamble fue repartido para la estación AS-1 en 30% respectivamente por el género *Navicula* y las especies *Pseudostaurosira brevistriata* y *Staurosirella pinnata* (Tabla 2-198; Figura 2-190).

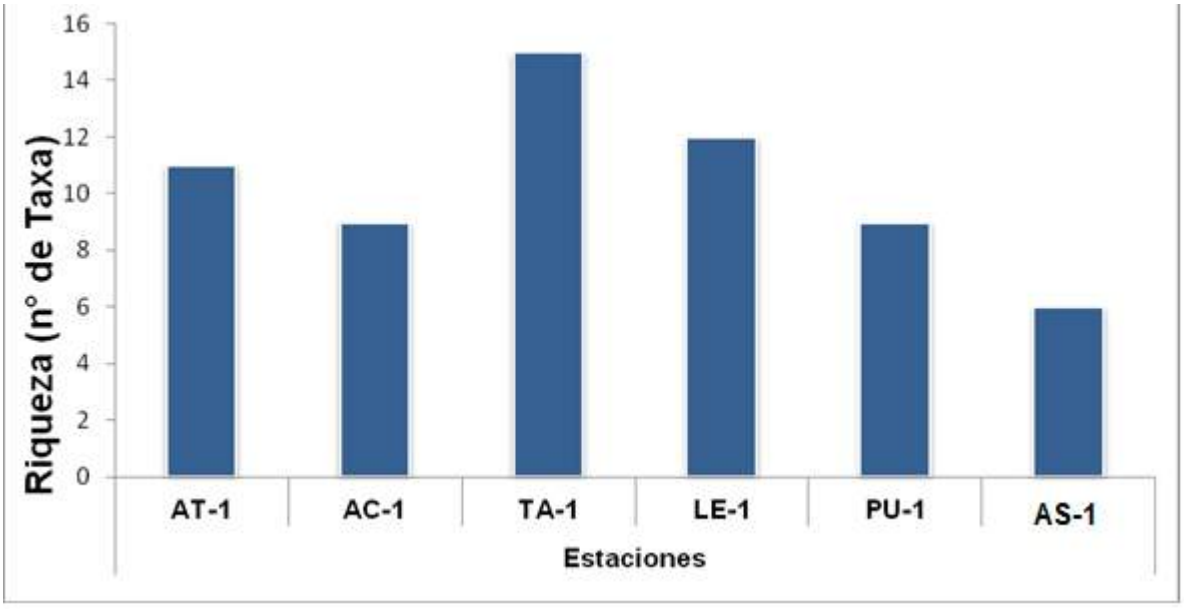


Figura 2-188. Riqueza fitoplanctónica registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1), Salar de Pujsa (PU-1) y la estación AS-1.

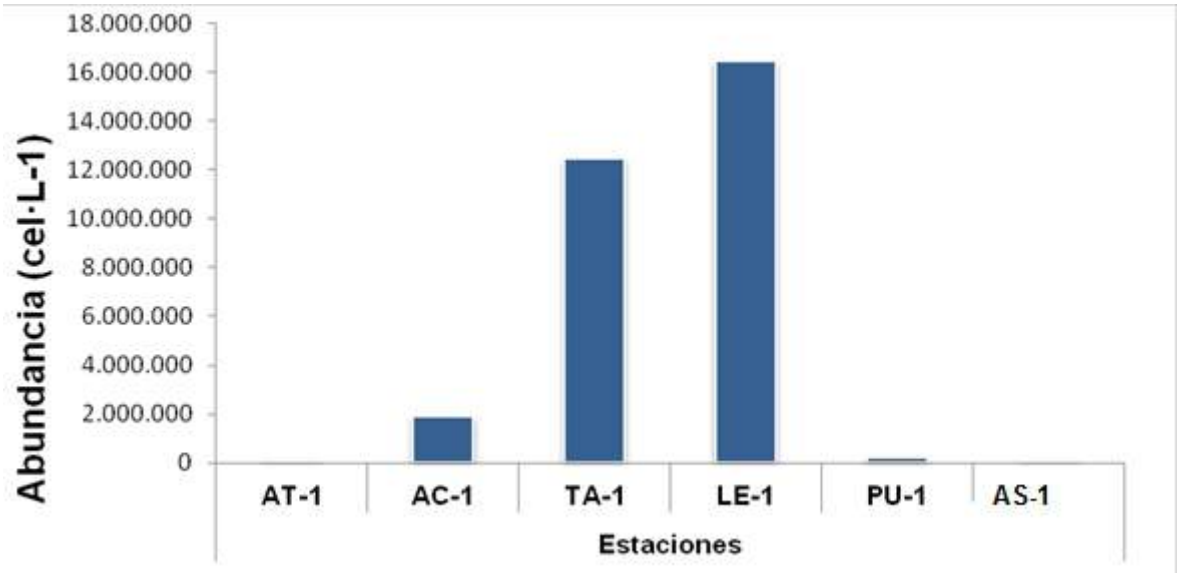


Figura 2-189. Abundancia fitoplanctónica registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1), Salar de Pujsa (PU-1) y la estación AS-1.

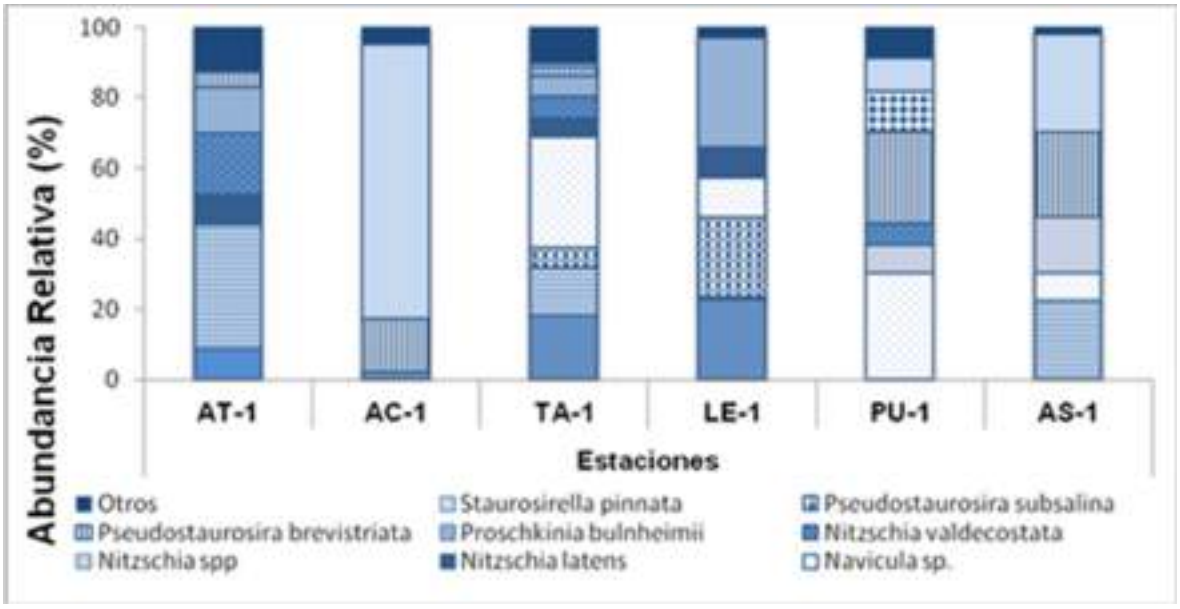


Figura 2-190. Abundancia relativa (%) de fitoplancton registrada en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1), Salar de Pujsa (PU-1) y la estación AS-1.

Folio007381

Tabla 2-198. Composición y abundancia total del componente fitoplanctónico (cél·L^{-1}). (A: Abundancia Absoluta; %: Abundancia relativa). Campaña Septiembre 2014.

Taxa/Estaciones	AT-1		AC-1		TA-1		LE-1		PU-1		AS-1	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Cyanophyceae												
Oscillatoria sp.	24,633	0,036	8,000	0,000	66,400	0,001	185,033	0,001	24,267	0,011	6,200	0,010
Anabaena sp.	0,000	0,000	24,667	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Nodularia spumigena	0,000	0,000	6,067	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ochrophyta												
Amphora acutiuscula	0,000	0,000	22.303,922	1,202	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Amphora sp.	0,000	0,000	39.828,431	2,146	2.294.583,539	18,446	3.684.297,248	22,463	0,000	0,000	0,000	0,000
Brachysira atacamae	5.648,810	8,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Halamphora veneta	2.824,405	4,137	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Hippodonta sp	0,000	0,000	0,000	0,000	74.558,824	0,599	69.642,857	0,425	0,000	0,000	0,000	0,000
Luticola muticopsis	0,000	0,000	0,000	0,000	99.411,765	0,799	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mastogloia atacamae	2.824,405	4,137	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcostatus andinus	0,000	0,000	0,000	0,000	353.435,492	2,841	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Navicula cryptotenella	23.062,558	33,778	0,000	0,000	1.634.671,280	13,141	162.500,000	0,991	0,000	0,000	14.392,857	22,145
Navicula lauca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	139.285,714	0,849	9.053,571	4,265	0,000	0,000
Navicula luisii	0,000	0,000	0,000	0,000	706.870,984	5,682	3.684.297,248	22,463	0,000	0,000	0,000	0,000
Navicula salinicola	2.824,405	4,137	38.235,294	2,060	596.470,588	4,795	278.571,429	1,698	10.059,524	4,739	0,000	0,000
Navicula sp.	0,000	0,000	0,000	0,000	3.887.790,410	31,254	1.842.148,624	11,232	63.877,976	30,091	5.184,524	7,977
Navicula veneta	0,000	0,000	0,000	0,000	74.558,824	0,599	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Naviculadicta chilensis	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	46.428,571	0,283	0,000	0,000	0,000	0,000
Nitzschia bacillum	0,000	0,000	12.745,098	0,687	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Nitzschia latens	5.648,810	8,273	0,000	0,000	706.870,984	5,682	1.381.611,468	8,424	0,000	0,000	0,000	0,000
Nitzschia spp	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	17.101,190	8,056	10.369,048	15,954
Nitzschia valdecostata	11.297,619	16,547	0,000	0,000	756.576,866	6,082	46.428,571	0,283	12.574,405	5,923	0,000	0,000
Proschkinia bulnheimii	8.473,214	12,410	0,000	0,000	706.870,984	5,682	5.065.908,716	30,887	0,000	0,000	0,000	0,000
Pseudostaurosira brevistriata	2.824,405	4,137	277.205,882	14,935	298.235,294	2,397	0,000	0,000	55.327,381	26,063	15.553,571	23,931
Pseudostaurosira subsalina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	24.142,857	11,373	0,000	0,000
Staurosirella pinnata	0,000	0,000	1.443.382,353	77,767	149.117,647	1,199	0,000	0,000	20.119,048	9,478	18.145,833	27,920
Surirella sella	2.824,405	4,137	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pennada	0,000	0,000	22.303,922	1,202	99.411,765	0,799	0,000	0,000	0,000	0,000	1.341,270	2,064
Riqueza Total	**11**		**9**		**15**		**12**		**9**		**6**	

Folio007382

Taxa/Estaciones	AT-1		AC-1		TA-1		LE-1		PU-1		AS-1	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Abundancia Total	68.277,668		1.856.043,635		12.439.501,645		16.401.305,482		212.280,219		64.993,303	
Riqueza Promedio	10,333 ± 3,077											
Abundancia Promedio	5.173.733,659 ± 7.302.571,461											

[1]ex Fragilaria brevistriata [2]ex Fragilaria construens f subsalina [3]ex Fragilaria pinnata

Folio007383

c. Zooplancton

Durante la campaña de septiembre 2014, se registraron 9 taxa de organismos zooplanctónicos, de los cuales sólo 6 correspondieron a individuos de la clase Arthropoda. La riqueza de especies no registró una tendencia marcada en el sistema, con un promedio de 2,8 ± 2,0 taxa. El mayor valor se registró en el Salar de Aguas Calientes (AC-1) con 6 taxa, mientras que el mínimo se registró en la estación AS-1 con 0 taxa (Tabla 2-199; Figura 2-191).

La abundancia zooplanctónica en la campaña, presentó valores muy bajos en algunos salares, con un promedio de 62,3 ± 134,0 ind. L^{-1}. El máximo valor se registró en el Salar de Aguas Calientes (AC-1) con 334,7 ind. L^{-1}, mientras que el mínimo se registró en la estación AS-1 con 0,000 ind. L^{-1} (Tabla 2-199; Figura 2-192).

En cuanto a la abundancia relativa, los resultados indicaron que en el Salar de Ascotán (AT-1) y Salar de Pujsa (PU-1) fue dominante la taxa Nematoda, en cambio, en el Salar de Aguas Calientes (AC-1) y la Laguna Lejía (LE-1) hubo un dominancia por parte de *Canthocamptidae*, estando representada en ésta última estación como su único representante, además, es necesario mencionar que la abundancia de Nauplius fue alta en el Salar de Aguas Calientes (AC-1). Finalmente, los rotíferos fueron dominantes en el Salar de Tara (TA-1) y la estación AS-1 no presentó organismos (Tabla 2-199; Figura 2-193).

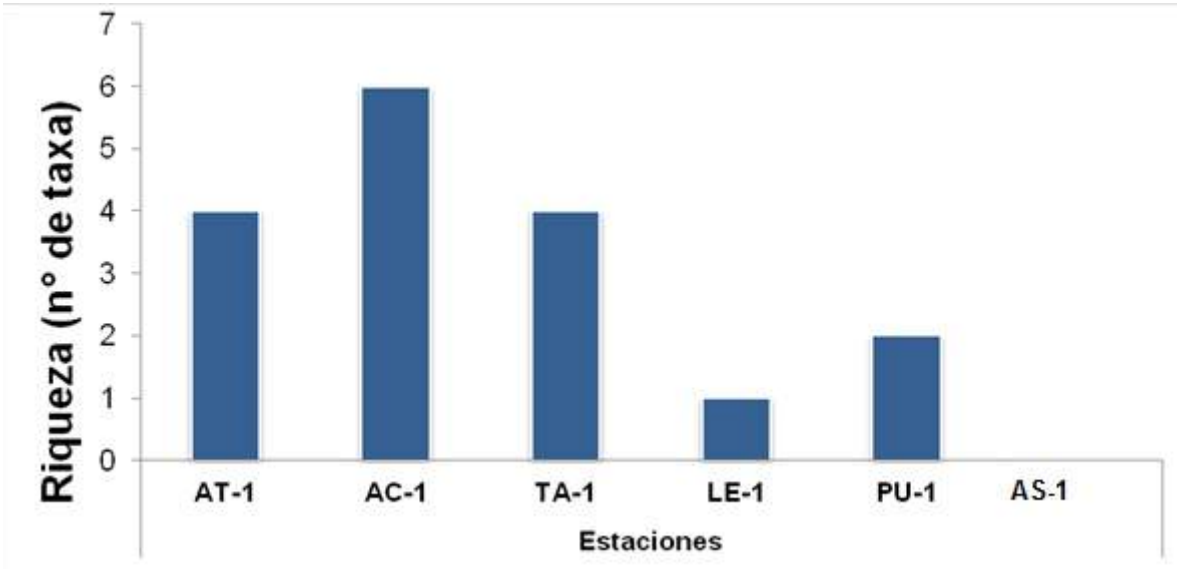


Figura 2-191. Riqueza zooplanctónica registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1), Salar de Pujsa (PU-1) y la estación AS-1.

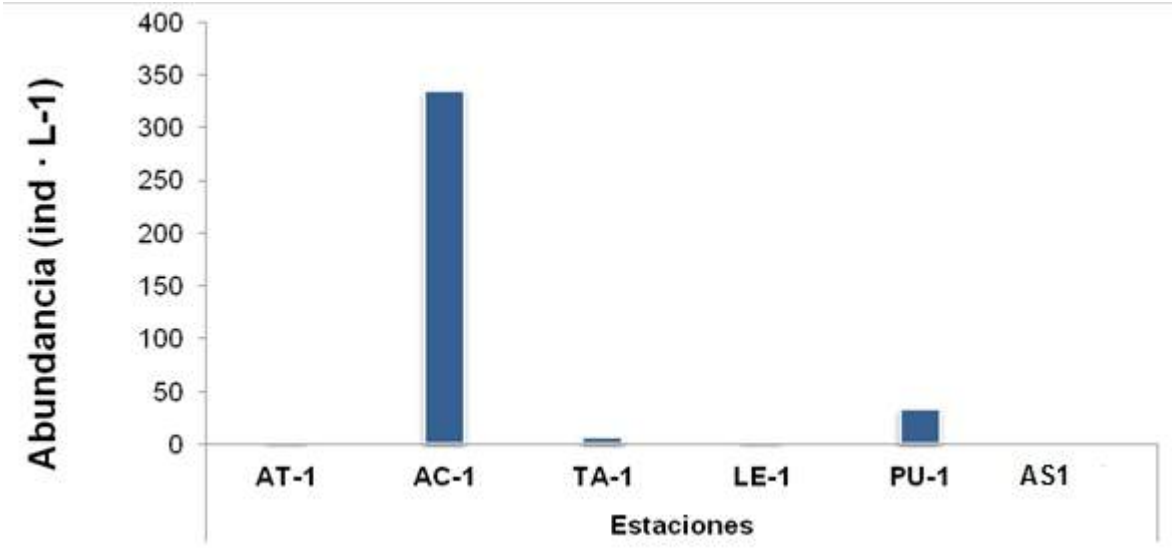


Figura 2-192. Abundancia zooplanctónica registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1), Salar de Pujsa (PU-1) y la estación AS-1.

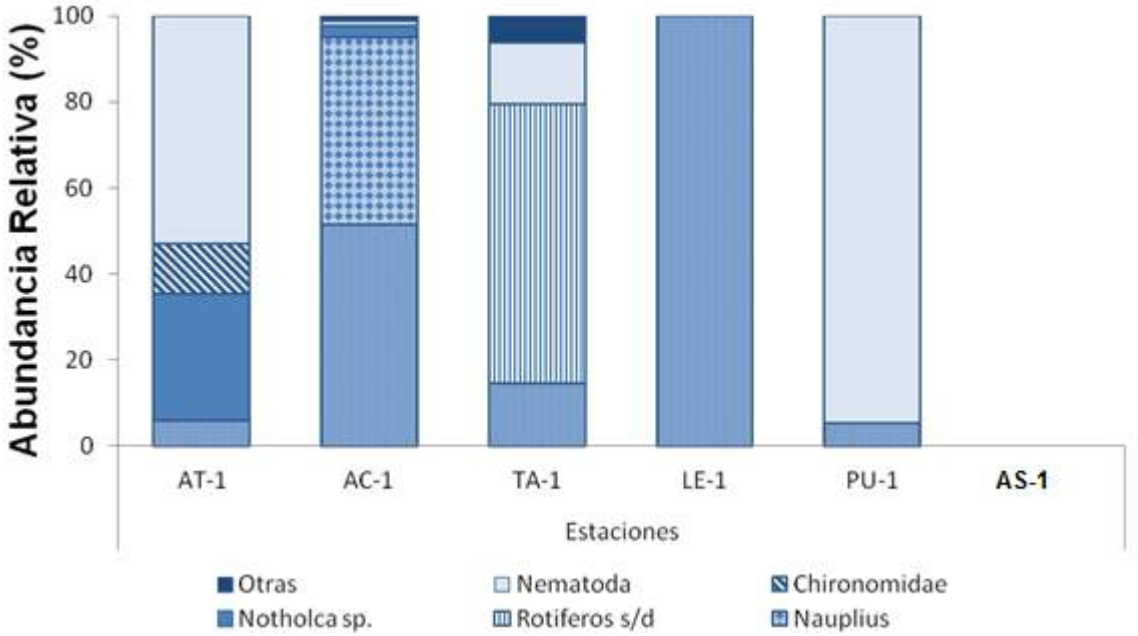


Figura 2-193. Abundancia relativa (%) de zooplancton registrada en la campaña Septiembre 2014 en la zona del Salar de Ascotán (AT-1), Salar de Aguas Calientes (AC-1), Salar de Tara (TA-1), Laguna Lejía (LE-1), Salar de Pujsa (PU-1) y la estación AS-1.

Tabla 2-199. Composición y abundancia total del componente zooplanctónico (ind·L-1). (A: Abundancia Absoluta; %: Abundancia relativa). Campaña Septiembre 2014.

Taxa/Estaciones	AT-1		AC-1		TA-1		LE-1		PU-1		AS-1	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Maxillopoda												
Canthocamptidae	0,033	5,882	171,680	51,288	0,880	14,286	0,025	100,000	1,660	5,092	0,000	0,000
Cyclopoideos s/d	0,000	0,000	0,000	0,000	0,390	6,331	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rotifera												
Rotíferos s/d	0,000	0,000	0,000	0,000	4,010	65,097	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Notholca sp.	0,167	29,412	8,320	2,486	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Otros												
Nauplius	0,000	0,000	146,380	43,729	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pupa ceratopogonidae	0,000	0,000	2,100	0,627	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Insecta												
Chironomidae	0,067	11,765	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Nematoda												
Nematoda	0,300	52,941	4,180	1,249	0,880	14,286	0,000	0,000	30,940	94,908	0,000	0,000
Ostracoda												
Eucypris	0,000	0,000	2,080	0,621	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Riqueza Total	**4**		**6**		**4**		**1**		**2**		**0**	
Abundancia Total	**0,567**		**334,740**		**6,160**		**0,025**		**32,600**		**0,000**	
Riqueza promedio	**2,8 ± 2,0**											
Abundancia Promedio	**62,3 ± 134,0**											

Folio007386

2.5.4.4 Identificación Tapetes Microbianos

Lagunas de Altura de Atacama: una fuente diversa de microorganismos poli-extremófilos.

Los ambientes extremos son definidos como hábitats que experimentan una exposición estable o fluctuante a uno o más factores del entorno tales como, salinidad, osmolaridad, desecación, radiación UV, presión barométrica, pH, temperatura. Los microorganismos que colonizan los ambientes extremos son llamados extremófilos, y este grupo incluye representantes de los tres dominios (Bacteria, Archaea, y Eukarya); éstos son categorizados dentro de subgrupos de acuerdo a características específicas de sus ambientes, esto es, psicrofílicos, termófilicos, halofílos, alcalófilos, acidóficos (Seufferheld y col., 2008).

Ejemplos típicos de ambientes extremos son las Lagunas de Altura de la Puna Andina (entre los 3,000 y 6,000 msnm) al noroeste de la Argentina que también abarca el Norte de Chile y parte de Bolivia y Perú (Figura 2-194). La mayoría de estos humedales están completamente aislados, experimentan amplios rangos de temperatura a diario (25 ºC), son de leve a hipersalinos, y están sujetos a baja disponibilidad de fosfato y a una alta intensidad de radiación solar UV-B, metales (As, Cu, etc), alcalinidad y baja presión de O2. Todas estas condiciones extremas recrean, en la Puna, lo que fue la tierra primitiva o las condiciones que se dieron en marte hace millones años.

Figura 2-194. Lagunas Altoandinas A.Ojo Rojo en Salar de Antofalla Catamarca (3900 m.s.n.m). B. Tebenquiche Salar de Atacama (2000 m.s.n.m). C.Ojos de Mar de Tolar Grande (3600 m.s.n.m). D. Laguna Diamante en el cráter del Volcán Galán Catamarca (4650 m.s.n.m). E. Laguna Negra en el Salar de la Laguna Verde Catamarca (4500 m.s.n.m). F. Laguna La Brava Salar de Atacama (2000 m.s.n.m). G. Laguna Socompa Saltar (3600 m.s.n.m).

Ecosistemas microbianos extremos en los Andes

Los Ecosistemas Microbianos Extremos Asociados a Minerales (EMEAM) son asociaciones de bacterias, Cianobacterias y Haloarqueas que se asocian, influyen o inducen la precipitación de minerales en lagunas, fuentes hidrotermales, fumarolas de volcanes y salares de la Puna. Incluyen tapetes microbianos, microbialitos (estromatolitos, oncolitos y leiolitos), biopelículas y endoevaporitas (**Figura 2-195**).

Los EMAM pueden presentarse de diferentes formas: Los biofilms están formados por una película de microorganismos adheridos a una superficie que produce productos orgánicos incluyendo el exopolisacarido, puede precipitar sales y acumular por adhesión, sustratos inorgánicos como arena y polvo (**Figura 2-195.A**).

Los Tapetes microbianos son una estructura más compleja en la que divide las actividades metabólicas en forma estratificada en función de la disponibilidad de luz y O2. Los tapetes son comunidades microbianas multilaminadas, multidimensionalmente reticulados que incorporan detritus, minerales y materiales geoquímicos asociados incluyendo cristales. Cuando los tapetes microbianos empiezan a precipitar minerales como consecuencia de la actividad orgánica tenemos un microbialito. Los microbialitos son depósitos que se forman como resultado de comunidades bentónicas que atrapan sedimentos detríticos y/o forman núcleos de precipitación mineral. La formación de microbialitos resulta de interacciones geoquímicas combinadas con litificación mediada por exopolímeros dominantes del tapete microbiano (Dupraz y col. 2009) (**Figura 2-195C**). De acuerdo con la forma en que precipitan los minerales, los microbialitos pueden formar leiolitos, trombolitos o estromatolitos. A su vez los estromatolitos pueden formar Oncolitos que poseen una forma redondeada (como pelotas) producto del constante movimiento, por ejemplo en la una orilla (**Figura 2-195. E**).

Los estromatolitos son estructuras laminadas sedimentarias de origen biológico que se forman por la unión, atrapado y cementación de partículas sedimentarias y son producidas por lo general por organismos fotótrofos productores de tapetes microbianos (Dupraz y Visscher 2005). Los estromatolitos primitivos representan el mayor componente del registro fósil durante miles de millones de años, apareciendo por primera vez hace 3.500 millones de años. En la era del Precámbrico, los ambientes primitivos de la Tierra eran muy hostiles para albergar vida como la que conocemos hoy en día y los estromatolitos pudieron dominar la superficie de la tierra sin competencia. Fueron los grandes generadores de O_2 a lo largo de millones de años transformando el planeta en una ambiente con O_2 (planeta azul) y creando la capa de ozono. Su abundancia disminuyó drásticamente en el Fanerozoico (542 millones de años atrás) como consecuencia de la aparición de los eucariotas (Bertrand y col. 1994) (**Figura 2-195.F**) .

Hoy en día, todavía existen estromatolitos vivos en la tierra, pero se encuentran casi extintos, pudiendo ser encontrados en algunas pocas localidades que suelen ser menos propicias para otras formas de vida, como ambientes hipersalinos, alcalinos generalmente asociados a mar y a ambientes cálidos. Por lo general existe una correlación entre su presencia y los ambientes donde no existen predadores de

Folio007388

Cianobacterias como caracoles u otro tipo de animales. Algunas de las localidades en donde pudieron ser encontrados estromatolitos vivos actuales son Shark Bay (Australia) y a lo largo del oeste de Australia, en las Bahamas (por ejemplo, Exuma Cays), en el océano índico, en varios sitios en Estados Unidos (como es el caso del Parque Nacional Yellowstone), en Laguna Salgada (Brasil), en el desierto de México, en el Parque Nacional Glacier (Montana y Canadá), y en el Solar Lake en Sinaí (Foster y col. 2009 Souza y col. 2012).

Recientemente, en la región desértica del Noroeste de la Argentina y Chile, se han reportado ecosistemas característicos tipo estromatolitos (y microbialitos) en lagunas hipersalinas localizadas por encima de los 3600 msnm en, Socompa. Laguna Diamante, La Brava (Farias y col. 2013, 2014 a,b). La importancia de este hallazgo se basa en que son los microbialitos reportados a mayor altura desarrollándose en el ambiente más parecido a la tierra primitiva que hay en el planeta: la Puna.

Las evaporitas son rocas sedimentarias que se forman por cristalización de sales disueltas en lagos y mares costeros donde un proceso de evaporación y precipitación rápida produce la precipitación de yeso como cristales de selenita (Babel y col. 2004). Asociados a estos minerales de yeso y halita habitan comunidades de microorganismos que se protegen de las condiciones adversas de los salares. La capacidad higroscópica que tiene el yeso y la capacidad de filtrar la radiación UV, crea un microambiente protegido del estrés osmótico variaciones de temperatura, altos niveles de radiación UV; lo que lleva a los microorganismos a aprovechar este refugio a pocos milímetros debajo de la superficie de las rocas. La distribución de estas comunidades se da de la misma forma que en los tapetes y microbialitos: en forma estratificada de función del acceso a la luz y al O_2 Tal estilo de vida ofrece suficiente cantidad de nutrientes, humedad y protección para la supervivencia y (Stivalleta y col. 2011) a estas comunidades se las llama endoevaporitas, que se pueden nombrar vulgarmente como ¨bioevaporitas¨ (**Figura 2-195.D**). En este informe se presentan los resultados del relevamiento realizado en Septiembre 2014 en la II región de Chile en busca de estos ecosistemas en lagunas de altura.

Figura 2-195. Tipos de EMEAM encontrados en los Andes: A. Biofilms en fuente hidrotermal (80°C) Volcán Galán (4900 m.s.n.m), B. Tapete microbiano de yeso carbonato y halita "inflados" por metabolismo de organismos aeróbicos (2000 m.s.n.m), C. Microbialitos de carbonatos en La Brava, Atacama (2000 m.s.n.m), D.Evaporitas de yeso en Llamara, Atacama (850 m.s.n.m), E.Oncolitos de carbonato en Laguna Negra (4560 m.s.n.m), F. Estromatolitos en Laguna Socompa (3600 m.s.n.m).

Folio007390

Condiciones Generales de los ambientes estudiados

Los ambientes estudiados fueron lagunas y salares de la II región, todos por encima de los 2000 msnm, presentaron condiciones con distintos grados de salinidad, el pH fue de neutro a levemente alcalino. Y la temperatura varió entre 7 y 14 ºC. Se exploraron los márgenes de las lagunas y salares en busca de indicios de matas o tapetes microbianos (**Tabla 2-200**).

Cabe destacar que hasta ahora el único ambiente de altura donde se habían encontrado tapetes microbianos fue en Laguna Vilama (Jujuy en Argentina, 4600 msnm) En este relevamiento se encontraron tapetes en Laguna Tara y Punta Negra y la zona mas salina de Ascotan. El tipo de mata microbiana fue diferente en todos los ambientes, sin embargo existe una característica común en todos los tapetes y sedimentos encontrados en este relevamiento, se trata de una precipitación color amarillo que se puede extender entre 3 a 10 cm en la capa inferior a la superficial, a masividad de esta precipitación hace pensar que se podría tratar de un fenómeno que tiene gran masividad en el ambiente. La características químicas de mismos están determinándose en el laboratorio pero podría tratarse de compuestos de Azufre, incluso podría ser sulfuro de Arsénico.

Tabla 2-200 Condiciones físico químicas in situ de los ambientes seleccionados.

Parámetro	Unidad	Salar de Punta Negra	Salar de Aguas Calientes I	Salar de Tara	Salar de Lejia	Salar de Pujsa	Salar de Ascotán	
		PN-1	AC-1	TA-1	LE-1	PU-1	AS-1	AS-2
Muestreo	Fecha	08-09-14	09-09-14	10-09-14	09-09-14	10-09-14	11-09-14	11-09-14
	Hora	14:41	13:16	12:42	14:31	15:45	13:10	14:18
Temperatura	ºC	23,0	9,0	10,2	7,0	7,7	14,4	13,2
pH	-	8,2	7,27	8,01	8,43	9,02	8,23	8,31
Oxígeno disuelto	mg/L	10,08	9,93	4,16	7,46	10,2	5,41	4,25
Saturación de oxígeno	%	159,0	144,1	62,1	94,9	145,0	87,7	67,8
Conductividad	mS/cm	62,4	22,4	122,1	84	45	57	29,8
Salinidad	g/L	42,1	13,2	OFL	57,4	27,9	37,5	18,1

OFL: valor sobrel el límite máximo de detección.

Folio007391

Resultados Levantamiento

a. Salar de Punta Negra

Punta Negra presentó la fisonomía típica de un salar (Figura 2-196.A), que es atravesado por un aporte de agua artificial de menor salinidad (Figura 2-196. B-C), a los márgenes de este río se encuentraron charcos coloreados que presentaron mayor conductividad (Figura 2-196.D) donde se pudieron detectar tapetes microbianos (Figura 2-196.E)

Figura 2-196 Vista general en Punta Negra (A-C), en los márgenes del afluente de agua (B) se observan charcos con intensa actividad microbiana (D), donde se observan tapetes microbianos (E).

Los tapetes microbianos encontrados en el salar de Punta Negra presentaron la típica distribución de los estratos coloreados de los tapetes microbianos: una capa superior pigmentada con protectores solares (pigmentos de origen microbianos que filtran la radiación UV), un estrato inferior verde correspondiente a la porción fotosintética dependiente de O_2 y una capa inferior purpura formada por bacterias purpuras del azufre que realizan fotosíntesis sin O_2 (**Figura 2-197**). Esta estratificación se continúa en las capas inferiores. Los tapetes de punta negra precipitan minerales incorporándolos a su estructura por lo tanto son litificantes. Presentaron diferentes grados de desecación, en los márgenes mas alejados del río los tapetes estuvieron mas secos con menos presencia de exopolisacaridos (EPS) (gelatina aglutinante y brillante que afecta la litificación) (**Figura 2-197.A**), los tapetes mas cercanos a las márgenes del río estuvieron mas

Folio007392

hidratados y presentan mayor presencia de EPS (**Figura 2-197.B**). El sistema se presentó ideal para estudios de resiliencia.

Los tapetes microbianos encontrados en punta Negra mostraron una alta composición de materia orgánica con crecimiento rápido y fuertes variaciones estacionales, con marcados períodos de desecación-evaporación. En la **Figura 2-197.B** Existe una evidente actividad de unión, atrapado y/o precipitación de materiales. Se observaron comunidades bacterianas de bacterias purpuras del y no del azufre en la superficie. El color anaranjado que se observó podría ser minerales conteniendo sulfuro de Arsénico (As_2S_3).

En la **Figura 2-197** se pudo ver un tapete altamente evaporítico donde la laminación no fue muy marcada, se observó liberación de sulfuro de hidrógeno u otro donador de electrones bajo ciertas condiciones (esto se infiere en el hecho de que las bacterias púrpuras del azufre se encuentran encima de las cianobacterias u otras bacterias verdes anoxigénicas, dado que a esa profundidad el O_2 no llega a penetrar.

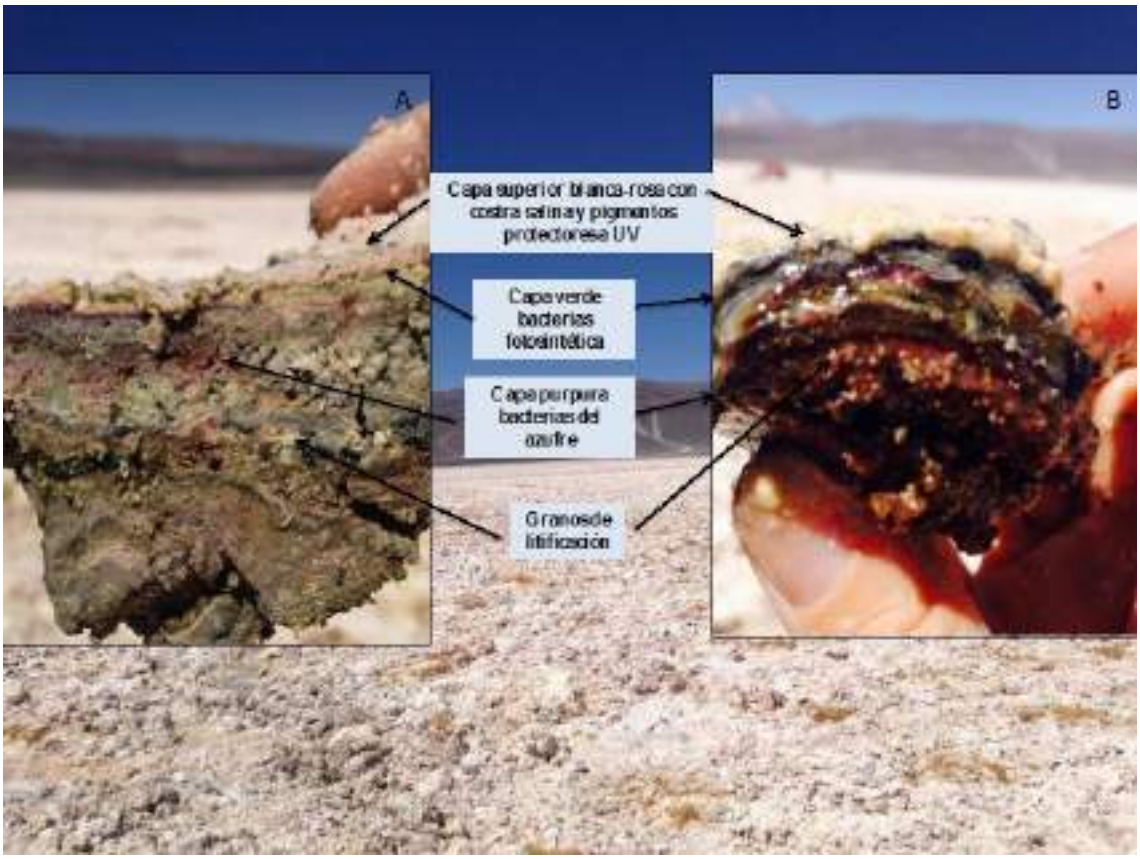


Figura 2-197 Corte transversal de tapetes microbianos de Salar de Punta Negra donde se pueden observar las capas características de los tapetes junto con precipitación de minerales.

b. Laguna Aguas Calientes

Aguas Calientes es una Laguna Altoandina ubicada a 4000 m snm, el agua presentó una temperatura de 9°C, con pH neutro una elevada concentración de O2 disuelto y baja conductividad (**Tabla 2-200**). Este salar presentó una vegetación abundante a los

Folio007393

márgenes de la Laguna. La prospección realizada no cubrió el 100% de la Laguna (**Figura 2-198.A**).

En los márgenes de las lagunas se observaron crestas orientadas probablemente por la dirección del viento (lo más probable) (**Figura 2-198B**). Difícil saber si de origen evaporíticos o son precipitados microbianos, o una combinación de ambos. Se observó una precipitación de mineral blanco con precipitaciones negras en los pináculos, lo que posiblemente sería indicativo de acumulaciones de exopolisacridos (EPS) secos, por lo que la precipitación debe ser microbiana.

Figura 2-198 Vista General de Salar de Aguas Calientes, donde se observan Vegas, asociadas al ingreso de agua afluentes de aguas subterráneas (A), en la zona mas salinas se observan precipitaciones minerales influenciadas por la dirección de viento (B-C). Sedimentos con precipitaciones minerales diferenciadas (D) se observan en los márgenes de la laguna (E-F).

Se observaron sedimentos estratificados en las zonas someras de la laguna, si bien esta sedimentación presentó una estructura compacta con una banda gruesa en color anaranjado-marrón estratificada (Figura 2-199) no se pudo afirmar que se traten de tapetes microbianos, excepto por una fina capa de características evaporítica que se observó en la Figura 2-199C. En general que la estratificación aparentó ser una precipitación mineral con precipitados posiblemente de hierro y pirita (Figura 2-199C) se observó precipitación blanca que pueden ser carbonatos o yeso junto con, se observaron bandas verdes posiblemente correspondientes a Cianobacterias, se observó gran influencia de eucariotas (raíces, plantas etc.) (Figura 2-199a). La génesis química o biológica no pudo ser determinada en este nivel de estudio.

Folio007394

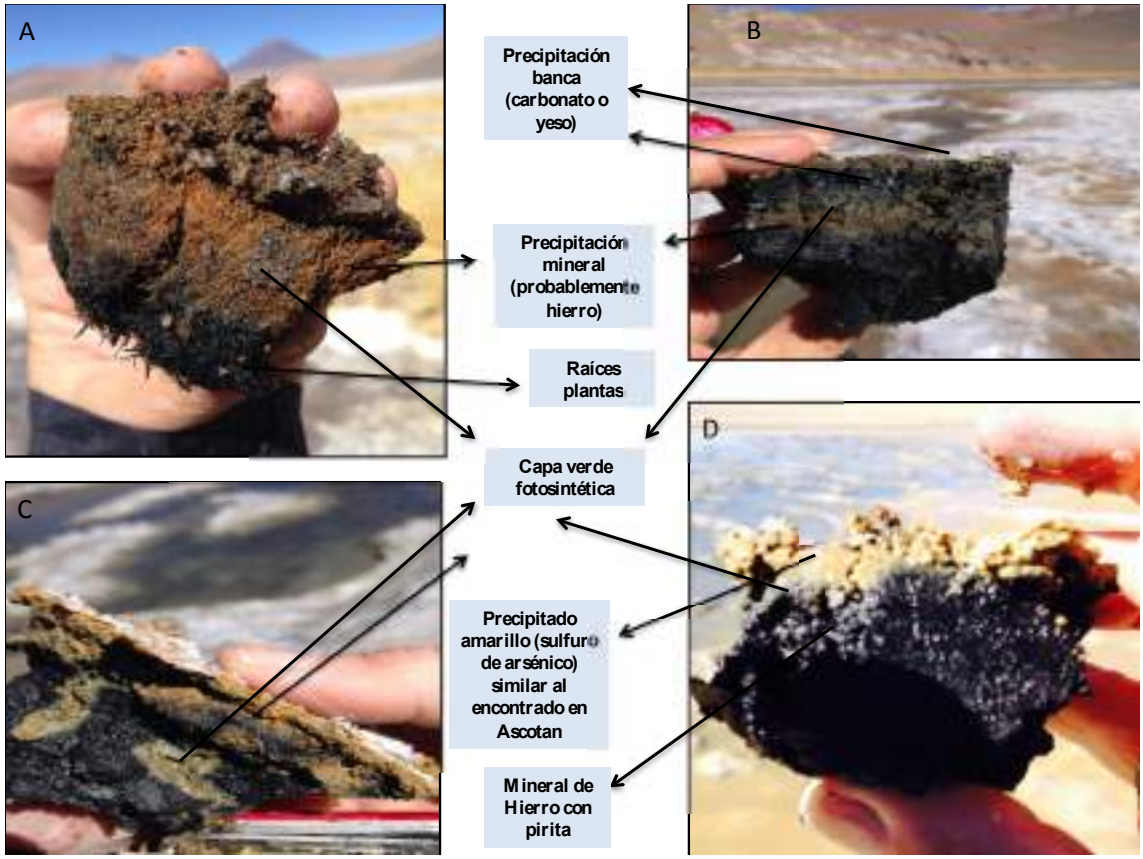


Figura 2-199 Corte transversal de sedimentos de Aguas Calientes donde se puede observar la precipitación mineral marrón intermedia con influencia de raíces (A), la presencia de banda fotosintética sobre precipitación mineral marrón (B), la precipitación dispersa color marrón (C) y amarilla superior (D).

Folio007395

c. Salar de Lejía

La sedimentación fue principalmente de origen volcánico (Figura 2-200ª) con piedra suelta, cubierta por una precipitación no disuelta típica de estos ambientes (Figura 2-200.B). El agua presentó una temperatura de 7°C salinidad de 57,4 g/L pH levemente alcalino y O2 disuelto por 7,46 mg/L (Tabla 2-200).

No se observaron la formación de tapetes en las zonas de la laguna exploradas. Sin embargo, si se pudieron observar la formación de tapetes microbianos fosilizados en las paleocostas de la laguna (Figura 2-200 C-D).

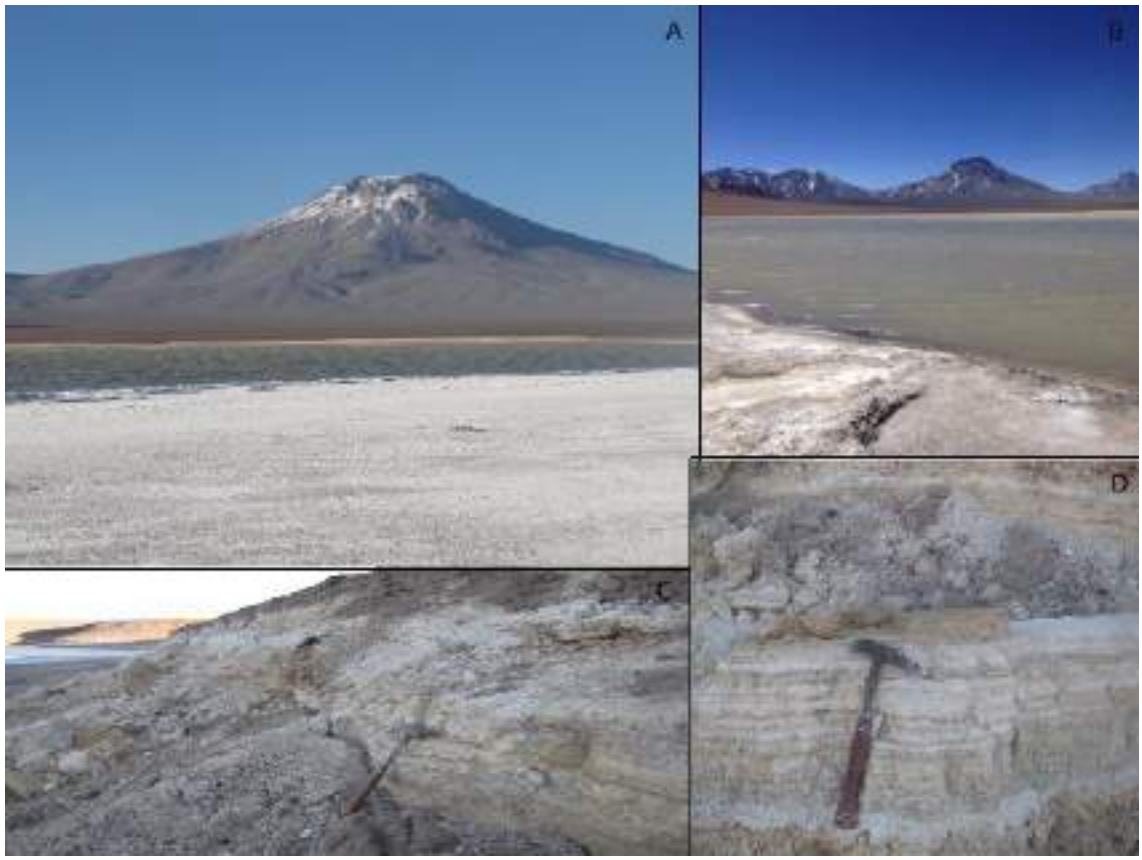


Figura 2-200 Vista General de Lejía, si bien no se han detectado tapetes microbianos en los márgenes de la laguna se observan fosiles en las paleocostas de la misma posiblemente desarrollados en épocas en las que la laguna llegaba a esos márgenes.

Folio007396

d. Salar de Tara

El salar de Tara presentó una extensa superficie, por razones logísticas no pudo ser prospectado en su totalidad. En el Salar de Tara (altitud 4337m snm) la temperatura fue de 10,2°C, el pH levemente alcalino, un bajo nivel de O2 disuelto y una alta conductividad que no permitió medir la salinidad. (Tabla 2-200) La columna de agua muestró EPS como se muestra también por la espuma cerca de la orilla del agua Las áreas oscuras posiblemente son Cianobacterias. La superficie de los márgenes de la laguna presentaron una coloración rosácea típica de estos ambientes (Figura 2-201ª-C). Según estudios preliminares la coloración rosácea de los márgenes se debería a haloarqueas (Bacterioruberina) y Deinococcus (Deinoxantina). Se observaron también sedimentos evaporíticos con zonas más oscuras que indicarían presencia de Cianobacterias / EPS con retención de agua. En estos márgenes se observó la formación de tapetes atípicos (Figura 2-201D).

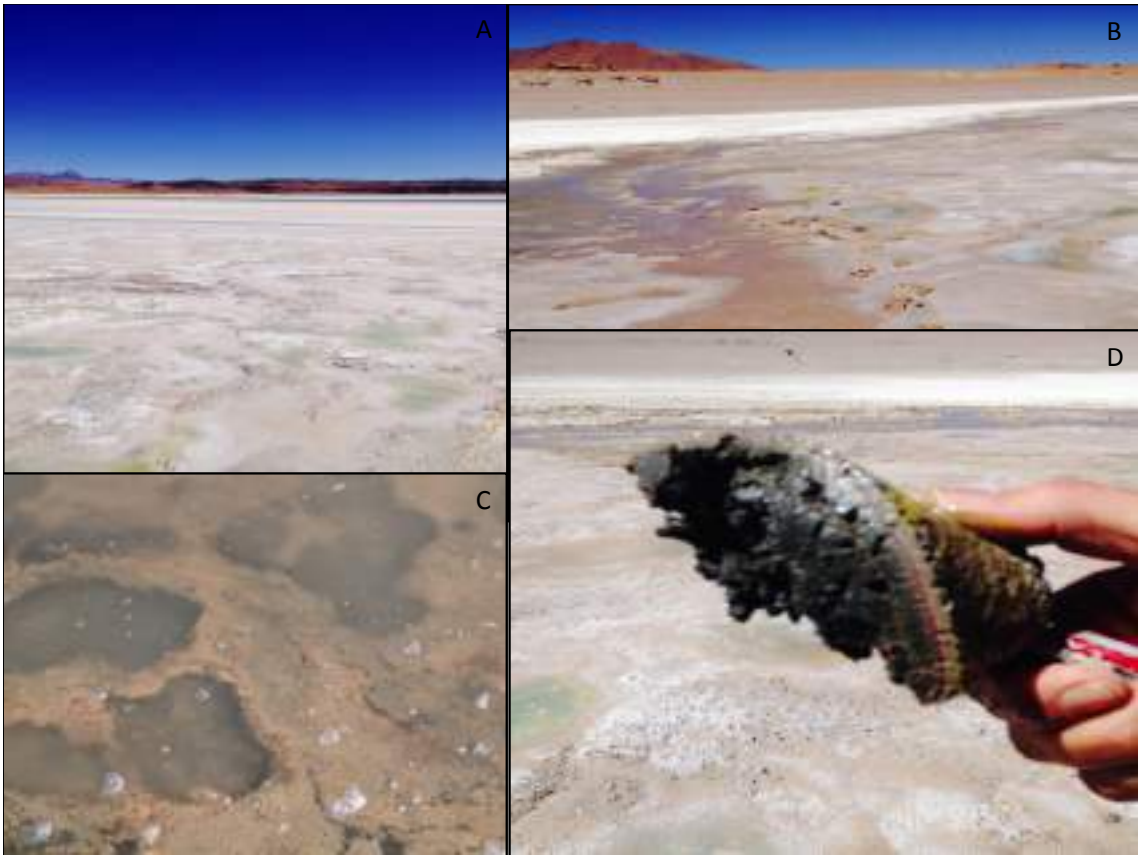


Figura 2-201. Vista general del Salar de tara donde se observa una predominancia de sistemas evaporíticos (A) bajo los cuales se desarrolla, en algunos márgenes (B), tapetes microbianos no litificantes (D).

Estos tapetes no presentaron precipitación de minerales visibles como los de punta negra por lo tanto no son litificantes (Figura 2-202). Están cubiertos por una capa amarillenta pigmentada probablemente un depósito sulfúrico color amarillo en la superficie; seguida del estrato púrpura, formado probablemente bien bacterias púrpuras de azufre (66% de posibilidades), o no del azufre púrpura (33%). La región inferior (5-7cm) a este estrato presentó pigmentación verdosa de tipo fotosintética asociada con algunos minerales

Folio007397

amarillos - posiblemente tipo *Microcoleus* que podría utilizar estos minerales como donadores de electrones. La distribución atípica de estos estratos junto con la consistencia ¨blanda¨ de los mismos hacen que estos tapetes sean atípicos, necesitándose estudios más profundos para poder comprender su estructura.

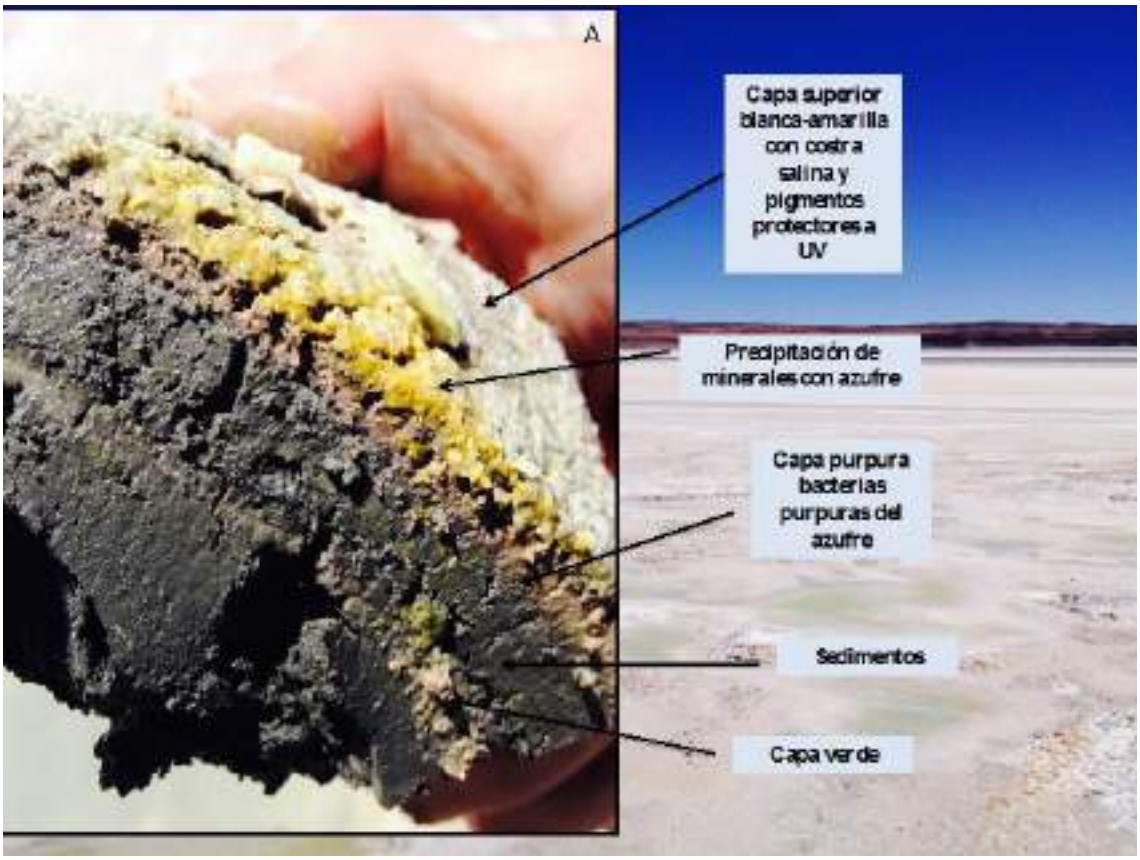


Figura 2-202. Detalle de corte transversal de tapete microbiano del salar de Tara con estratos de comunidades microbianas claramente identificables.

e. Salar de Pujsa

Pujsa presentó una temperatura de 7,7, un pH alcalino de 9,02 una elevada saturación de O2 y una conductividad de 45 mS/cm (Tabla 2-200).

Presentó una columna de agua opaca probablemente por material eólico en suspensión. Los márgenes están cubiertos por una superficie blanca mineral tipo evaporítica, debajo de la misma se observa un precipitado continuo de color amarillo –verdoso probablemente la oxidación de un mineral que podría tener Azufre y Arsénico, este es un fenómeno ampliamente distribuido en estos ambientes, por lo que su podría tener un papel importante en la ecología de los mismos, hasta ahora se desconoce su naturaleza. Se observaron también Algunas manchas verdes podrían tratarse de Diatomeas y o Cianobacterias debajo (Figura 2-203).

Figura 2-203. Vista general de Salar de Pujsa, con sedimentos que presentan precipitación amarilla, se desconoce la génesis del mismo.

Folio007399

f. Ascotán

En Ascotán se realizaron dos puntos de muestreo (AS-1 y AS-2), en (AS-1), que presentó el doble de salinidad, (37,5 contra 18,1) se encontraron tapetes microbianos, el PH fue levemente alcalino en ambos puntos de muestreo y la saturación de O2 mayor en AS-1. AS-1 presentó un fenómeno muy distribuido que no se ha reportado hasta ahora en otros humedales andinos, se trata de una marcada precipitación amarilla de unos 10 cm de espesor, ubicadas bajo las capas superiores (blanca y verde) **(Figura 2-204. C-E**). Este precipitado se extiende de manera clara por toda la superficie de esta zona de la laguna.

Figura 2-204. Vista General del Salar de Ascotan (AS-1) (A-B), donde se observó la distribución de un marcado precipitado amarillo de gran extresion (C.D) en algunas zonas este precipitado forma un tapete microbiano atípico (E).

En la Figura 2-205 se observaron que estos *tapetes* pueden presentarse de dos maneras, con un precipitado amarillo de unos 5 cm continuo ubicado de una débil línea verde probablemente Cianobacterias o bacterias verdes del o no del Azufre (Figura 2-205- A) o en la tipica estructura de tapete microbiano con la líneas púrpura correspondiente a las bacterias púrpuras del Azufre (probablemente Ectothiorhodospira) (Figura 2-205- B). La precipitación amarilla presentó distintas intensidades en distintas zonas del salar, su naturaleza podría ser Sulfuro de Arsénico, lo que sería de sumo interés para determinar que microorgansmos estarían implicados en estos ciclos geoquímicos.

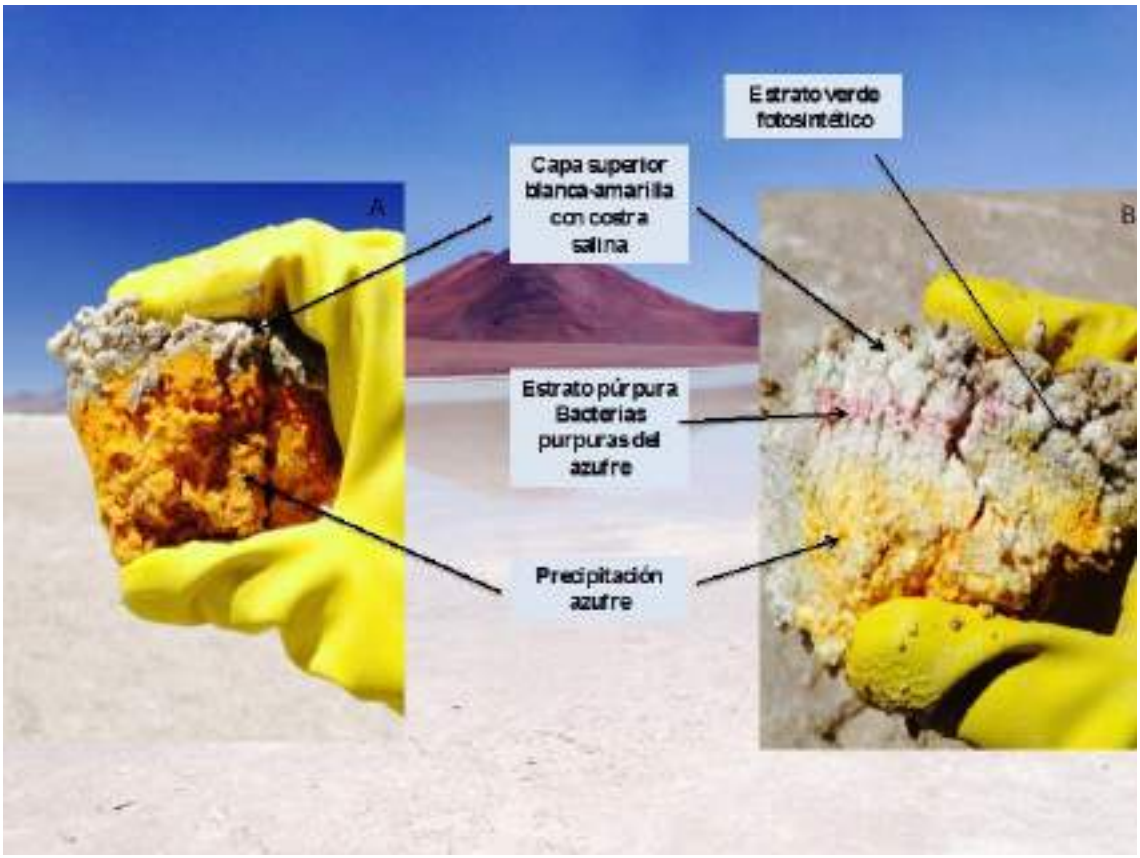


Figura 2-205. Corte transversal de tapetes de salar de Ascotán, con una predominancia de precipitado amarillo de 10 cm en algunas zonas y estratificación de tapetes microbianos en otras (B).

Conclusiones y recomendaciones

- Se encontraron tapetes microbianos en los salares de altura de la II region, principalmente en Punta Negra, Tara y Ascotán.
- Se detectó un fenómeno masivo de precipitacion mineral que podria estar mediada por microorganismos, el mismo tendría gran relevancia en los ciclos geoquímicos de la zona.
- En base a las observaciones preliminares de este informe se puede afirmar que los microorganismos cumplen un rol importante en los ciclos geoquímicos de los Salares de altura.
- El estudio más profundo se realizará en los sistemas de Tara, Ascotán y Punta Negra.
- Se recomienda la implementación de medidas de protección que incluyan estos sistemas en las líneas de base en cualquier estudio de impacto ambiental que se realice en la zona.

2.6 ANEXO II. Metodologías de muestreo

2.6.1 Teledetección

Se realizaron vuelos mediante una plataforma aérea bimotor, equipado con una cámara hiperespectral, de forma tal de analizar la superficie del espejo de agua y la cobertura vegetacional de los sistemas seleccionados.

A continuación se detallan los objetivos de esta actividad, como así también una breve revisión de antecedentes y las metodologías de esta técnica de teledetección.

a) Objetivos específicos

- Estimar la superficie del espejo de agua en los sectores de Vega Tocorpuri, Salar de Carcote y Salar de Aguas Calientes I, mediante el análisis de una imagen hiperespectral de alta resolución tomada en la temporada de primavera del año 2015.
- Estimar la cobertura vegetacional en los sectores de Vega Tocorpuri, Salar de Carcote y Salar de Aguas Calientes 1, a partir del análisis de una imagen hiperespectral de alta resolución tomada en la temporada de primavera del año 2015.

b) Levantamiento con técnicas de Teledetección con Imágenes Hiperespectrales

La teledetección es la técnica que mediante la adquisición de imágenes a distancia permite obtener información de la superficie de la tierra sin contacto con ella. Utiliza las propiedades físicas de los objetos observados, en particular sus propiedades ópticas (Casadesus y col. 2004). La teledetección engloba todo el proceso que consiste en captar y registrar la energía del espectro electromagnético emitida o reflejada por los objetos y el tratamiento y análisis de la información. Además, brinda la posibilidad de ir más allá de lo estructural y describir aspectos funcionales de los sistemas ecológicos, particularmente a nivel de ecosistemas (Cabello, 2008). Para que esta observación remota sea posible, es preciso que entre los objetos y el sensor exista algún tipo de interacción (Chuvieco, 2002).
El uso de imágenes teledetectadas puede servir como apoyo para la gestión y planificación de esquemas de manejo cuando se combina con otro tipo de información. Además, su utilización puede ser una alternativa viable y rápida de acceder a información espacial extensa de lugares inaccesibles, haciendo de la percepción remota una herramienta invaluable para la identificación de diferentes elementos de la superficie terrestre. Si además de esta ventaja se agrega información extraída de las características físicas que los componen mediante la utilización de sensores hiperespectrales de alta resolución espacial y espectral, por ello se puede determinar estados de salud de la vegetación y características esenciales de los recursos hídricos.
Este tipo de sensores captan información de las características de la superficie terrestre simultáneamente en cientos de bandas espectrales adyacentes, lo que permite obtener información espectral continua del objeto teledetectado (**Figura 2-206**). Lo anterior logra ampliar el rango de información para la interpretación de algún tipo de cobertura en particular, ya sea analizando cada banda de manera individual o generando índices en

Folio007402

INFORME CON LA PROPUESTA DE MEDIDAS PILOTO DE RESTAURACION Y CONSERVACION DE HUMEDALES ALTO ANDINOS

Folio007403

3 PROPUESTA DE MEDIDAS PILOTO DE RESTAURACION Y CONSERVACIÓN

3.1 Resumen ejecutivo de medidas piloto de adaptación al cambio climático

Se propusieron cinco medidas piloto de adaptación al cambio climático con las comunidades locales.

La primera medida propuesta corresponde a implementar un sistema de monitoreo extensivo de los humedales altoandinos con las comunidades locales para establecer una base de información confiable y empoderar a las comunidades locales con el estado de los recursos naturales de su propio territorio, generando capacidades a nivel local para observar, medir y registrar información de carácter local que dé cuenta de las variaciones observables del recurso agua, la vegetación, y la fauna locales, como también de preservar el conocimiento ancestral de los usos de la flora local y la historia del territorio.

Una segunda medida de adaptación propuesta fue la implementación, en forma piloto, de una red de monitoreo en cuencas endorreicas, que son especialmente sensibles a las presiones generadas por la acción antrópica y al cambio climático. Fundamentalmente estos sistemas están estrechamente ligados a la existencia de los recursos hídricos en calidad y cantidad y, por lo tanto, en la medida que el agua es más escasa o cambia sus características, la integridad ecológica de los humedales se ve amenazada y con ello, la subsistencia de las comunidades que viven en el territorio. Dado lo anterior, se consideró que es de particular importancia contar con algún sistema que permitiera conocer el estado actual de dichos humedales, mediante información de tipo continúa, que entregue la posibilidad de realizar modificaciones al manejo de los recursos, ante signos iniciales de deterioro.

La tercera medida propuesta consistió en apoyar a comunidades en sitios de interés turístico u otros servicios ecosistémicos. Se consideró que dentro de las medidas de adaptación al cambio climático, las más importantes son aquellas asociadas a la mantención y/o desarrollo de los servicios ecosistémicos que el territorio, y en forma especial los humedales del mismo, le ofrecen a las comunidades locales. Se entiende que en la medida que las presiones aumentan o el cambio climático genera cambios en las condiciones del lugar, ciertos servicios ecosistémicos se ven afectados, por lo tanto una forma de adaptación a estos cambios es definir nuevos bienes y servicios ecosistémicos con la comunidad, que les permita adaptarse a un ambiente en continuo cambio.

En cuarto lugar, el diagnóstico realizado permitió establecer que además de la reducción en el volumen y caudal de agua a los humedales, se constató una disminución de la calidad del agua, debido a fenómenos de salinización y contaminación inorgánica e orgánica. Dado esto, se consideró necesario desarrollar capacidades diferenciadas en monitoreo de los componentes ambientales asociados al territorio donde están insertos, de forma tal que se empoderen en su cuidado, conservación y mejoramiento, además de estar disponibles como capital humano capacitado para desempeñarse en la principal industria local. Para esto, se propuso un programa de capacitación a nivel de las escuelas del ADI Alto El Loa, para formar “monitores de calidad de agua” consistente en un curso teórico y práctico de evaluación de la calidad química del agua, generando capacidades permanentes de análisis.

Finalmente, se consideró de gran importancia la nivelación de conocimientos en la comunidad, dada la necesidad de mantención y/o desarrollo de los servicios ecosistémicos que el territorio, y en forma especial los humedales del mismo, le pueden

Folio007404

ofrecen a las comunidades locales. Se entiende que en la medida que las presiones aumentan o, el cambio climático genera cambios en las condiciones del lugar, ciertos servicios ecosistémicos se verán afectados, por lo tanto una forma de adaptación a estos cambios es encontrar o definir nuevos bienes y servicios ecosistémicos con la comunidad, que les permita adaptarse a un ambiente en continuo cambio. La base de esto es que el conocimiento existente sobre el territorio esté disponible y sea conocida por la comunidad, de forma tal de que exista un adecuado equilibrio cuando se discutan temas asociados al territorio. Se propuso generar documentación técnica y de difusión que les permita a las personas conocer su propio territorio y obtener beneficios a partir de este.

3.2 Descripción de las medidas propuestas

3.2.1 Medida 1: Monitoreo extensivo de los humedales altoandinos con las comunidades locales.

La medida propuesta buscó establecer una base de información confiable y empoderar a las comunidades locales con el estado de los recursos naturales de su propio territorio, generando capacidades a nivel local para observar, medir y registrar información de carácter local que dé cuenta de las variaciones observables del recurso agua, la vegetación, y la fauna locales, como también de preservar el conocimiento ancestral de los usos de la flora local y la historia del territorio.

Objetivo de la medida

Establecer una línea base confiable de información local de la condición ecológica de los recursos agua, flora y fauna, mediante la transferencia de capacidades técnicas e información a las comunidades locales.

Alcance de la medida

La medida tiene como alcance global las comunidades de las ADI Alto El Loa y Atacama La Grande de forma que tengan antecedentes propios del estado de sus recursos naturales y cuenten con las capacidades locales para realizar el monitoreo de los mismos, el mantenimiento de la información y la comprensión de su significado. En forma piloto se propuso implementarla en algunas de las comunidades, de ambos ADI.

Periodo de implementación de la medida

Se propuso a partir de 2016.

Actores involucrados

Se propuso involucrar a la directiva de cada comunidad y a las personas que ellos decidieran.

Metodología y resultados

Se propuso generar un informe de monitoreo comunitario por humedal/comunidad, que de cuenta del estado ecológico del mismo.

Folio007405

3.2.2 Medida 2: Implementación de una red de monitoreo en cuencas endorreicas

El territorio asociado a los humedales altoandinos que se ubican en cuencas endorreicas de la región de Antofagasta es especialmente sensible a las presiones generadas por la acción antrópica y al cambio climático. Fundamentalmente estos sistemas están estrechamente ligados a la existencia de los recursos hídricos en calidad y cantidad y, por lo tanto, en la medida que el agua es más escasa o cambia sus características, la integridad ecológica de los humedales se ve amenazada y con ello, la subsistencia de las comunidades que viven en el territorio. Dado lo anterior, es de particular importancia contar con algún sistema que permita conocer el estado actual de dichos humedales, mediante información de tipo continúa, que entregue la posibilidad de realizar modificaciones al manejo de los recursos, ante signos iniciales de deterioro. Dado esto, se propuso la implementación de una red de monitoreo de parámetros ambientales en cuencas endorreicas, cuya información esté disponible para los actores locales y la autoridad, para que en conjunto establezcan el mejor manejo del territorio que signifique la conservación de los recursos naturales allí presentes.

Objetivo de la medida:

Disponer de información continua y de calidad, del estado de ciertas variables ambientales, que permita tomar decisiones oportunas en el manejo de la cuenca, para evitar deterioro de los recursos naturales del territorio.

Alcance de la medida

Esta medida, debería ser implementada en todas las cuencas endorreicas de la región de Antofagasta, aunque en forma piloto, se propuso implementarla en solo algunas en esta etapa.

Periodo de implementación de la medida

La medida, a nivel piloto, se propuso implementarla a partir de septiembre de 2017.

Actores involucrados

Para la implementación de la medida en forma piloto se propuso involucrar a la comunidad local y las autoridades regionales y locales, de forma tal de que se interioricen respecto a la implementación de la misma.

Metodología y resultados

Se propuso implementar, al menos 3 estaciones meteorológicas, con sensores de radiación solar, precipitación, temperatura y humedad relativa, e intensidad y dirección del viento. Conjuntamente instalar un sensor de profundidad de nivel de agua, de forma tal de monitorear un cuerpo de agua en forma continua.

Folio007406

3.2.3 Medida 3: Apoyo a iniciativas de comunidades indígenas en sitios de interés turístico u otros servicios ecosistémicos

Dentro de las medidas de adaptación al cambio climático, las más importantes son aquellas asociadas a la mantención y/o desarrollo de los servicios ecosistémicos que el territorio, y en forma especial los humedales del mismo, le ofrecen a las comunidades locales. Se entiende que en la medida que las presiones aumentan o el cambio climático genera cambios en las condiciones del lugar, ciertos servicios ecosistémicos se ven afectados, por lo tanto una forma de adaptación a estos cambios es definir nuevos bienes y servicios ecosistémicos con la comunidad, que les permita adaptarse a un ambiente en continuo cambio. Esta medida requiere establecer vínculos de confianza con las comunidades y generar un acompañamiento para que se den las condiciones de que la propia comunidad desarrolle nuevos servicios, o modifique los existentes.

Objetivo de la medida:

Desarrollar capacidades en las comunidades locales para que generen nuevos servicios ecosistémicos o mejoren y modifiquen los actuales que les presta el territorio donde están insertos.

Alcance de la medida

Esta medida debería ser implementada en todas aquellas comunidades de área de influencia del estudio, asociada a la actividad turística (de recreación, salud y científica o de investigación) u otras que les permita un mejor desarrollo. Se propuso implementarla en forma piloto en aquella comunidad que demostrara más interés y se decidió hacerlo en Coyo, aprovechando las posibilidades que entregaba la laguna Tebenquiche.

Periodo de implementación de la medida

La medida se propone implementarla desde el inicio del proyecto, en forma continua, con alguna comunidad que manifieste interés y capacidad de gestión del territorio. La medida en sí debe ser continua, y focalizada en los objetivos de la comunidad sobre el territorio.

Actores involucrados

Los actores involucrados en la medida piloto son los habitantes de la comunidad (es).

Metodología y resultados

Se propuso que la metodología de implementación de la medida debería focalizarse en establecer, en primer lugar, lazos de confianza con la comunidad, de forma tal de que el acompañamiento se facilite. En segundo lugar, y en conjunto con la misma comunidad, se debían levantar temas de capacitación en las áreas a potenciar.

3.2.4 Medida 4: Implementación de capacidades analíticas de calidad agua en escuelas y liceos de ADI Alto El Loa, destinadas a mantener un monitoreo permanente de los humedales

El diagnóstico realizado durante la ejecución del proyecto, permitió establecer que además de la reducción en el volumen y caudal de agua a los humedales, se pudo

Folio007407

constatar una disminución de la calidad del agua, debido a fenómenos de salinización y contaminación inorgánica e orgánica.

Objetivo de la medida:

Se propuso desarrollar capacidades diferenciadas en monitoreo de los componentes ambientales asociados al territorio donde están insertos, de forma tal que se empoderen en su cuidado, conservación y mejoramiento, además de estar disponibles como capital humano capacitado para desempeñarse en la principal industria local.

Alcance de la medida

Se propuso focalizar esta medida en establecimientos educacionales del ADI de Alto El Loa, en niveles básicos.

Actores involucrados

La medida está dirigida a escuelas certificadas ambientalmente (MMA): Colegio Río Loa, de Calama, Escuela G-52 San Francisco de Chiu-Chiu y Escuela San Antonio de Padua, de Ollague.

Metodología y resultados:

Se propuso entrenar a alumnos de las diferentes escuelas seleccionadas, a través de clases teóricas y prácticas en el uso de equipos portátiles de medición de calidad de agua. Se propuso que las capacitaciones deben ser de alrededor de medio día de duración y los programas del curso como sigue (propuesta):

a) Parte teórica de calidad de agua

9:00 – 9:30 Introducción
9:30 – 10:30 Conceptos de Calidad de Agua (Módulo I)
Concepto de pH y su dinámica en cuerpos de agua
El oxígeno en el agua
Temperatura y Salinidad del agua

10:30 – 11:00 *Break*

11:00 – 12:00 Conceptos de Calidad de Agua (Módulo II)
Instrumentos para medición de parámetros de calidad. Bases de la medición.
Frecuencia y estacionalidad de la medición
Registros. Como llenarlos y su interpretación
Mediciones de agua de diferente calidad con sonda (agua de la llave, bebida, agua de la casa de los niños, agua mineral)

12:00 – 12:30 Cierre de la actividad

Folio007408

b) Parte práctica de calidad de agua

9:00 – 9:30 Introducción

9:30 – 10:30 Medición de Calidad de Agua
Presentación de un equipo multiparamétrico. Componentes
Presentación de una mochila de monitoreo. Componentes

10:30 – 12:30 Medición con mochila de monitoreo y sonda multiparamétrica

12:30 – 13:00 Cierre de la actividad

Para una mayor efectividad, se propuso incluir en la convocatoria de capacitación a la comunidad (especialmente la directiva). Los asistentes posteriormente podrán entregar resultados de los monitoreos de humedales a sus comunidades.

Proyección de la medida:

La implementación de lo propuesto permitiría eventualmente escalar este modelo a otras comunidades dentro del ADI Alto El Loa e incluso otras zonas que enfrentan los mismos desafíos

P**eriodo de implementación de la medida**

La medida, a nivel piloto, se propuso que fuera implementada al final del proyecto, en octubre de 2017.

3.2.5 Medida 5: Nivelación de conocimientos en la comunidad mediante la elaboración de documentación técnica – científica, específica del territorio.

Como se indicó, dentro de las medidas de adaptación al cambio climático, las más importantes son aquellas asociadas a la mantención y/o desarrollo de los servicios ecosistémicos que el territorio, y en forma especial los humedales del mismo, le ofrecen a las comunidades locales. Se entiende que en la medida que las presiones aumentan o el cambio climático genera cambios en las condiciones del lugar, ciertos servicios ecosistémicos se verán afectados, por lo tanto una forma de adaptación a estos cambios es encontrar o definir nuevos bienes y servicios ecosistémicos con la comunidad, que les permita adaptarse a un ambiente en continuo cambio. La base de esto es que el conocimiento existente sobre el territorio esté disponible y sea conocida por la comunidad, de forma tal de que exista un adecuado equilibrio cuando se discutan temas asociados al territorio.

Objetivo de la medida:

Disponibilizar información científica y técnica a la comunidad, mediante el desarrollo de documentación técnica y de difusión que releve el valor del territorio.

Alcance de la medida

Folio007409

Esta medida se propuso implementarla generando documentación que pueda ser distribuida en todas aquellas comunidades que estén en el área de influencia del estudio (ADI Atacama La Grande y Alto El Loa), asociada a servicios ecosistémicos en salares (de recreación, salud y científica o de investigación).

Periodo de implementación de la medida

Se propuso implementarla en el período de ejecución del proyecto, con la generación de un par de documentos técnicos que puedan ser utilizados de referencia.

Actores involucrados

Comunidades, científicos, operadores turísticos y otros actores asociados al territorio donde existan salares y ecosistemas microbianos extremófilos. .

Metodología y resultados

Se propuso elaborar, en forma piloto, 2 publicaciones bajo las normas gráficas del MMA, con información de turismo de intereses especiales y alguna Guía Técnica de la particularidad del territorio.

Folio007410

INFORME CON LOS RESULTADOS DE LA EJECUCION PILOTO DE LAS ACCIONES DE RESTAURACION Y CONSERVACION DE HUMEDALES ALTO ANDINOS

Folio007411

4 RESULTADOS DE LA EJECUCIÓN PILOTO DE LAS ACCIONES DE RESTAURACION Y CONSERVACIÓN

4.1 Resumen ejecutivo de la ejecución piloto de las acciones de restauración y conservación para adaptación al cambio climático

Se desarrollaron, en forma piloto, cinco medidas de adaptación al cambio climático con las comunidades locales. La primera medida corresponde a implementar un sistema de monitoreo extensivo de los humedales altoandinos con las comunidades locales para establecer una base de información confiable y empoderar a las comunidades locales con el estado de los recursos naturales de su propio territorio, generando capacidades a nivel local para observar, medir y registrar información de carácter local que dé cuenta de las variaciones observables del recurso agua, la vegetación, y la fauna locales, como también de preservar el conocimiento ancestral de los usos de la flora local y la historia del territorio. Se monitorearon 15 humedales (sectores) de 11 localidades y se generaron 12 informes (12) de caracterización, los cuales fueron entregados a la comunidad directamente, para su utilización.

Una segunda medida de adaptación fue la implementación, en forma piloto, de una red de monitoreo en cuencas endorreicas, que son especialmente sensibles a las presiones generadas por la acción antrópica y al cambio climático. Fundamentalmente estos sistemas están estrechamente ligados a la existencia de los recursos hídricos en calidad y cantidad y, por lo tanto, en la medida que el agua es más escasa o cambia sus características, la integridad ecológica de los humedales se ve amenazada y con ello, la subsistencia de las comunidades que viven en el territorio. Dado lo anterior, se consideró que es de particular importancia contar con algún sistema que permitiera conocer el estado actual de dichos humedales, mediante información de tipo continúa, que entregue la posibilidad de realizar modificaciones al manejo de los recursos, ante signos iniciales de deterioro. La implementación consistió en la instalación de 1 estación meteorológica Campbell automática y un sensor de profundidad de nivel freático, en 3 humedales que serán usados como testigo del cambio climático, es decir, con nula o sin presión y estables. Los humedales seleccionados para la ubicación de estas estaciones de medición fueron el salar de Carcote y Aguas Calientes I y, la vega Tocorpuri.

La tercera medida consistió en el apoyo a comunidades en sitios de interés turístico u otros servicios ecosistémicos. Se consideró que dentro de las medidas de adaptación al cambio climático, las más importantes son aquellas asociadas a la mantención y/o desarrollo de los servicios ecosistémicos que el territorio, y en forma especial los humedales del mismo, le ofrecen a las comunidades locales. Se entiende que en la medida que las presiones aumentan o el cambio climático genera cambios en las condiciones del lugar, ciertos servicios ecosistémicos se ven afectados, por lo tanto una forma de adaptación a estos cambios en definir nuevos bienes y servicios ecosistémicos con la comunidad, que les permita adaptarse a un ambiente en continuo cambio. La medida ha consistido en desarrollar material de difusión con énfasis en las comunidades microbianas extremófilas que caracterizan la laguna Tebenquiche, además de un acompañamiento continuo y focalizado de CEA en actividades de capacitación y difusión a la comunidad Coyo.

En cuarto lugar, el diagnóstico realizado permitió establecer que además de la reducción en el volumen y caudal de agua a los humedales, se constató una disminución de la calidad del agua, debido a fenómenos de salinización y contaminación inorgánica e

Folio007412

orgánica. Dado esto, se consideró necesario desarrollar capacidades diferenciadas en monitoreo de los componentes ambientales asociados al territorio donde están insertos, de forma tal que se empoderen en su cuidado, conservación y mejoramiento, además de estar disponibles como capital humano capacitado para desempeñarse en la principal industria local. Para esto, se desarrolló un programa de capacitación a nivel de las escuelas del ADI Alto El Loa, para formar "monitores de calidad de agua" consistente en un curso teórico y práctico de evaluación de la calidad química del agua, más la entrega de una mochila de monitoreo que quedó disponible en cada establecimiento educacional.

Finalmente, se consideró de gran importancia la nivelación de conocimientos en la comunidad, dada la necesidad de mantención y/o desarrollo de los servicios ecosistémicos que el territorio, y en forma especial los humedales del mismo, le pueden ofrecen a las comunidades locales. Se entiende que en la medida que las presiones aumentan o, el cambio climático genera cambios en las condiciones del lugar, ciertos servicios ecosistémicos se verán afectados, por lo tanto una forma de adaptación a estos cambios es encontrar o definir nuevos bienes y servicios ecosistémicos con la comunidad, que les permita adaptarse a un ambiente en continuo cambio. La base de esto es que el conocimiento existente sobre el territorio esté disponible y sea conocida por la comunidad, de forma tal de que exista un adecuado equilibrio cuando se discutan temas asociados al territorio. Para esto se desarrollaron dos materiales de difusión que consistieron en una Guía de conservación y seguimiento de ecosistemas microbianos extremófilos y un libro orientado al turismo del área.

4.2 Descripción de las medidas propuestas

4.2.1 Medida 1: Monitoreo extensivo de los humedales altoandinos con las comunidades locales.

La medida propuesta busca establecer una base de información confiable y empoderar a las comunidades locales con el estado de los recursos naturales de su propio territorio, generando capacidades a nivel local para observar, medir y registrar información de carácter local que dé cuenta de las variaciones observables del recurso agua, la vegetación, y la fauna locales, como también de preservar el conocimiento ancestral de los usos de la flora local y la historia del territorio.

Objetivo de la medida

Establecer una línea base confiable de información local de la condición ecológica de los recursos agua, flora y fauna, mediante la transferencia de capacidades técnicas e información a las comunidades locales.

Alcance de la medida

La medida tiene como alcance que las comunidades de las ADI Alto El Loa y Atacama La Grande tengan antecedentes propios del estado de sus recursos naturales y cuenten con las capacidades locales para realizar el monitoreo de los mismos, el mantenimiento de la información y la comprensión de su significado. Esto se implementó en algunas comunidades de la zona de estudio.

Periodo de implementación de la medida

La medida se implementó a partir de agosto de 2015 donde se seleccionaron las comunidades donde la medida se implementaría en forma piloto; posteriormente, entre

Folio007413

noviembre y diciembre se les solicitó seleccionaran el humedal de mayor importancia para ellos; en los meses de marzo y abril de 2016, se muestreó en conjunto con ellos, la calidad del agua, biota acuática, la flora y la fauna local, y en la actualidad elaboró un documento por comunidad que da cuenta del estado de sus recursos a la fecha del monitoreo.

Actores involucrados

En cada comunidad se involucró su directiva y las personas que ellos decidieron debían acompañarnos en la campaña de monitoreo realizada.

Metodología y resultados

La metodología y resultados de la campaña de monitoreo de los humedales con las comunidades se presentan en el Informe de la caracterización de humedales junto con las actividades desarrolladas en terreno en la campaña de monitoreo.

Figura 4-1: Acompañamiento en terreno de las actividades asociadas al monitoreo extensivo de los humedales de las comunidades. Fuente: Elaboración propia

Como compromiso con la comunidad se estableció que se les entregará un informe de los datos levantados en el monitoreo realizado, por cada comunidad (humedal) visitado y muestreado. Esos documentos fueron elaborados y se encuentran en el Anexo F, Medida N°1 monitoreo_extensivo_humedales que acompaña este informe. Los informes técnicos de Monitoreo participativo se detallan a continuación:

Folio007414

Tabla 4.1. Detalle informes técnicos de Monitoreo participativo.

N°	Localidad	Sector	ADI
1	Lasana	Lasana	Alto El Loa
2	Cebollar - Ascotan	Cebollar Viejo	
3	Ollagüe	Vega Chela	
		Puquio	
		Quebrada del Inca	
4	Cupo	Cupo	
5	Ayquina	Ayquina	
6	Chuichiu	Sector Inca Coya	
		Sector Alvarado	
7	Talabre	Catarape	Atacama La Grande
		Saltar	
8	Machuca	Machuca	
9	Peine	Tilopozo	
10	Camar	Allana	
11	Coyo	Tebenquiche	

Las Figura 4-2 y Figura 4-3 muestran algunos ejemplos de estos documentos, los cuales acompañan este informe final.

Figura 4-2: Informe técnico de caracterización de humedal de Lasana.

Figura 4-3: Informe técnico de caracterización de humedal de Tebenquiche.

Las fotografías de la campaña de terreno se adjuntan en el Anexo F, Medida N°1 monitoreo_extensivo_humedales, separadas en cada informe de localidad.

Folio007416

4.2.2 Medida 2: Implementación de una red de monitoreo en cuencas endorreicas

El territorio asociado a los humedales altoandinos que se ubican en cuencas endorreicas de la región de Antofagasta es especialmente sensible a las presiones generadas por la acción antrópica y al cambio climático. Fundamentalmente estos sistemas están estrechamente ligados a la existencia de los recursos hídricos en calidad y cantidad y, por lo tanto, en la medida que el agua es más escasa o cambia sus características, la integridad ecológica de los humedales se ve amenazada y con ello, la subsistencia de las comunidades que viven en el territorio. Dado lo anterior, es de particular importancia contar con algún sistema que permita conocer el estado actual de dichos humedales, mediante información de tipo continúa, que entregue la posibilidad de realizar modificaciones al manejo de los recursos, ante signos iniciales de deterioro. Dado esto, se propone la implementación de una red de monitoreo en cuencas endorreicas, cuya información esté disponible para los actores locales y la autoridad, para que en conjunto establezcan el mejor manejo del territorio que signifique la conservación de los recursos naturales allí presentes.

Objetivo de la medida:

Disponer de información continua y de calidad, del estado de ciertas variables ambientales, que permita tomar decisiones oportunas en el manejo de la cuenca, para evitar deterioro de los recursos naturales del territorio.

Alcance de la medida

Esta medida, que debería ser implementada en todas las cuencas endorreicas de la región de Antofagasta, fue implementada en forma piloto en 3 humedales que fueron monitoreados en forma intensiva durante la vigencia del proyecto.

Periodo de implementación de la medida

La medida, a nivel piloto, se implementó en octubre de 2017, con la instalación de 3 estaciones meteorológicas Campbell en tres humedales de la región alto andina de la región de Antofagasta.

Actores involucrados

Para la implementación de la medida en forma piloto se involucró a la comunidad local y las autoridades regionales y locales, de forma tal de que se interiorizaran respecto a la implementación de la misma.

Metodología y resultados

Esta medida, que debería ser implementada en todas las cuencas endorreicas de la región de Antofagasta, fue implementada en forma piloto en 3 humedales que fueron monitoreados en forma intensiva durante la vigencia del proyecto. Se instalaron 3 estaciones meteorológicas, una por cada humedal, las que registrarán variables atmosféricas, entre ellas, Precipitación (TE525MM-L25 o similar), Radiación Solar (LI200R-L34, con CM225 y nivel LI2003S o similar), Dirección y Velocidad del Viento (05103-L34 o similar), Temperatura del aire y Humedad Relativa (HMP60-L11 o similar) y un sensor de nivel de agua (CS451-U-L164, con A200 y 25431 o similar) o similar. Las

Folio007417

especificaciones de los principales sensores se muestran en las Tabla 4.3 a Tabla 4.6. El datalogger a utilizar corresponderá a un CR1000, el cual se muestra en la Figura 4-4.

Tabla 4.2: Especificaciones sensor de precipitación (https://www.campbellsci.cc/te525mm-l)

Especificaciones sensor Precipitación (TE525MM-L25)

Tipo de sensor	Cuchara basculante/interruptor de vástago magnético
Material	Aluminio anodizado
Temperatura	0° a 50°C
Resolución	1 tip
Volumen por Tip	4.73 ml/tip (0.16 fl. oz/tip)
Precipitación por Tip	0.1 mm (0.004 in.)
Precisión	±1% (up to 10 mm/h) +0, -3% (10 to 20 mm/h) +0, -5% (20 to 30 mm/h)
Tipo de Cable	Cable blindado de 2 conductores
Diámetro del embudo colector	24.5 cm (9.66 in.)
Altura	29.21 cm (11.5 in.)
Peso del Cable	0.1 kg (0.2 lb) por 3.05-m (10-ft) largo
Peso del capacho	1.1 kg (2.4 lb)

Tabla 4.3: Especificaciones sensor de radiación (https://www.licor.com/env/products/light/pyranometer.html)

Especificaciones sensor Radiación (LI200R)

Calibración absoluta	Calibrado contra un piranómetro espectral de precisión Eppley (PSP) bajo condiciones de luz natural. La incertidumbre de calibración bajo estas condiciones se estima como ± 3% típico, dentro del ángulo de incidencia de ± 60 °
Sensitividad	Típicamente 75 µA por 1.000 W m-2
Linearidad	Desviación máxima de 1% hasta los 3,000 W m-2
Tiempo de respuesta	Menos que 1µs (cable de 2 m terminado en una carga de 147 Ohm)
Dependencia de temperatura	Un máximo de ± 0.15% por °C
Corrección del coseno	Coseno corregido hasta un ángulo de incidencia de 82 °
Azimuth	< ± 1% de error sobre 360° a 45° de elevación
Inclinación	Ningún error inducido por la orientación
Rango de temperatura de operación	–40 °C to 65 °C
Rango de humedad relativa	0% a 95% HR, sin condensación
Detector	Detector fotovoltaico de silicio de alta estabilidad (azul realzado)
Carcasa del sensor	Cuerpo de aluminio anodizado impermeable con difusor de acrílico y hardware de acero inoxidable; Junta tórica en la base del sensor
Peso	24 g de cabeza; 60 g base y cable (2 m) con tornillos
Tamaño	2.36 cm de diámetro × 3.63 cm (0.93” × 1.43”)
Largo del cable	2 m, 5 m, 15 m, 50 m (6.5’, 16.4’, 49.2’, 164’)

Tabla 4.4: Especificaciones sensor de velocidad y dirección del viento. (https://www.campbellsci.com/p05103-45-alpine-wind

Especificaciones sensor de viento (05103-45-L)

Rango de temperatura de funcionamiento	-50° a +50°C (Asumiendo condiciones no rimadas)
Descripción del tubo de montaje	34 mm (1.34 in.) OD Estándar de 1.0 pulg. Programa IPS 40
Diámetro de la hélice	14 cm (5.5 in.)
Altura total	37 cm (14.6 in.)
Diámetro de la caja principal	5 cm (2.0 in.)
Longitud total	55 cm (21.7 in.)
Peso	kg (2.2 lb)
Velocidad del viento	
Rango	0 a 100 m/s (0 to 224 mph)
Precisión	±0.3 m/s (0.6 mph) or 1% de la lectura
Umbral de inicio	1.0 m/s (2.2 mph)
Constante de Distancia	2.7 m (8.9 ft) 63% recuperación
Salida	Voltaje ac (tres pulsos por vuelta) 90 Hz (1800 rpm) = 8.8 m/s (19.7 mph)
Resolución	(0.0980 m s^{-1})/(Velocidad de escaneo en segundos) o (0.2192 mph)/(Velocidad de escaneo en segundos)
Dirección del viento	
Rango mecánico	0 to 360°

Rango eléctrico	355° (5° open)
Precisión	±3°
Umbral de inicio	1.1 m/s (2.4 mph) at 10° displacement
Constante de distancia	1.3 m (4.3 ft) 50% recovery
Relación de amortiguación	0.3
Longitud de onda natural amortiguada	7.4 m (24.3 ft)
Longitud de onda natural no amortiguada	7.2 m (23.6 ft)
Salida	Tensión analógica de CC del potenciómetro (resistencia 10 kohm). La linealidad es del 0,25%. La esperanza de vida es de 50 millones de revoluciones.
Voltaje	Voltaje de excitación de conmutación de potencia suministrado por el registrador de datos

Tabla 4.5: Especificaciones sensor de temperatura y humedad relativa (https://www.campbellsci.com/hmp60)

Especificaciones sensor de temperatura y humedad relativa (HMP60)

Tensión de alimentación	5 a 28 Vdc (típicamente alimentado por la alimentación de 12 V del datalogger)
Consumo actual	1 mA (típico) 5 mA (máximo)
Descripción del filtro	Membrana de Teflón de 0.2 µm
Tiempo de estabilización	1 s
Diámetro del sensor	1.2 cm (0.5 in.)
Diámetro del filtro	1.2 cm (0.5 in.)
Largo	7.1 cm (2.8 in.)

Peso	0.05 kg (0.1 lb) con cable de 1.83-m (6-ft)

Compartimiento	
Material del cuerpo	Acero inoxidable AISI 316
Material del tapón del filtro	Plástico ABS recubierto de cromo
Clasificación	IP65

Temperatura	
Sensor de Temperature	Termómetro de Resistencia Platino de 1000 ohmios
Rango de medición	-40° to +60°C
Precisión	±0.6°C

Humedad relativa	
Sensor	Vaisala INTERCAP chip capacitivo
Rango de medición	0 a 100% RH (sin condensación)

Humedad relativa-Precisión	
Precisión típica de -40 ° a 0 ° C	±5% (0 a 90% RH) ±7% (90 a 100% RH)
Precisión típica de 0 ° a 40 ° C	±3% (0 a 90% RH) ±5% (90 a 100% RH)
Precisión típica de 40 ° C a 60°C	±5% (0 a 90% RH) ±7% (90 a 100% RH)

Tabla 4.6: Especificaciones tipo de sensor de nivel de agua (https://www.campbellsci.ca/cs451)

Especificaciones sensor de nivel de agua (CS451)

Tiempo de medición	< 1.5 s

Folio007422

Salidas	SDI-12 (versión 1.3) 1200 bps; RS-232 9600 bps
Resolución de nivel de agua	0.0035% FS
Resolución de temperatura de peor caso	0.006°C
Temperatura de almacenamiento en seco	-10° to +80°C ADVERTENCIA: El sensor podría resultar dañado si está encerrado en hielo congelado.
Rango de temperatura de funcionamiento	0° to 60°C ADVERTENCIA: El sensor podría resultar dañado si está encerrado en hielo congelado.
Precisión de Temperature	±0.2°C
Sobrepresión	2 x el rango de presión
Requerimiento de potencia	6 a 18 Vdc
Tipo de cable	Hytrel Jacket, five conductor, 26 AWG
Conexión NPT	1/4-in. NPS
Material superior del cono	Delrin
Material del cuerpo	Acero inoxidable 316L
Material del elemento	Acero inoxidable 316L
Distancia	2.54 cm (1 in.) Distancia de la línea negra grabada en la carcasa al extremo de la conexión NPT2.3 cm (0.9 in.) Distancia de la línea negra grabada en la carcasa al extremo del cono de la nariz estándar 9.9 cm (3.9 in.) Distancia de la línea negra grabada en la carcasa al extremo del cono de la nariz estándar
Diámetro	21.34 mm (0.84 in.)
Largo	213.36 mm (6.875 in.)
Peso del cable	0.0421 kg/m (0.0283 lb/ft)

Peso	0.17 kg (0.37 lb) sin cable

Consumo de potencia	
Inactivo	< 50 µA
Medición / Comunicación	8 mA (medición 1 s)
Máximo	40 mA

Rangos de medición en las profundidades del agua dulce	
0 to 2.0 m (6.7 ft)	0 to 2.9 psig La opción de alta precisión (± 0,05% FS) no está disponible para la opción de rango de 0 a 2,9 psig. 0 to 20 kPa La opción de alta precisión (± 0,05% FS) no está disponible para la opción de rango de 0 a 2,9 psig.
0 to 5.1 m (16.7 ft)	0 to 7.25 psig 0 to 50 kPa
0 to 10.2 m (33.4 ft)	0 to 14.5 psig 0 to 100 kPa
0 to 20.4 m (67 ft)	0 to 29 psig 0 to 200 kPa
0 to 50.9 m (167 ft)	0 to 72.5 psig 0 to 500 kPa
0 to 102 m (334.5 ft)	0 to 145 psig 0 to 1000 kPa

Precisión	
Opción de precisión estándar	± 0,1% de gama completa TEB

Folio007424

	Total Error Band (TEB) incluye los errores combinados debidos a la no linealidad, la histéresis, la irrepetibilidad y los efectos térmicos en el intervalo de temperaturas compensadas, según ISA S51.1.
Opción de alta precisión	± 0,05% TEB de escala completa La opción de alta precisión (rango de escala total de ± 0,05%) no está disponible para la opción de rango de 0 a 2,9 psig. Total Error Band (TEB) incluye los errores combinados debidos a la no linealidad, la histéresis, la irrepetibilidad y los efectos térmicos en el intervalo de temperaturas compensadas, según ISA S51.1.

Longitud máxima del cable	
SDI-12	~ 457 m (1500 pies) 1 sensor conectado a un solo puerto 60 m (200 pies) 10 sensores conectados a un solo puerto
RS-232	60 m (200 ft)

Figura 4-4: Datalogger CR1000, de Campbell Scientific (https://www.campbellsci.ca/cr1000-datalogger)

La ubicación preliminar de las estaciones se muestra en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7: Coordenadas de ubicación preliminar de las estaciones meteorológicas y sensores de profundidad de nivel freático instaladas en el marco del proyecto

Nombre Estación	Tipo de Estación	Coordenadas UTM (19k)	
		Este	Sur
Estación Carcote	Campbell Full	559170	7635522
Estación Tocorpuri	Campbell Full	596812.80	7511807.38
Estación Aguas Calientes I	Campbell Full	661593.94	7440050.84

Estación Carcote:

La estación destinada a instalar en el salar de Carcote, en las cercanías de Ollagüe, fue instalada en octubre de 2017 y se muestra en las siguientes figuras.

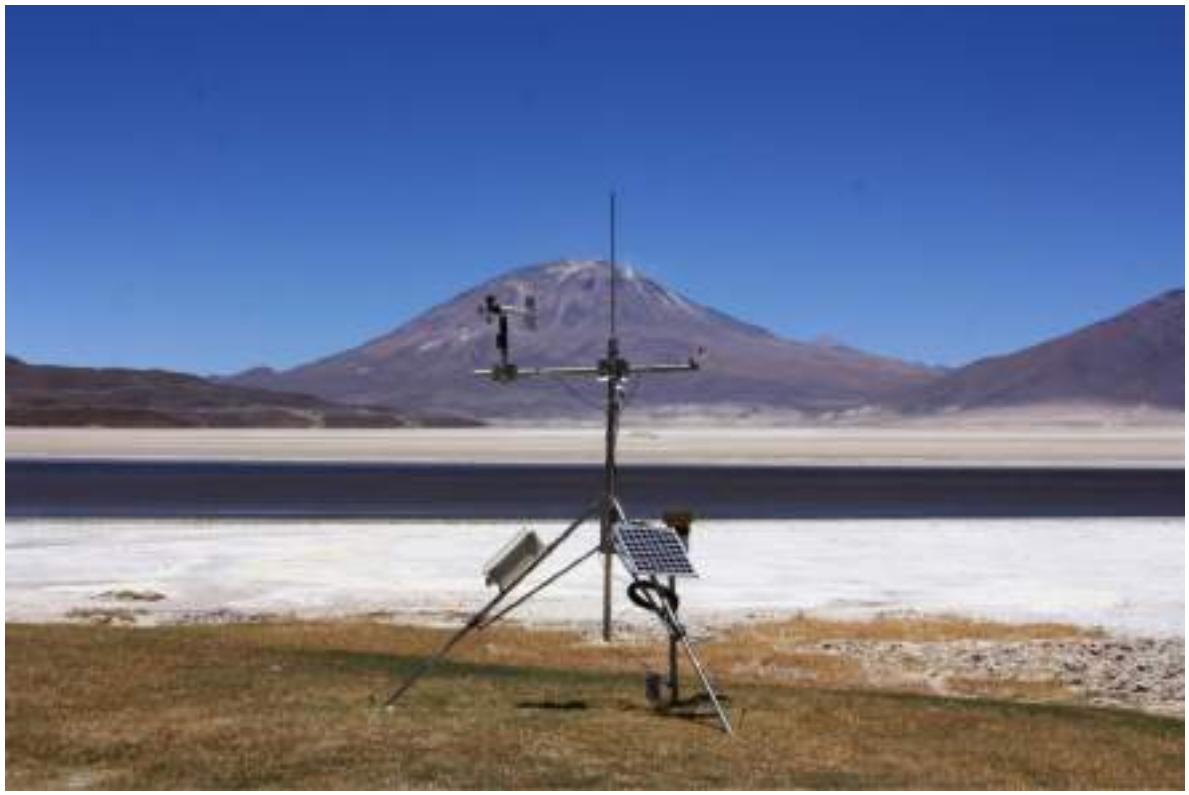


Figura 4-5: Estación meteorológica Campbell Scientific instalada en el salar de Carcote, región de Antofagasta. Ubicación 559169 E, 7635542 S, Huso 19k, altitud 3.694 m.s.n.m

Figura 4-6: Estación meteorológica Campbell Scientific instalada en el salar de Carcote, región de Antofagasta

Estación Tocorpuri

La estación Tocorpuri fue instalada en la localidad de Tocorpuri, en la cercanía del retén de Carabineros. La Figura 4-7 muestra el lugar donde fue emplazada.

Folio007427

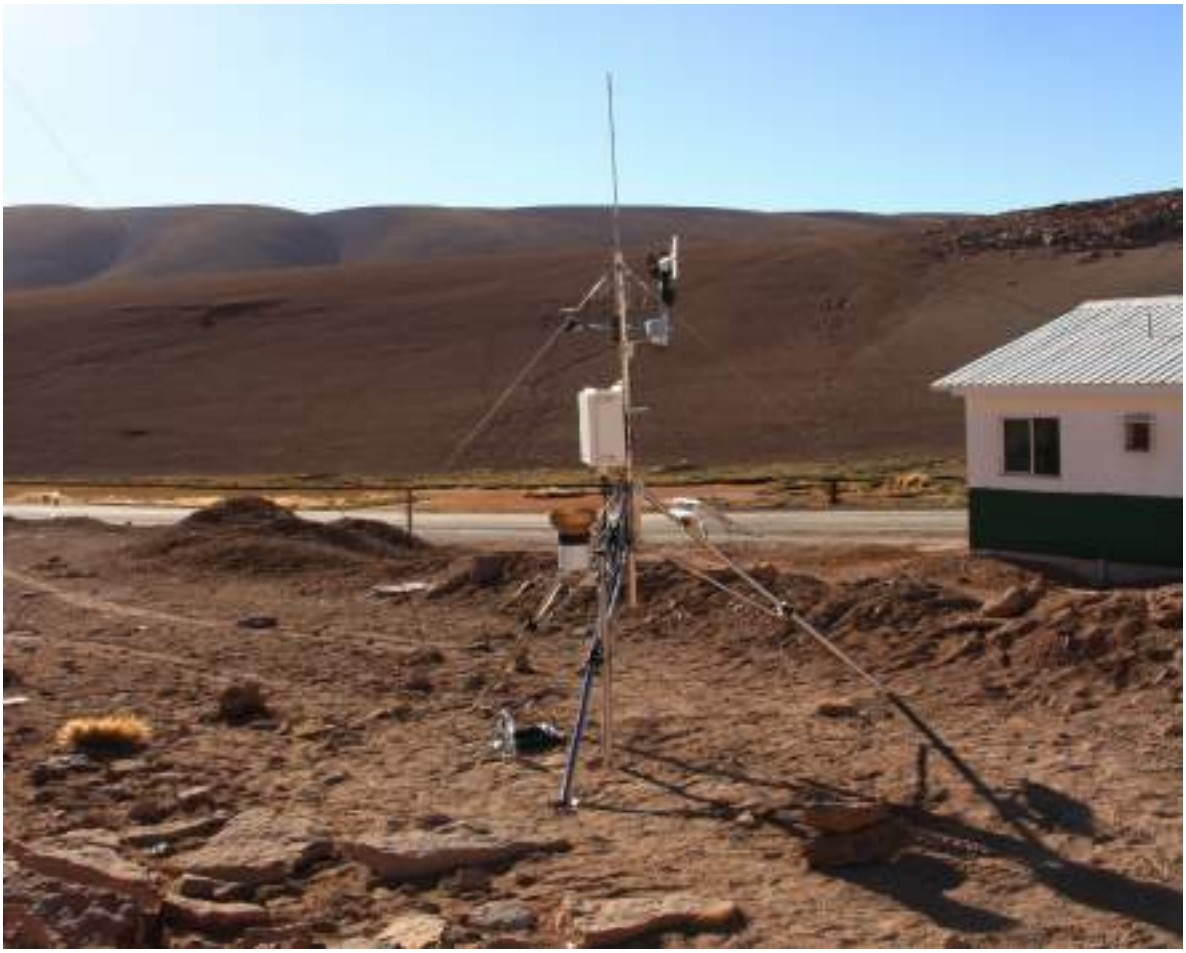


Figura 4-7: Estación meteorológica Campbell Scientific de localidad de Tocorpuri, región de Antofagasta. Ubicación 596886 E, 7511761 S, Huso 19k

Folio007428

Figura 4-8: Acercamiento a estación meteorológica Campbell Scientific de localidad de Tocorpuri, región de Antofagasta

Folio007429

Estación Aguas Calientes I:

La estación de Aguas Calientes I fue instalada en el salar en octubre de 2017. La Figura 4-9 muestra su emplazamiento, en forma previa a la instalación de un cerco perimetral.

Figura 4-9: Estación meteorológica Campbell Scientific en salar de Aguas Calientes I, región de Antofagasta. Ubicación 663987 E, 7445698 S, Huso 19k

Folio007430

Figura 4-10: Vista de la protección de la estación meteorológica Campbell Scientific en salar de Aguas Calientes I, región de Antofagasta. Ubicación 663987 E, 7445698 S, Huso 19k

Folio007431

Figura 4-11: Estación meteorológica Campbell Scientific en salar de Aguas Calientes I, región de Antofagasta. Se observa el sensor de nivel freático en el borde inferior izquierdo de la foto.

Folio007432

4.2.3 Medida 3: Apoyo a iniciativas de comunidades indígenas en sitios de interés turístico u otros servicios ecosistémicos

Dentro de las medidas de adaptación al cambio climático, las más importantes son aquellas asociadas a la mantención y/o desarrollo de los servicios ecosistémicos que el territorio, y en forma especial los humedales del mismo, le ofrecen a las comunidades locales. Se entiende que en la medida que las presiones aumentan o el cambio climático genera cambios en las condiciones del lugar, ciertos servicios ecosistémicos se ven afectados, por lo tanto una forma de adaptación a estos cambios es definir nuevos bienes y servicios ecosistémicos con la comunidad, que les permita adaptarse a un ambiente en continuo cambio. Esta medida requiere establecer vínculos de confianza con las comunidades y generar un acompañamiento para que se den las condiciones de que la propia comunidad desarrolle nuevos servicios, o modifique los existentes.

Objetivo de la medida:

Desarrollar capacidades en las comunidades locales para que generen nuevos servicios ecosistémicos o mejoren y modifiquen los actuales que les presta el territorio donde están insertos.

Alcance de la medida

Esta medida se propuso que fuera implementada en todas aquellas comunidades de área de influencia del estudio, asociada a la actividad turística (de recreación, salud y científica o de investigación) u otras que les permita un mejor desarrollo. En forma piloto se implementó en la comunidad Coyo.

Periodo de implementación de la medida

La medida, a nivel piloto, se implementó con las actividades conjuntas de capacitación, acompañamiento y asesoría hacia la comunidad Coyo asociadas a la laguna Tebenquiche. La medida en sí debe ser continua, y focalizada en los objetivos de la comunidad sobre el territorio.

Actores involucrados

Los actores involucrados en la medida piloto son los habitantes de la comunidad Coyo, que asciende a alrededor de 17 a 20 familias y representantes de la Comunidad de Solor.

Metodología y resultados

La metodología de implementación de la medida se enfocó en establecer, en primer lugar, lazos de confianza con la comunidad, de forma tal de que el acompañamiento se facilite. En segundo lugar, y en conjunto con la misma comunidad, se enfatizó en la capacitación hacia la comunidad en los temas a potenciar.

En este caso, se dio énfasis en las comunidades microbianas de estromatolitos que caracterizan la laguna Tebenquiche, sus tipos, ubicación y características, de forma tal de volcarlas en Guías de Difusión que puedan utilizarlas con los turistas que los visitan (Figura 4-27).

En terminos generales los objetivos estuvieron orientados a :

Folio007433

i) Avanzar hacia una figura de protección del ecosistema de la Laguna de Tebenquiche, para lo cual se sostuvieron diversas reuniones con diferentes representantes de la Comunidad de Coyo y Solor. Los principales resultados fueron el acuerdo entre ambas comunidades para apoyar la solicitud de creación de un Santuario de la Naturaleza en la Laguna Tebenquiche, información que fue trasmitida directamente a la SEREMIA y al director del Proyecto. Anteriormente, la Comunidad de Coyo solicitó el apoyo para esta iniciativa al Sr. Pablo Badenier Ministro de Medio Ambiente y al Sr. Felipe Lerzundi SEREMI de Medio Ambiente Región de Antofagasta. Lo cual en conjunto con las diferentes actividades realizadas durante la ejecución del proyecto, han permitido avanzar en la protección de la Laguna Tebenquiche. Aún cuando este objetivo todavía no se cumple, ya que depende de las gestiones que realicen directamente las comunidades, se logró un cambio significativo en la vocación de la Laguna Tebenquiche, desde un sitio destinado a actividades recreativas a un sitio de intereses especiales.

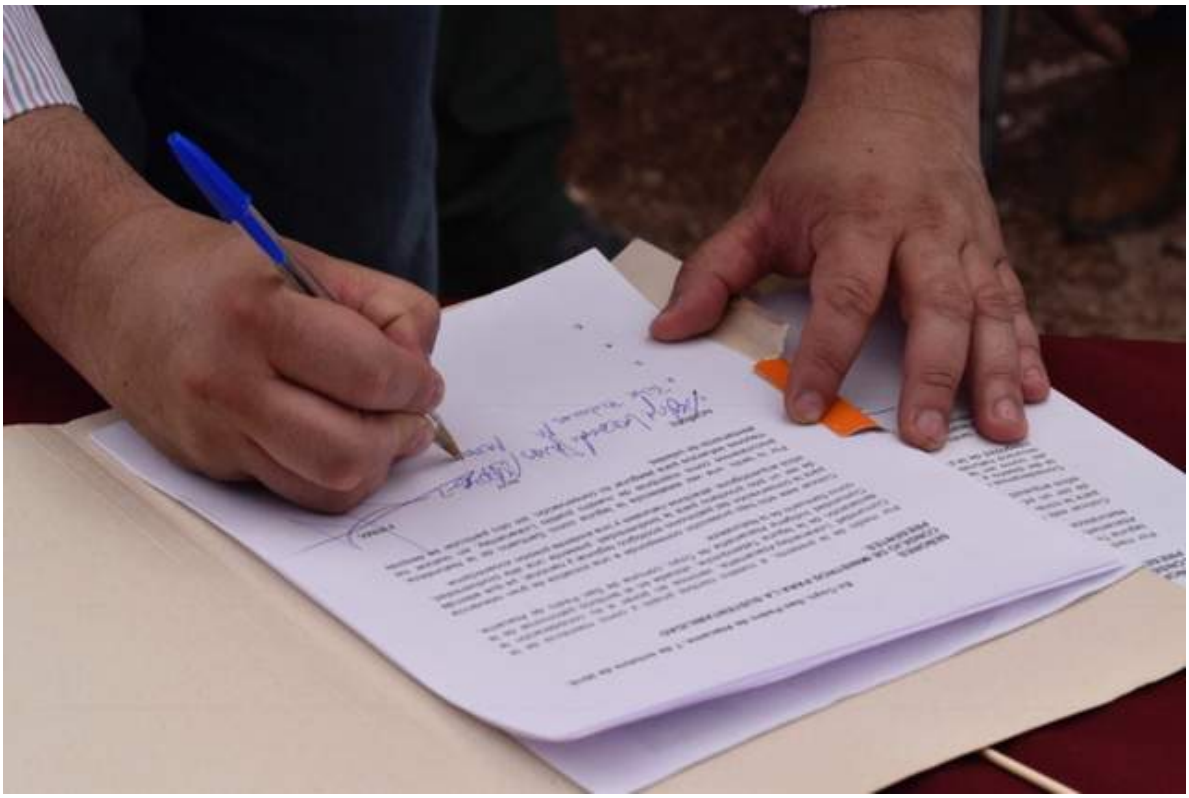


Figura 4-12: Firma del documento solicitud para crear un Santuario de la Naturaleza, por parte del Sr. Ministro de Medio Ambiente, Pablo Badenier, en el marco de una capacitación a profesores de la Región, en Tebenquiche. Octubre de 2016.

Folio007434

Figura 4-13: Actividad de capacitación con profesores, en Tebenquiche. En la imagen, Sr. Ministro de Medio Ambiente, Pablo Badenier y SEREMI de Medio Ambiente de la región de Antofagasta, Sr. Felipe Lerzundi. Octubre de 2016.

ii) Generar mayor diversidad de servicios ecosistémicos en la laguna de Tebenquiche, a partir del diagnóstico ambiental de la Laguna Tebenquiche se propusieron como medidas de adaptación, la creación de un Centro de Investigación de divulgación cientifíca y la creación de un Centro de Salud, este último para el uso de las aguas de estas lagunas de forma similar a como se utilizan las aguas del Mar Muerto, en Israel, es decir, para beneficio a la salud, principalmente de enfermedades relacionadas con la piel. Para lo cual se sostuvieron diversas reuniones con la Comunidad de Coyo de capacitación y difusión, orientadas a identificar y fortalecer algunos servicios ecosistémicos que podian implementarse En este sentido, debido al desarrollo del proyecto, y el apoyo directo de CEA a la comunidad de Coyo, el 28 de abril de 2017 se inaugura el primer centro de sanación ancestral en Tebenquiche, utilizando el concepto de que estas aguas y tierras tienen propiedades curativas. El Centro puede ser visitado diariamente en la Laguna de Tebenquiche. Respecto del Centro de Investigación de divulgación cientifíca, este todavía esta siendo analizado por la Comunidad de Coyo.

Folio007435

Figura 4-14: Actividad con la comunidad, en el marco de la inauguración del centro de sanación de Tebenquiche. En la foto, Jorge Alvarez, Presidente Comunidad Coyo, SEREMI de Medio Ambiente, Felipe Lerzundi, y Director del Centro de Ecología Aplicada (CEA), Manuel Contreras L. , junto a miembros de la comunidad. Abril 2017

Folio007436

Figura 4-15: Centro de sanación ubicado en la laguna Tebenquiche, instalado por la comunidad Coyo. Abril 2017.

4.2.4 Medida 4: Implementación de capacidades analíticas de calidad agua en escuelas y liceos de ADI Alto El Loa, destinadas a mantener un monitoreo permanente de los humedales

El diagnóstico realizado durante la ejecución del proyecto, permitió establecer que además de la reducción en el volumen y caudal de agua a los humedales, se pudo constatar una disminución de la calidad del agua, debido a fenómenos de salinización y contaminación inorgánica e orgánica.

Objetivo de la medida:

Desarrollar capacidades diferenciadas en monitoreo de los componentes ambientales asociados al territorio donde están insertos, de forma tal que se empoderen en su cuidado, conservación y mejoramiento, además de estar disponibles como capital humano capacitado para desempeñarse en la principal industria local.

Alcance de la medida

En el ADI de Alto El Loa, se focalizó la medida en forma piloto, en tres escuelas de la zona (Chiuchiu, Calama y Ollagüe), para lo cual se realizaron las coordinaciones necesarias para su implementación, incluyendo la importación del equipamiento que se entregó a la SEREMI del Medio Ambiente (Mochila de monitoreo de calidad de aguas a nivel educacional (Hanna HI3817BP).

Folio007437

Actores involucrados

El proyecto esta dirigido a escuelas certificadas ambientalmente (MMA): Colegio Río Loa, de Calama, Escuela G-52 San Francisco de Chiu-Chiu y Escuela San Antonio de Padua, de Ollagüe.

Metodología y resultados:

Se entrenó a alumnos de las diferentes escuelas seleccionadas, a través de clases teóricas y prácticas en el uso de la equipos portátiles de medición de calidad de agua. Las capacitaciones duraron aproximadamente medio día de duración y los programas del curso fueron los siguientes:

a) Parte teórica de calidad de agua

9:00 – 9:30 Introducción
9:30 – 10:30 Conceptos de Calidad de Agua (Módulo I)
Concepto de pH y su dinámica en cuerpos de agua
El oxígeno en el agua
Temperatura y Salinidad del agua

10:30 – 11:00 *Break*

11:00 – 12:00 Conceptos de Calidad de Agua (Módulo II)
Instrumentos para medición de parámetros de calidad. Bases de la medición.
Frecuencia y estacionalidad de la medición
Registros. Como llenarlos y su interpretación
Mediciones de agua de diferente calidad con sonda (agua de la llave, bebida, agua de la casa de los niños, agua mineral)

12:00 – 12:30 Cierre de la actividad

b) Parte práctica de calidad de agua

9:00 – 9:30 Introducción

9:30 – 10:30 Medición de Calidad de Agua
Presentación de un equipo multiparamétrico. Componentes
Presentación de una mochila de monitoreo. Componentes

12:30 – 13:00 Cierre de la actividad

Para una mayor efectividad, se incluyó en la convocatoria de capacitación a la comunidad (a través de la directiva). Los asistentes posteriormente podrán entregar resultados de los monitoreos de humedales a sus comunidades (Figura 4-16).

Figura 4-16: Estrategia de implementación de capacidades analíticas de calidad de agua.

Durante el mes de julio de 2017 se realizaron calibraciones y pruebas de los kit en los laboratorios del equipo técnico y la capacitación en las escuelas se realizó entre los días 17 y 19 de octubre de 2017. Durante dicha actividad se capacitó en términos teóricos y prácticos a alumnos y la comunidad en evaluación de calidad de agua. Para esto se realizó un programa de formación de capacidades, formando "monitores de calidad de agua". En forma posterior, se entregó a cada establecimiento considerado, 1 mochila de monitoreo de calidad de agua (ver Figura 4-17).

El programa de trabajo desarrollado en cada establecimiento fue el siguiente:

Martes 17 de Octubre de 2017 Calama

Colegio Río Loa
Dirección ; Chacabuco 3780, Calama, Región de Antofagasta
Directora: Teresa Pinasco Yáñez tpinasco@colegiorioloa.cl
Profesora a cargo: Gisella Gatica

8:45- 10:00 Primer bloque: clase teórica (de forma simultánea)ambos octavos (80 alumnos)

RECREO

10:15-11:40 segundo bloque: práctico octavo A

RECREO

12:00-13:20 tercer bloque: práctico octavo B

Folio007439

RECREO

14:00-15: 25 Forjadores ambientales, cuarto y quinto básico

Miércoles 18 de octubre de 2017 Chiu-Chiu

Escuela G-52 San Francisco de Chiu-Chiu
Dirección Calle Escuela 948 Pueblo De Chiu Chiu, DE ANTOFAGASTA, CALAMA.
Profesora a cargo: Edmond Jure De Filippi

Fono de la Escuela 956990526

10:45- 12:15 Primer bloque: clase teórica, 17 alumnos en total

RECREO

12:30 -14:00 segundo bloque: Práctico

Jueves 19 de octubre de 2017 Ollagüe

Escuela San Antonio de Padua
Directora: Nidia Carvajal
Fono de la Escuela 956914011

10:00 – 10:45 Primer bloque: clase teórica, 12 alumnos en total

RECREO

11:00 – 13:00 Clase práctica de análisis de calidad de agua, mediante aplicación uso por parte de los alumnos de kit para monitoreo y análisis.

Figura 4-17: Mochila de monitoreo de calidad de aguas a nivel educacional (Hanna HI3817BP).

Folio007440

La mochila de monitoreo contiene *kits* de determinación de los siguientes parámetros de calidad de agua:

a) Acidez
b) Alcalinidad
c) CO_2
d) Oxígeno disuelto
e) Dureza
f) Nitrato
g) Fosfato
h) pH
i) CE
j) Sólidos totales disueltos
k) Tubidez (disco secchi)

Las ventajas de esta maleta respecto a otros métodos de determinación (tales como un kit multiparámetro) son las siguientes:

Tabla 4.8: Comparación entre las mochilas de monitoreo vs una maleta multiparámetro

Item	Mochila de monitoreo	Maleta multiparámetro
Parámetros a evaluar	11	4 (pH, T°, CE y OD)
Calibración	No requiere	Requiere periódicamente
Consumibles	Bajo precio	Alto precio
Distribución de uso	Más amplia	Escasa

Las especificaciones técnicas de cada medición, son las siguientes:

Folio007441

Respecto a los consumibles de la mochila, el proveedor local es Hanna Instruments (ventas@hannachile.com) y la Tabla 4.9 muestra los valores de reposición de los elementos que requieren reemplazo una vez extinguidos.

Tabla 4.9: Descripción de los principales consumibles de la mochila, y su precio (a junio de 2017). Proveedor: Hanna Instruments

Nº	Código	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio	Total
1	HI 3820-100	Reactivo acidez, titración básica *Stock disponible en 60 días*	C/U	1	48,290	48,290
2	HI 3811-100	Reactivo alcalinidad (100 tests) *Stock disponible inmediatamente, salvo previa venta*	C/U	1	45,140	45,140
3	HI 3818-100	Reactivo dióxido de carbono, met. titrac. bás *Stock disponible inmediatamente, salvo previa venta*	C/U	1	23,990	23,990
4	HI 3810-100	Kit de reactivos oxígeno disuelto (100 tests) *Stock disponible inmediatamente, salvo previa venta*	C/U	1	68,240	68,240
5	HI 3812-100	Reactivo Dureza Total para 100 ensayos *Stock disponible inmediatamente, salvo previa venta*	C/U	1	28,990	28,990
6	HI 3874-100	Reactivo repuesto Nitrato *Stock disponible inmediatamente, salvo previa venta*	C/U	1	31,490	31,490
7	HI 3833-050	Repuesto de Test Kit de Fosfato 50 ensayos *Stock disponible en 60 días*	C/U	1	14,690	14,690
8	HI 70004P	Solucion Buffer 4,01, Pte 25 sachets *Stock disponible en menos de 15 días*	C/U	1	33,590	33,590
9	HI 70007P	Solución Buffer 7,01, Pte 25 sachets *Stock disponible en menos de 15 días*	C/U	1	33,590	33,590
10	HI 70010P	Solucion Buffer 10,01, Pte 25 sachets *Stock disponible de 4 a 5 semanas*	C/U	1	33,590	33,590
11	HI 70031P	Solución conductividad s/ certificado pte 25 *Stock disponible inmediatamente, salvo previa venta*	C/U	1	33,590	33,590
12	HI 70032P	Solucion TDS, pte. 25 sachets *Stock disponible de 4 a 5 semanas*	C/U	1	33,590	33,590

Neto	428,780
I.V.A (19%)	81,468
TOTAL	510,248

Proyección de la medida:

La implementación del proyecto permitiría eventualmente escalar este modelo a otras comunidades dentro del ADI Alto El Loa e incluso otras zonas que enfrentan los mismos desafíos (Figura 4-18).

Folio007442

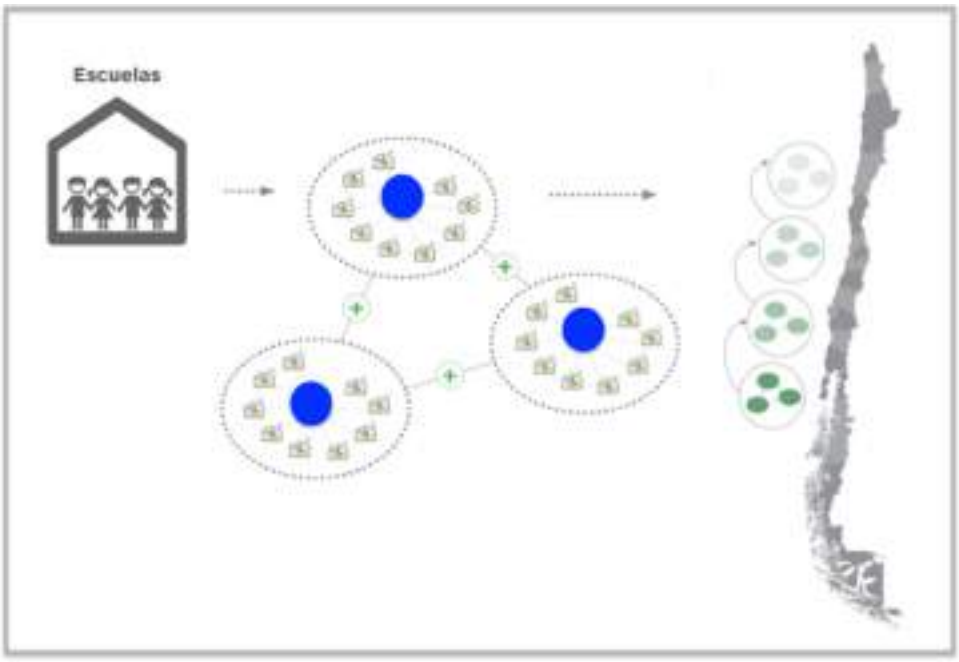


Figura 4-18: Escalamiento potencial de los resultados del proyecto.

Periodo de implementación de la medida

La medida, a nivel piloto, se diseño y evaluó en los laboratorios del equipo técnico en el mes de julio de 2017 y se implementó en las escuelas en octubre de 2017.

Folio007443

Figura 4-19: Alumnos de la Escuela G-52 San Francisco de Chiu-Chiu, durante la capacitación en monitoreo de la calidad del agua. Octubre de 2017.

Folio007444

Figura 4-20: Alumnos de la Escuela G-52 San Francisco de Chiu-Chiu, después de la capacitación en monitoreo de la calidad del agua. Octubre de 2017.

Folio007445

Figura 4-21: Alumnos del colegio Río Loa, de Calama, después de la capacitación en calidad de agua. Octubre de 2017.

Folio007446

Figura 4-22: Vista de la capacitación en monitoreo de la calidad del agua en el colegio Río Loa, Calama. Octubre de 2017.

Folio007447

Figura 4-23: SEREMI de Medio Ambiente de Antofagasta, dirigiéndose a los alumnos del colegio Río Loa, en Calama, en el marco de la capacitación en monitoreo de la calidad del agua. Octubre de 2017.

Folio007448

Figura 4-24: Grupo de alumnos de la Escuela San Antonio de Padua, en Ollagüe, después de la capacitación en monitoreo de la calidad del agua. Octubre de 2017.

Folio007449

Figura 4-25: Capacitación en monitoreo de la calidad del agua a alumnos de la Escuela San Antonio de Padua, en Ollagüe, Octubre de 2017.

4.2.5 Medida 5: Nivelación de conocimientos en la comunidad mediante la elaboración de documentación técnica – científica, específica del territorio.

Como se indicó, dentro de las medidas de adaptación al cambio climático, las más importantes son aquellas asociadas a la mantención y/o desarrollo de los servicios ecosistémicos que el territorio, y en forma especial los humedales del mismo, le ofrecen a las comunidades locales. Se entiende que en la medida que las presiones aumentan o el cambio climático genera cambios en las condiciones del lugar, ciertos servicios ecosistémicos se verán afectados, por lo tanto una forma de adaptación a estos cambios es encontrar o definir nuevos bienes y servicios ecosistémicos con la comunidad, que les permita adaptarse a un ambiente en continuo cambio. La base de esto es que el conocimiento existente sobre el territorio esté disponible y sea conocida por la comunidad, de forma tal de que exista un adecuado equilibrio cuando se discutan temas asociados al territorio.

Folio007450

Objetivo de la medida:

Disponibilizar información científica y técnica a la comunidad. Mediante el desarrollo de un libro orientado al turismo y una guía de conservación y seguimiento de ecosistemas microbianos extremófilos.

Alcance de la medida

Esta medida fue implementada para ser distribuida en todas aquellas comunidades que estén en el área de influencia del estudio (ADI Atacama La Grande y Alto El Loa), asociada a servicios ecosistémicos en salares (de recreación, salud y científica o de investigación).

Periodo de implementación de la medida

La medida fue implementada al final del proyecto, con la generación de 2 documentos técnicos que puedan ser utilizados de referencia.

Actores involucrados

Comunidades, científicos, operadores turísticos y otros actores asociados al territorio donde existan salares y ecosistemas microbianos extremófilos. .

Metodología y resultados

Se elaboraron las siguientes publicaciones, bajo las normas gráficas del MMA:

Libro turismo:

“Extremófilos y Origen de la Vida en Atacama”.

La elaboración de este libro estuvo dirigido por la Dra. Maria Eugenia Farias, especialista con reconociento a nivel mundial en esta materia. En cual tiene como principales contenidos: i) descripción del origen de la vida y el rol de los organismos extremófilos; ii) procesos biogeoquímicos asociados a las comunidades extremófilos; iii) catastro de comunidades de extremófilos en la Región de Antofagasta y iv) amenazas y medidas de conservación de las comunidades extremófilas. Este libro fue entregado en master a la SEREMI de Medio Ambiente para su impresión futura y se encuentra en el Anexo G.

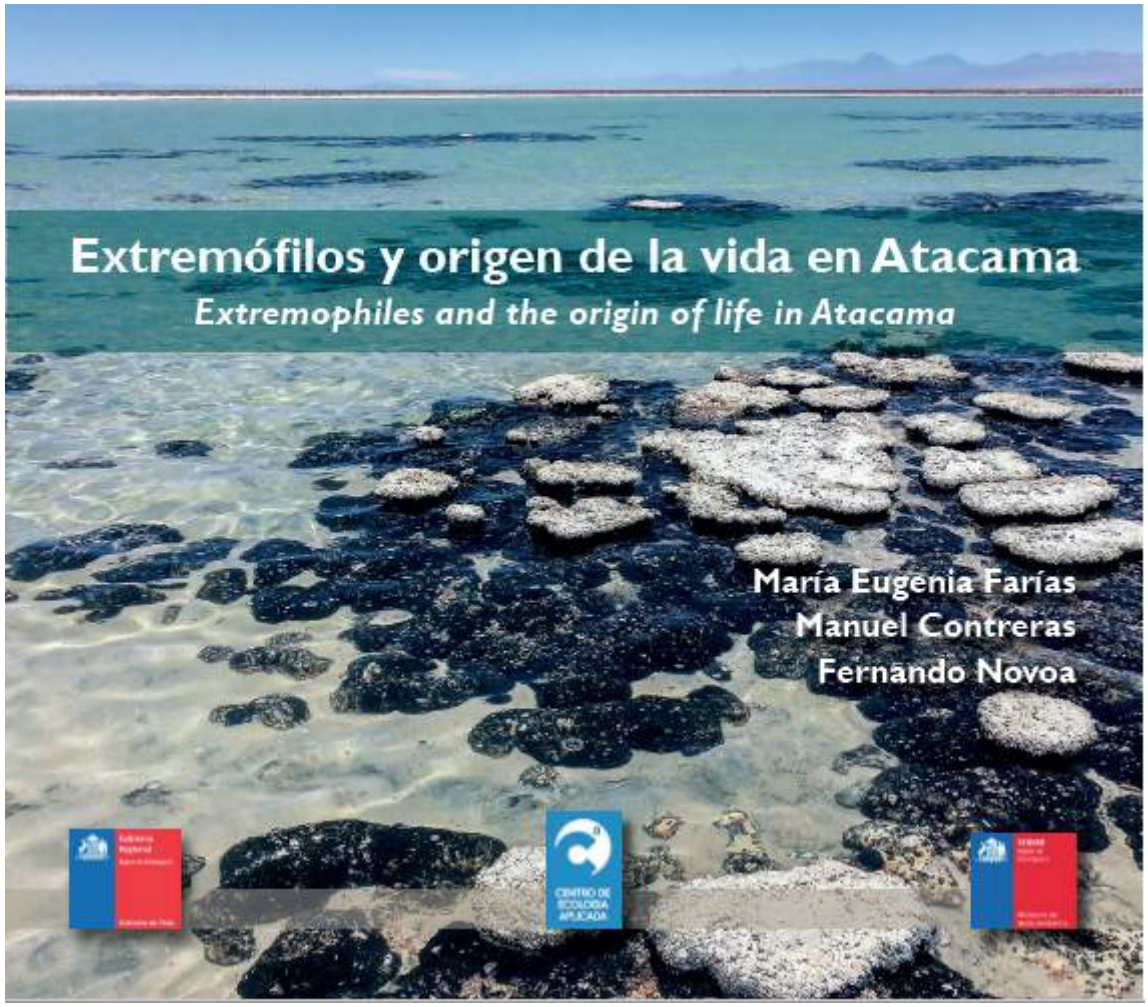


Figura 4-26: Portada libro de turismo, "Extremófilos y Origen de la Vida en Atacama", desarrollado en el ámbito de las medidas de adaptación al Cambio Climático.

Guía técnica:

"Guía para la Conservación y Seguimiento de Ecosistemas Microbianos Extremófilos: Tapetes Microbianos, Microbialitos y Endoevaporitas". Esta guía fue desarrollada por el Dr. Manuel Contreras Leiva y la Dra. Maria Eugenia Farias. En cual tiene como principales contenidos: i) descripcion general de las comunidades extremófilas; ii) aspectos funcionales; iii) Clasificación de los ecosistemas extremófilos; iv) presiones y vulnerabilidad; v) descripción de línea de base y vi) Plan de seguimiento ambiental. Este libro fue entregado en master a la SEREMI de Medio Ambiente para su impresión futura y se encuentra en el Anexo G..

Figura 4-27: Portada de Guía Técnica para la conservación y seguimiento de ecosistemas microbianos extremófilos, desarrollado en el ámbito de este estudio.

4.2.6 Aplicación de las medidas

Las medidas antes indicadas fueron aplicadas a las comunidades/humedales anteriormente priorizados, con la excepción de dos de ellos, Chiu-Chiu y Calama, en los cuales, pese a no ser priorizados, se aplicó la medida 4. Esto implica que aproximadamente el 88% de los humedales priorizados, se les aplicó una o más de las medidas de adaptación al cambio climático implementadas.

Folio007453

Tabla 4.10: Aplicación de las medidas a humedales/comunidades de las ADI Alto EL Loa y Atacama La Grande, y priorización.

Localidad	Humedal/Sector	Priorización	Medida de Adaptación				
			Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5
-	Salar de Carcote	Si		x			x
-	Salar de Aguas Calientes I	Si		x			x
-	Vega Tocorpuri	Si		x			x
-	Calama	No				x	x
Chiuchiu	Inca Coya	Si	x			x[i]	x
	Alvarado	Si	x				x
Lasana	Lasana	Si	x				x
Cebollar Ascotan	Cebollar viejo	Si	x				x
Ollagüe	Vega Chela	Si	x			x[ii]	x
	Puquío	Si	x				
	Quebrada del Inca	Si	x				
Cupo	Cupo	Si	x				x
Ayquina	Ayquina	Si	x				x
Talabre	Catarape	Si	x				x
	Saltar	Si	x				x
Machuca	Machuca	Si	x				x
Peine	Tilopozo	Si	x				x
Camar	Allana	Si	x				x
Coyo	Tebenquiche	Si	x		x		x

[i] Esto aplica para el colegio de Chiuchiu
[ii] Esto aplica para la Escuela de Ollagüe

Folio007454

INFORME CON LA CARTERA DE PROYECTOS

Folio007455

5 CARTERA DE PROYECTOS

5.1 Resumen Ejecutivo

La cartera de proyectos presentada se focaliza en contribuir en la solución de dos de las principales causas del problema central que presentan los humedales alto andinos de la región de Antofagasta. En resumen, las causas de “Carencia de gestión efectiva del territorio y uso sustentable de los humedales altoandinos” y “Uso no sustentable de los humedales altoandinos” son abordadas por el Programa elaborado y que se presenta en los anexos del informe general. Dichas causas se traducen en una disminución y pérdida de la biodiversidad de los humedales alto andinos y en una amenaza para el desarrollo de la industria minera y agrícola, así como para el turismo, donde un actor relevante lo constituyen las comunidades de la zona. De esta forma, se genera finalmente una “disminución y amenaza a la sustentabilidad socioeconómica y cultural de la región”, el cual corresponde al efecto principal a resolver. Para apoyar la resolución de estas causas, que dan origen al problema central de **“**Deterioro de los humedales alto andinos de la región de Antofagasta”, se elaboró un Programa para ser presentado al Sistema Nacional de Inversiones o al Gobierno Regional de Antofagasta (Glosa 33), denominado “Desarrollo de Plataforma de Generación y Transferencia de Información Ambiental de los Humedales Alto Andinos de la Región de Antofagasta”, que tendrá una duración de 5 años, renovables de acuerdo a los resultados de una evaluación de impacto. El Programa elaborado tiene como fin que las comunidades y organizaciones altoandinas hagan un uso sustentable de los humedales permitiendo disminuir el deterioro de estos ecosistemas, asegurando la sustentabilidad socioeconómica del territorio y, como propósito, el instalar capacidades, infraestructura y tecnología en comunidades y organizaciones altoandinas, que generen condiciones habilitadoras para que éstas hagan un uso sustentable de los humedales del territorio. La estrategia de intervención del Programa es en dos frentes; por un lado en la generación de información base sobre el estado permanente de los humedales de la región. Para ello se instalará una red de observatorios ambientales que permitan recoger datos que serán procesados para ser utilizados como insumo base para la toma de decisiones, tanto por entidades públicas como privadas. Por otro lado, el segundo foco será el entrenamiento y educación ambiental, lo que permitirá a los involucrados del proyecto administrar e interpretar la información generada, apropiar a la población con la conservación de los humedales altoandinos y dejar instalados en el territorio recursos básicos para que los involucrados puedan hacer un uso sustentable de los humedales. El Programa presentado involucra 3 componentes principales que abordan las temáticas referidas en la estrategia de intervención.

5.2 Justificación

La problemática del cambio climático y el efecto del mismo sobre las comunidades locales es de múltiples orígenes y de efectos también diversos. Dada su naturaleza, en sus causas y efectos, puede ser considerado un problema de carácter público y sus soluciones, bienes públicos, dado que por definición, un bien público es aquel que no es negociable en ningún mercado. De la misma forma, un bien público aborda y corrige una falla de mercado, por lo que justifica la acción y recursos del Estado en su solución.

Normalmente, para resolver un problema la estrategia es establecer sus causas, a nivel basal. Por lo general, los problemas complejos tienen causas diversas y múltiples. Cuando las causas de un problema se resuelven, normalmente sus efectos se anulan y el

Folio007456

problema tiende a solucionarse. Normalmente, los proyectos abarcan una o dos causas y quedan más causas sin resolver, las cuales necesitan ser abordadas por proyectos o iniciativas distintas. Dado esto, el sentido de una cartera de proyectos es dejar priorizadas iniciativas de inversión futura, que aborden las causas basales asociadas a un problema definido.Estas iniciativas de inversión pueden ser presentadas al Sistema Nacional de Inversiones (SNI) en forma anticipada, de forma tal de garantizar la eficiencia y eficacia en el uso de los recursos públicos de inversión. De la misma forma, aquellas iniciativas de la cartera de proyectos que no se presenten al SNI, pueden ser presentadas a fuentes de financiamiento alternativas, como fondos públicos para financiar proyectos de bienes públicos.

5.3 Descripción del problema

Los humedales alto andinos de Antofagasta se encuentran dentro de los ecosistemas más susceptibles y vulnerables a los efectos del cambio climático. La razón de la vulnerabilidad o las causas del problema de deterioro de los ecosistemas, es un conjunto de características propias de estos sistemas, como son la variabilidad climática acentuada por los procesos de cambio climático, su tamaño, la dependencia de una única fuente de agua, en este caso subsuperficial, la existencia de presiones de uso antrópicas del recurso hídrico, el aumento de los usos de la tierra y la falta de capacidades locales de adaptación a estos cambios, lo que puede conducir a un deterioro más acelerado del ecosistema. Estas causas, en forma conjunta o individual, producen efectos singulares o acumulativos, entre ellos la salinización y desertificación de suelos, pérdida de cobertura vegetal, el aumento de la salinidad del agua superficial, la disminución de la recarga de los acuíferos, la pérdida de biodiversidad, la limitación a los servicios ecosistémicos que prestan los humedales y finalmente, el deterioro de la calidad de vida de las comunidades locales, la migración y el abandono del territorio.

Una de las soluciones del problema es realizar acciones que permitan la adaptación de las comunidades locales a estos cambios, a través de la valoración del territorio, la formación de capacidades a través de la capacitación, la búsqueda conjunta de nuevos o renovados servicios ecosistémicos y el conocimiento de los componentes de cada ecosistema con los cuales interactúan. Esa línea de solución es abordada por el proyecto actual, aunque no completamente.

5.4 Soluciones y proyectos asociados

Las soluciones siguientes, por lo tanto, deben estar relacionadas con causas que, priorizadamente, permitan en forma eficiente, reducir o eliminar el problema detectado. En este sentido, las causas que deberían ser abordadas en forma prioritaria son las que se muestran en la siguiente Tabla 5-1.

Folio007457

Tabla 5-1: Causas, efectos e iniciativas o proyectos que conducen a reducir o minimizar el problema de deterioro de los ecosistemas altoandinos.

Causa	Efecto(s)	Iniciativa/Proyecto
Falta de conocimientos e información de la variabilidad climática y de los patrones locales del clima	Poca previsión en el uso de los recursos naturales. Sobreuso de los recursos naturales Deterioro de los ecosistemas	a) Elaboración de un programa de caracterización y monitoreo integrado de humedales altoandinos, mediante una red de estaciones de monitoreo ambiental.
Falta de conocimientos e información de la variabilidad climática y de los patrones locales del clima	Deterioro del recurso suelo por erosión hídrica y eólica. Generación de eventos catastróficos como avalanchas y otros.	b) Desarrollo de un programa de diseño y construcción de elementos de restauración ecológica, que permitan el control y adaptación a eventos catastróficos
Falta de conocimientos en las comunidades locales del territorio y sus procesos ambientales	Abandono del territorio Mal uso de los recursos ambientales. Escasa diversificación de servicios ecosistémicos. Poca valoración del territorio	c) Desarrollo de un programa de capacitación con contenidos pertinentes al territorio.

5.5 Programa

A continuación se presenta el desarrollo de la cartera de proyecto, en base a la formulación, para su presentación al SNI o al GORE Regional, de un Programa.

5.5.1 Causas y Efectos del problema a resolver

La cartera de proyectos que se presenta se hace cargo de aportar a resolver las causas de falta de conocimientos e información de la variabilidad climática y de los patrones locales del clima, como a su vez de la falta de conocimientos en las comunidades locales del territorio y sus procesos ambientales. En resumen, las causas de "**Carencia de gestión efectiva del territorio" y "Uso no sustentable de los humedales altoandinos"** son abordadas por el Programa elaborado. Dichas causas se traducen en una disminución y pérdida de la biodiversidad de los humedales alto andinos y en una amenaza para el desarrollo de la industria minera y agrícola, así como para el turismo, donde un actor relevante lo constituyen las comunidades de la zona. De esta forma, se genera finalmente una "**disminución y amenaza a la sustentabilidad socioeconómica y cultural de la región"**, el cual corresponde al efecto principal a resolver.

5.5.2 Estrategia para contribuir a resolver el problema central

Para apoyar la resolución de estas causas, que dan origen al problema central de **"Deterioro de los humedales alto andinos de la región de Antofagasta",** se elaboró un Programa para ser presentado al Sistema Nacional de Inversiones o al Gobierno Regional de Antofagasta (Glosa 33), denominado "Desarrollo de Plataforma de

Folio007458

Generación y Transferencia de Información Ambiental de los Humedales Alto Andinos de la Región de Antofagasta", que tendrá una duración de 5 años, renovables de acuerdo a los resultados de una evaluación de impacto.

Se debe indicar que este problema ha sido incorporado como factor clave de las políticas públicas medioambientales a nivel internacional, nacional y regional.

5.5.3 Arbol de Problema

El árbol de problema asociado a los humedales alto andinos de la región de Antofagasta se presenta en la Figura 5-1.

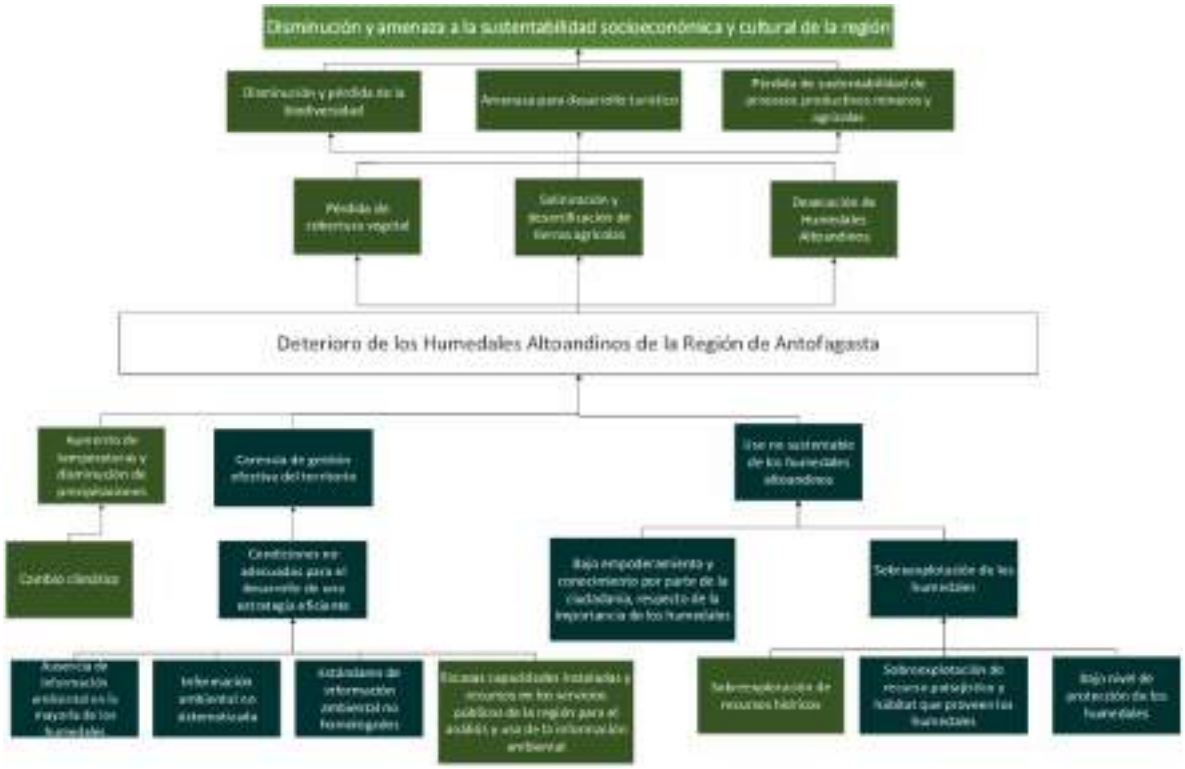


Figura 5-1: Arbol de problema de humedales alto andinos de la región de Antofagasta.

5.5.4 Objetivos del Programa

El Programa presentado como resultado de la cartera de proyectos tiene los siguientes objetivos:

Fin
Las comnidades y organizaciones altoandinas hacen uso sustentable de los humedales permitiendo disminuir el deterioro de estos ecosistemas, asegurando la sustentabilidad socioeconómica del territorio.

Folio007459

Propósito
Instalar capacidades, infraestructura y tecnología en comunidades y organizaciones altoandinas, que generen condiciones habilitadoras para que éstas hagan un uso sustentable de los humedales del territorio.

5.5.5 Estrategia de Intervención

La estrategia de intervención fue desarrollada en base al problema identificado. el programa realizará intervención en dos focos. Por una parte, en la generación de información base sobre el estado permanente de los humedales de la región. Para ello se instalará una red de observatorios ambientales que permitan recoger datos que serán procesados para ser utilizados como insumo base para la toma de decisiones, tanto por entidades públicas como privadas. El segundo foco, será el entrenamiento y educación ambiental, que permitirá a los involucrados del proyecto administrar e interpretar la información generada, apropiar a la población con la conservación de los humedales altoandinos y dejar instalados en el territorio recursos básicos para que los involucrados puedan hacer un uso sustentable de los humedales.

5.5.6 Componentes

El Programa consta de tres (3) componentes principales, los que se explican a continuación:

5.5.6.1 Componente 1

Nombre: Gestión efectiva del territorio y uso sustentable de los humedales altoandinos.

Descripción: Una de las principales brechas al momento de desarrollar políticas públicas y acciones específicas en pro de la conservación de los humedales ha sido la inexistencia de información homologada y sistematizada que permita establecer de forma objetiva y cuantificada el estado de amenaza y vulnerabilidad de éstos. Con este componente se realizará la instalación de 30 **observatorios de caracterización y monitoreo ambiental**, que se sumarán a los 3 instalados previamente a través del estudio “Análisis de adaptación al cambio climático en humedales andinos”. Estos observatorios permitirán el monitoreo permanente y en tiempo real de distintas variables críticas para la determinación del estado de conservación y amenaza de los humedales, tales como, nivel del agua subterránea; variables atmosféricas; conductividad y temperatura, y otros parámetros de calidad de aguas en los cursos de agua superficial; y monitoreo de ecosistemas de lagunas o salares.

Para la sistematización, procesamiento de datos y entrega de información, se desarrollará una plataforma en línea cuyo acceso será **público y permanente**. De esta forma, y en base a la información sobre el estado de cada humedal, se podrán definir **líneas de acción** que disminuyan las potenciales amenazas.
Para la operación de la red de observatorios, se implementará un **modelo participativo** con las comunidades del territorio, de modo que éstas sean parte activa del proceso de captura de datos. Para ello, serán previamente capacitadas y entrenadas, de modo de instalar las competencias necesarias para el monitoreo e interpretación de la información, y se generarán guías técnicas como material de apoyo.

Folio007460

Es importante señalar que una vez finalizado el programa, la Seremi del Medio Ambiente se hará cargo de su operación y mantención, poniendo a disposición los recursos humanos y financieros requeridos para ello.

5.5.6.2 Componente 2.

Nombre: Fortalecimiento de la educación ambiental del territorio.

Descripción: Para la conservación de los humedales altoandinos se requiere un cambio en los hábitos y paradigmas de la comunidad en general. Para facilitar este proceso, se propone que dicho cambio se inicie en niños en etapa escolar ya que son más receptivos a incorporar estos cambios en su vida diaria, irradiando lo aprendido a sus respectivas familias. Con este componente, por tanto, se capacitará a escolares de establecimientos certificados por el MMA. La capacitación será de carácter teórico – práctico y consistirá en un ciclo de talleres en los establecimientos, y con metodología acorde al rango etario de este segmento de beneficiarios. Para apoyar estas actividades, se elaborará material de apoyo, como guías educativas.

Por otra parte, y para sensibilizar al resto de la comunidad, se desarrollará un ciclo de capacitaciones a comunidades, operadores turísticos y Comités APR. En cada caso, las temáticas de cada capacitación se definirán de forma tal, que sean atingentes a las actividades que realiza cada sector.

5.5.6.3 Componente 3.

Nombre: Conservación, protección y uso sustentable de los humedales altoandinos.

Descripción del componente: Una de las causas del problema identificado, corresponde a la sobreexplotación de los humedales dada en su base por la sobreexplotación del recurso paisajístico y hábitat y el bajo nivel de protección de los humedales. Ambas causales serán abordados por este componente. Así, un primer foco será instalar en el territorio los recursos y capacidades base para disminuir y prevenir la sobre explotación del recurso paisajístico, intervención que se desarrollará mediante capacitaciones a operadores turísticos y comunidades que desarrollan actividades turísticas, instalación de infraestructura menor y generación de planes de desarrollo turístico sustentable.

El segundo foco, será incrementar el nivel de protección de los humedales altoandinos, para lo cual se realizarán actividades de intervención in situ para la protección efectiva de éstos, como cierre de caminos y accesos, senderos, señalética y otros; además de generar planes de manejo para áreas de relevancia ambiental y confeccionar guías técnicas para la evaluación de impactos ambientales en humedales.

Complementariamente, se desarrollará una evaluación de impacto del programa, instrumento que contribuirá a la toma de decisiones y a la rendición de cuentas, es decir, aportará información para actores públicos y privados, y además para los ciudadanos sobre la efectividad del programa. Se medirá así los efectos del programa en la población beneficiaria y el territorio y conocer si dichos efectos son atribuibles a su intervención. Asimismo, se determinará qué habría pasado con los beneficiarios y el territorio si el programa no hubiera existido. Esta actividad será subcontratada y se ejecutará los años 3 y 5 del programa.
El Programa, con todos sus componentes (Programa propiamente tal, carta Gantt, presupuesto y figuras), se presenta en el **anexo H** de este informe.

Folio007461

INFORME CON LA PROPUESTA DEL PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA, DIFUSION Y SENSIBILIZACION

Folio007462

6 PROPUESTA DEL PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA, DIFUSION Y SENSIBILIZACION

6.1 Resumen Ejecutivo Propuesta de Programa de Participación

La propuesta del Programa de Participación tuvo como propósito promover la participación de las organizaciones civiles, académicas, de gobierno y sector privado en las actividades del proyecto. Las actividades que se desarrollaron consistieron en construir un catastro de actores que logró agrupar 73 diferentes organizaciones, de las cuales 38 (52,1%) correspondieron a Comunidades; 25 de Organismos de Interés Público (34,2%) y 10 (13,7%) de Organizaciones Privadas. Debido a que el foco de atención del estudio y uno de sus indicadores de éxito es lograr tener impactos en la identificación e implementación de nuevos servicios ecosistémicos que permitan la adaptación de las comunidades al cambio climático, la estrategia de participación involucró la sensibilización del estudio con las comunidades locales, su difusión y el desarrollo de educación ambiental hacia la comunidad global de la región de Antofagasta. Se seleccionaron comunidades representativas de las dos ADI de la región, que estuvieran en un radio de 10 km alrededor de los sistemas (vegetacionales y/o cuerpos de agua) que presentaran una condición estable desde el punto de vista de las forzantes ambientales y su estado actual. Esas comunidades (12) fueron visitadas en forma específica, y se caracterizaron.

6.1.1 Propuesta del Programa de Participación

El proceso de participación de organizaciones civiles, organismos de Administración del Estado y el sector privado, se ha convertido en una componente fundamental para el desarrollo de proyectos de interés público, debido no sólo a su rol como entidades beneficiarias u organismos técnicos, sino también como actores co-responsables del desarrollo sustentable de sus territorios. A su vez, la inclusión de la ciudadanía, toma mayor trascendencia cuando corresponde a comunidades indígenas locales debido a que el año 2008, Chile ratificó el Convenio N° 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes.

Respecto al área de estudio del presente informe, ella corresponde al sector precordillerano y cordillerano de las comunas de Antofagasta, Calama, Ollagüe y San Pedro de Atacama, considerando como objeto principal los Humedales Altoandinos (vegas, bofedales, salares, lagunas, y riberas) ubicados por sobre los 2.000 m.s.n.m. Por lo tanto, el Programa está orientado al medio humano vinculado a estos ecosistemas, a organismos públicos, Universidades y ONGs con funciones en el territorio, además de empresas de la industria minera cuya área de influencia comprenda los humedales andinos.

6.1.2 Objetivos del programa de participación comunitaria

<u>Objetivo general</u>

El Programa de participación comunitaria tiene como propósito promover, de manera permanente, la vinculación entre las organizaciones civiles, académicas,

Folio007463

gubernamentales y privadas, facilitando el acceso a la información y participación en el estudio "Análisis de Adaptación al Cambio Climático en Humedales Andinos".

Objetivos específicos

- Construcción participativa de los planes piloto de adaptación al cambio climático entre las comunidades indígenas y organismos de administración del Estado.
- Sensibilizar a la comunidad e instalar capacidades a nivel local respecto a la protección de los humedales andinos frente al cambio climático.
- Proporcionar de manera permanente información a la ciudadanía y posicionar el estudio en medios escritos de la región de Antofagasta.

6.1.3 Catastro de actores claves

La ejecución de un proyecto de interés público, requiere identificar todas las partes interesadas en su desarrollo, conocer su percepción, los factores críticos del estudio, y las condiciones culturales e históricas de la comunidad circundante. Por ello, se realizó un catastro de los actores claves de la zona, correspondiente a organizaciones sociales (principalmente comunidades) y otros actores con competencia e influencia en el área de estudio. Ellos fueron agrupados en tres sectores principales, los que corresponden a: Comunidad, Organismo de Interés Público y Organización Privada. A continuación, se entregan mayores detalles sobre cada sector considerado y del catastro realizado para ellos.

6.1.3.1 Comunidad

En la identificación de actores relevantes se utilizaron criterios de representatividad (comunidades y comités ambientales) y localización geográfica (vinculación cultural y/o económica a través de actividades agropecuarias y turísticas). Los resultados obtenidos del catastro se entregan en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1. Resultados del catastro de las diferentes comunas involucradas en el estudio.

Comuna de Antofagasta	Comuna de Calama	Comuna de Ollagüe	Comuna de San Pedro de Atacama
Población: 296.905 Habitantes* Organizaciones catastradas: 0	Población: 138.402 Habitantes* Organizaciones catastradas: 14	Población: 318 Habitantes* Organizaciones catastradas: 2	Población: 4.800 Habitantes* Organizaciones catastradas: 20
La población de esta comuna es mayoritariamente urbana, no habiendo asentamientos humanos cercanos a los humedales andinos.	La comuna posee diversas localidades rurales que utilizan los recursos hídricos provenientes de la zona cordillerana, como Caspana, Conchi Viejo, Lasana, Ayquina, Turi, Cupo, Toconce	La población de esta comuna habita las localidades de Cebollar, Ascotán y Ollagüe, las que junto a las comunidades de la comuna de Calama conforman el Área de Desarrollo	Los habitantes de esta comuna son principalmente atacameños, y se encuentran distribuidos entre las localidades de Camar, Peine, Socaire, Machuca, Toconao, Río

Folio007464

Comuna de Antofagasta	Comuna de Calama	Comuna de Ollagüe	Comuna de San Pedro de Atacama
	y San Francisco de Chiu Chiu. Estas comunidades, mayoritariamente	Indígena (ADI) Alto El Loa.**	Grande, Talabre y Ayllus de San Pedro de Atacama, las que constituyen el Área de Desarrollo Indígena (ADI) Atacama La Grande.**

*** Censo 2002, Instituto Nacional de Estadísticas, Gobierno de Chile.**

** CONADI, Ministerio de Desarrollo Social, Gobierno de Chile.

6.1.3.2 Organismos de interés público

Con el objetivo de obtener sugerencias técnicas respecto a la viabilidad de las propuestas piloto del estudio, y visualizar nuevas alternativas y oportunidades de desarrollo de adaptación al cambio climático, se invitó a participar a todos los organismos mostrados en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2. Organismos de interés público, considerados en el Programa de Participación del estudio, según pertenencia al Estado.

De administración del Estado		No Gubernamentales	
1	Gobierno Regional de Antofagasta	1	Universidad Católica del Norte
2	I. Municipalidad de Antofagasta	2	Universidad de Antofagasta
3	I. Municipalidad de Calama	3	CULTAM Estudios Culturales y Ambientales
4	I. Municipalidad de Ollagüe	4	Asociación de Guías de Turismo San Pedro de Atacama (ATUSPA)
5	I. Municipalidad de San Pedro de Atacama	5	Agrupación Turística y Medio Ambiental San Pedro de Atacama (ATYMA)
6	SEREMI de Agricultura		
7	SEREMI de Bienes Nacionales		
8	SEREMI de Minería		
9	SEREMI de Obras Públicas		
10	CONADI Región de Antofagasta		
11	CONAF Región de Antofagasta		
12	DGA Región de Antofagasta		
13	DOH Región de Antofagasta		
14	SAG Región de Antofagasta		
15	SEA Región de Antofagasta		
16	SERNATUR Región de Antofagasta		

Folio007465

6.1.3.3 Organizaciones privadas

El sector privado está representado por la industria de extracción minera, particularmente por compañías mineras que operan en las cuatro comunas, cuyas actividades tienen influencia directa o indirecta sobre los sitios priorizados en el estudio. Las organizaciones consideradas en la participación del estudio, se muestran en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3. Organizaciones privadas del Sector Minero, consideradas en el Programa de Participación del estudio.

Organizaciones Privadas del Sector Minero			
1	Compañía Minera Zaldívar	6	Minera Escondida Ltda.
2	CODELCO División Chuquicamata	7	Quiborax S.A.
3	CODELCO División Gabriela Mistral	8	Rockwood Litio Ltda.
4	CODELCO División Ministro Hales	9	SCM El Abra
5	CODELCO División Radomiro Tomic	10	SQM Salar S.A.

6.1.3.4 Resumen del catastro

El grupo completo de actores considerados dentro del Programa de Participación del estudio, es entregado en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4. Resumen de actores claves identificados en la región, en el marco del Programa de participación del estudio.

N°	Sector	Organización	Comuna
1	Comunidad	Asociación Agrícola Ganadera Cultural y Social Valle del Sol Yalquincha	Calama
2	Comunidad	Asociación Coordinadora Indígena El Loa	Calama
3	Comunidad	Asociación Indígena Atacameña Likan-Tatay	Calama
4	Comunidad	Asociación Indígena Consejo de Pueblos Originarios del Alto El Loa	Calama
5	Comunidad	Asociación Indígena de Regantes y Agricultores Lay Lay	Calama
6	Comunidad	Comité Ambiental Comunal Calama (SCAM)	Calama
7	Comunidad	Comunidad Atacameña Ayquina-Turi	Calama
8	Comunidad	Comunidad Atacameña de Caspana	Calama
9	Comunidad	Comunidad Atacameña de Cupo	Calama
10	Comunidad	Comunidad Atacameña de Lasana	Calama
11	Comunidad	Comunidad Atacameña de Taira	Calama
12	Comunidad	Comunidad Atacameña San Francisco de Chiu-Chiu	Calama
13	Comunidad	Comunidad Atacameña Toconce	Calama

Folio007466

N°	Sector	Organización	Comuna
14	Comunidad	Comunidad Indígena de la Banda	Calama
15	Comunidad	Asociación de Mujeres Indígenas de Calama	Calama
16	Comunidad	Asociación Indígena Quechua Cebollar-Ascotán	Ollagüe
17	Comunidad	Comunidad Quechua de Estación San Pedro	Calama
18	Comunidad	Comunidad Quechua de Ollagüe	Ollagüe
19	Comunidad	Asociación Atacameña de Regantes y Agricultores San Pedro de Atacama	San Pedro de Atacama
20	Comunidad	Asociación Indígena Consejo de Pueblos Atacameños San Pedro de Atacama	San Pedro de Atacama
21	Comunidad	Comité Ambiental Comunal San Pedro de Atacama (SCAM)	San Pedro de Atacama
22	Comunidad	Comunidad Atacameña de Camar	San Pedro de Atacama
23	Comunidad	Comunidad Atacameña de Catarpe	San Pedro de Atacama
24	Comunidad	Comunidad Atacameña de Coyo	San Pedro de Atacama
25	Comunidad	Comunidad Atacameña de Cucuter	San Pedro de Atacama
26	Comunidad	Comunidad Atacameña de Larache	San Pedro de Atacama
27	Comunidad	Comunidad Atacameña de Machuca	San Pedro de Atacama
28	Comunidad	Comunidad Atacameña de Peine	San Pedro de Atacama
29	Comunidad	Comunidad Atacameña de Quitor	San Pedro de Atacama
30	Comunidad	Comunidad Atacameña de Río Grande	San Pedro de Atacama
31	Comunidad	Comunidad Atacameña de San Pedro de Atacama	San Pedro de Atacama
32	Comunidad	Comunidad Atacameña de Sequitor-Checar	San Pedro de Atacama
33	Comunidad	Comunidad Atacameña de Socaire	San Pedro de Atacama
34	Comunidad	Comunidad Atacameña de Solcor	San Pedro de Atacama
35	Comunidad	Comunidad Atacameña de Solor	San Pedro de Atacama
36	Comunidad	Comunidad Atacameña de Talabre	San Pedro de Atacama
37	Comunidad	Comunidad Atacameña de Toconao	San Pedro de Atacama

Folio007467

N°	Sector	Organización	Comuna
38	Comunidad	Comunidad Atacameña de Yaye	San Pedro de Atacama
39	Organismos de Interés Público	CONADI Región de Antofagasta	Antofagasta
40	Organismos de Interés Público	CONAF Región de Antofagasta	Antofagasta
41	Organismos de Interés Público	CULTAM Estudios Culturales y Ambientales	Antofagasta
42	Organismos de Interés Público	DGA Región de Antofagasta	Antofagasta
43	Organismos de Interés Público	DOH Región de Antofagasta	Antofagasta
44	Organismos de Interés Público	Gobierno Regional de Antofagasta	Antofagasta
45	Organismos de Interés Público	Honorable Concejo Municipal de Antofagasta	Antofagasta
46	Organismos de Interés Público	I. Municipalidad de Antofagasta	Antofagasta
47	Organismos de Interés Público	SAG Región de Antofagasta	Antofagasta
48	Organismos de Interés Público	SEA Región de Antofagasta	Antofagasta
49	Organismos de Interés Público	SEREMI de Agricultura	Antofagasta
50	Organismos de Interés Público	SEREMI de Bienes Nacionales	Antofagasta
51	Organismos de Interés Público	SEREMI de Minería	Antofagasta
52	Organismos de Interés Público	SEREMI de Obras Públicas	Antofagasta
53	Organismos de Interés Público	SERNATUR Región de Antofagasta	Antofagasta
54	Organismos de Interés Público	Universidad Católica del Norte	Antofagasta
55	Organismos de Interés Público	Universidad de Antofagasta	Antofagasta
56	Organismos de Interés Público	Honorable Concejo Municipal de Calama	Calama
57	Organismos de Interés Público	I. Municipalidad de Calama	Calama
58	Organismos de Interés Público	Honorable Concejo Municipal de Ollagüe	Ollagüe
59	Organismos de Interés Público	I. Municipalidad de Ollagüe	Ollagüe
60	Organismos de Interés Público	Agrupación Turística y Medio Ambiental SPA (ATYMA)	San Pedro de Atacama
61	Organismos de Interés Público	Asociación de Guías de Turismo San Pedro de Atacama (ATUSPA)	San Pedro de Atacama

Folio007468

N°	Sector	Organización	Comuna
62	Organismos de Interés Público	Honorable Concejo Municipal de San Pedro de Atacama	San Pedro de Atacama
63	Organismos de Interés Público	I. Municipalidad de San Pedro de Atacama	San Pedro de Atacama
64	Organizaciones Privadas	Cía. Minera Zaldívar	Antofagasta
65	Organizaciones Privadas	Minera Escondida Ltda.	Antofagasta
66	Organizaciones Privadas	CODELCO División Chuquicamata	Calama
67	Organizaciones Privadas	CODELCO División Ministro Hales	Calama
68	Organizaciones Privadas	CODELCO División Radomiro Tomic	Calama
69	Organizaciones Privadas	SCM El Abra	Calama
70	Organizaciones Privadas	Quiborax S.A.	Ollagüe
71	Organizaciones Privadas	Rockwood Litio Ltda.	San Pedro de Atacama
72	Organizaciones Privadas	SQM Salar S.A.	San Pedro de Atacama
73	Organizaciones Privadas	CODELCO División Gabriela Mistral	Sierra Gorda

6.1.4 Diseño del programa de participación

Las evaluaciones realizadas a nivel país respecto de la vulnerabilidad de la biodiversidad frente a escenarios de cambio climático, indican que los humedales alto andinos son vulnerables frente a cambios en las condiciones ambientales, como temperatura y niveles de precipitación y por ende, recarga. Esta vulnerabilidad se ve agravada por las presiones antrópicas asociadas principalmente a extracción de recursos hídricos.

Dado lo anterior el proyecto busca, a través de una mirada global, integrada y de largo plazo respecto de la sensibilidad ambiental de estos sistemas de humedales alto andinos, identificar las presiones actuales y potenciales, tanto globales como locales, de modo de aplicar medidas efectivas de planificación, control, mitigación y remediación de estos sistemas.

Estas medidas deben apuntar al objetivo central que es el cómo las comunidades locales se adaptan a este escenario de cambio, donde los servicios ecosistémicos que normalmente ellas usufructuaban pueden no estar disponibles a futuro.

Una estrategia es identificar a priori medidas piloto de restauración y conservación de los humedales, asumiendo que dichos sistemas han sido afectados o buscando formas de prevenir su declinación. El proyecto, en su propuesta y en las bases, identifica dicha necesidad y, en sus objetivos específicos, así lo indica.

- Identificar, caracterizar y mapear los distintos tipos de bienes y servicios ecosistémicos de los humedales seleccionados.

Folio007469

- Identificar y caracterizar los diferentes actores claves vinculados a los usos, presiones y amenazas de los humedales seleccionados.
- Identificar e implementar medidas piloto de restauración y conservación de humedales alto andinos, como medida de adaptación al cambio climático, considerando los antecedentes recopilados en las etapas anteriores del estudio.

No obstante lo anterior, se estima que existe una estrategia complementaria que focaliza la adaptación en las personas más que en el humedal. Es decir, el que se adapta a las nuevas condiciones es el habitante del lugar y al adaptarse, el efecto buscado es mantener a las comunidades en sus localidades y se evita su migración a otras áreas.

Una forma de desarrollar esto es, en forma adicional a la estrategia propuesta, haciendo un trabajo comunitario y participativo de identificación y puesta en práctica de nuevos servicios ecosistémicos, que serán fuente de ingresos locales (monetarios y no monetarios) y contribuirán a la permanencia de las comunidades en su territorio. Por lo tanto, planteamos una estrategia complementaria que básicamente se focaliza en las personas y en como logramos que esas personas se adapten a un medio cambiante, en forma sustentable.

Adicionalmente, dado que el cambio climático es, por definición, un proceso lento, el cual es percibido por las personas en el mediano plazo, el foco de la estrategia será aquellos sistemas que se encuentren en condición estable, en primer lugar, y donde las comunidades relacionadas no presenten conflictos asociados al territorio o al acceso a los recursos ambientales disponibles.

Para el desarrollo de las medidas piloto fueron convocados a las diferentes reuniones y talleres, actores asociados a las comunidades indígenas, compañías mineras y organismos de administración del Estado. Lo anterior consta en los oficios de invitación y actas de las reuniones contenidos en el Anexo A.

6.1.4.1 Experiencias previas

Las comunidades locales frecuentemente utilizan los hallazgos (ej. áreas de Importancia ambiental), como elementos de reivindicación socio/político/territorial. Lo anterior, ha generado escasos resultados de los mecanismos de intervención, particularmente en temas ambientales. Dado lo anterior, la propuesta de participación se focalizará, en primer lugar en aquellas comunidades con un nivel de conflictividad bajo insertos en un territorio con condiciones de estabilidad ambiental.

A diferencia de los cambios catastróficos (ej. terremotos), el fenómeno de cambio climático es un proceso más bien lento, que ocurre a escala generacional. Esta característica permite que la educación, la transferencia de conocimiento científico-técnico u otras experiencias prácticas, puedan ser utilizadas como mecanismos de adaptabilidad a los cambios. En lo particular, la adaptación de las comunidades locales se traduce en potenciar y/o descubrir nuevos servicios ecosistémicos en los humedales de la II Región, que permitan asegurar su sustentabilidad y, por lo tanto, su permanencia en el territorio.

El mecanismo propuesto para implementar esta estrategia es agregar otra escala de intervención a las señaladas en los TdR, a escala local, que es donde se desarrolla la interacción directa entre humedal-habitantes locales, de manera de descubrir, de manera

Folio007470

conjunta, la existencia de otros servicios ecosistémicos que potencialmente favorezcan su sustentabilidad.

La forma de implementarla es a través de experiencias de campo participativas en comunidades pilotos. Para esto, se buscarán dos comunidades con interés de participar y se localizarán personas en específico al interior de cada una. Con ellas, primero que todo, se identificarán las percepciones de que el sistema humedal ha sufrido o está sufriendo cambios y, en segundo lugar diferentes opciones de servicios complementarios y como pueden convertirse en nuevas opciones de sustentabilidad familiar. El trabajo será necesariamente implementado en terreno, con la dedicación necesaria para poder obtener resultados tangibles.

6.1.4.2 Objetivos específicos:

- Proponer una estrategia de gestión participativa en adaptación al cambio climático en las comunidades locales.
- Implementar la estrategia de gestión participativa en comunidades piloto, asociadas a sistemas de humedales.

6.1.4.3 Estrategia de participación ciudadana y sensibilización del estudio

Dado que el foco de atención del estudio, e indicador de éxito, es lograr tener impactos en la identificación e implementación de nuevos servicios ecosistémicos que permitan la adaptación de las comunidades residentes al cambio climático, se propone una estrategia que contempla los siguientes objetivos y actividades principales:

6.1.4.4 Objetivo: Sensibilización del estudio en las comunidades locales

Actividad: 8 Talleres de Trabajo Directo con comunidades (in situ)

Descripción: Para esto, se planteó el acercamiento del proyecto a un conjunto de sistemas altoandinos/comunidad que cuenten con la condición de estabilidad “estable”, y en donde la o las comunidades asociadas a él, cuente(n) con características que faciliten (permitan) un real acercamiento y trabajo conjunto. Para ello, se seleccionaron comunidades que no presentasen mayores conflictos en otras aristas (p.ej. política, demandas sociales, reivindicaciones, etc.), facilitando la comunicación y aumentando las posibilidades de éxito del estudio. La preselección de comunidades se muestra en Tabla 6-5 y Figura 6-1.

Con esta(s) comunidades, se hizo un trabajo de diagnóstico en terreno o Taller de Trabajo (uno o más por cada comunidad seleccionada), en forma personalizada a través de un acercamiento directo que se desarrolló durante el mes de abril de 2015, donde se levantó información que dió origen a un ranking de importancia de los sistemas, sus servicios ecosistémicos y otra información que permitió seleccionar los sistemas a caracterizar y evaluar y definir en conjunto con la misma comunidad los nuevos servicios a desarrollar, para lograr su implementación.

Esta información directa de la importancia de los sistemas para la comunidad local, se contrastó con aquella desarrollada a partir de información secundaria, que cubre la totalidad de los sistemas de la Región de Antofagasta.

Folio007471

6.1.4.5 Objetivo: Difusión del estudio en las comunidades locales

Actividad: Seminarios-taller anuales de estado del proyecto

Descripción: Realizar, al menos 4 seminarios de presentación del estudio (1), de avance de resultados (3) y de entrega final de resultados (1)

Estos seminarios han sido, de acuerdo a la conveniencia, desarrollados en las ciudades principales de la Región, o en las localidades más cercanas a los sistemas de humedales alto andinos. En ellos se ha tratado materias asociadas al avance metodológico y de los resultados del proyecto de forma tal de difundir adecuadamente a la comunidad la importancia de los sistemas naturales, su valor intrínseco, su estado actual y la proyección futura ante escenarios de CC. En la actualidad está pendiente el seminario de entrega final de resultados, el cual se planifica para finales de agosto de 2017.

6.1.4.6 Objetivo: Educación ambiental hacia las comunidades locales y la Región

Descripción: Con el objetivo de lograr cambios duraderos en la visión del ser humano respecto al ambiente, se requiere que los individuos y las comunidades comprendan e interioricen la complejidad del medio ambiente y adquieran los conocimientos, valores y habilidades que permitan su relación con el ambiente en forma más adecuada. En esto, la educación ambiental es fundamental ya que permite la sensibilización e implantación con efectos de largo plazo, del medio ambiente en general y de los problemas asociados a este. En este sentido, el proyecto colabora con las siguientes actividades:

Capacitación y formación

- charlas de capacitación
- 4 actividades al aire libre con estudiantes y profesores

Los tópicos sobre los cuales versarán las actividades de educación ambiental serán, entre otros, los siguientes:

- Restauración y conservación de sistemas de humedales
- Servicios ecosistémicos y su evaluación
- Cambio climático y sus efectos en el entorno local
- Funcionamiento ecológico de ecosistemas acuáticos
- Características de los humedales alto andinos
- Descripción del estado de los sistemas naturales de la localidad
- Metodologías de evaluación ambiental de aplicación local

Folio007472

Actividad: Desarrollo de material gráfico educativo

De forma de apoyar la difusión de la importancia de los humedales, su conservación y valoración como patrimonio regional y por sus servicios, se elaborarán los siguientes productos:

- 1 guía educativa
- 1 tríptico
- 1 afiche
- 1 video del proyecto
- 3 letreros o afiches educativos
- 4 insertos en medios locales

6.1.5 Comunidades preseleccionadas

En la Tabla 6-5 se presenta la información de las comunidades preseleccionadas, y el ADI al cual pertenecen en el radio de 10 km alrededor del sistema (vegetacional o de cuerpo de agua) que presenta una condición estable desde el punto de vista del análisis de las forzantes ambientales y su estado actual.

Tabla 6-5: Listado de comunidades, por ADI, asociadas a cuerpos de agua o vegetación, en un radio de 10 km.

NOMBRE COMUNIDAD	ADIS	SIST_VEG	SIST_CA
Ayquina	Alto el Loa	x	
Camar	Atacama	x	
Caspana	Alto el Loa	x	
Cupo	Alto el Loa	x	
Lasana	Alto el Loa	x	
Machuca	Atacama	x	
Ollagüe	Alto el Loa	x	x
Peine	Atacama		x
Santiago de Río Grande	Atacama	x	
Socaire	Atacama	x	
Talabre	Atacama	x	
Toconce	Alto el Loa	x	

La Figura 6-1 muestra la ubicación geográfica de las comunidades seleccionadas, asociadas a sistemas de vegetación y cuerpos de agua, considerados “estables”, en su análisis de vulnerabilidad actual.

Folio007473

Figura 6-1. Plano de ubicación de las comunidades asociadas a sistemas de vegetación y cuerpos de agua considerados estables.

De este listado, se seleccionaron aquellas comunidades que demuestren la mayor receptividad para poder desarrollar en terreno el trabajo de levantamiento de información primaria.

Folio007474

6.1.5.1 Levantamiento de información con las comunidades

6.1.5.1.1 Caracterización de las comunidades

Durante la semana del 20 al 26 de abril de 2015 se realizó una visita exploratoria a las localidades señaladas en la Tabla 6-5 (se incluyeron algunas adicionales), correspondientes a ADIS de Alto El Loa y Atacama La Grande. Las actividades en terreno consistieron en identificar las actividades principales de las comunidades asociadas a los humedales (vegas y bofedales) y el estado y uso del recurso hídrico. Los hallazgos por cada una de las localidades se describen en la Tabla 6-6 y las Figura 6-2 a la Figura 6-19.

Los principales hallazgos se describen a continuación:

- La mayoría de las comunidades basan su economía local en la producción de alfalfa y crianza de animales domésticos para autoconsumo. La alfalfa se cultiva de manera extensiva sobre terrenos de vega en formaciones de terrazas, regadas con agua trasladada por gravedad. La alfalfa es utilizada también para alimentar camélidos domésticos durante el invierno.
- Existen algunas comunidades que presentan una elevada intervención de las mineras, en cuando que basan su actividad local en la prestación de servicios.
- Las comunidades presentan una percepción de disminución de las precipitaciones, a pesar en los últimos 2 años ha llovido.
- Los proyectos de mejoramiento de infraestructura, servicios y capacitación, implementados con fondos públicos y privados, no han logrado coherencia con la dinámica y visión de las comunidades.
- El pastoreo tradicional de camélidos es una actividad que está desapareciendo entre las comunidades.
- Existen alternativas de encadenamiento productivo a nivel local entre las comunidades, basados en agrosistemas.

Desde la perspectiva de adaptabilidad al cambio climático, cada una de las comunidades presenta una configuración y dinámica singular, por lo que alternativas de proyectos deben ser de igual manera específicas.

En acuerdo con el mandante, y de forma tal de cumplir de mejor forma con los objetivos del proyecto, se establecieron los siguientes criterios asociados a la selección de las comunidades:

- Comunidad sin vocación prioritaria al turismo
- Comunidad sin intervención de proyectos mineros
- Que exista una buena posibilidad de monitorear la respuesta del sistema a las medidas de adaptabilidad
- Que exista una buena posibilidad de monitorear los cambios culturales locales y,
- Que exista la posibilidad de monitorear la disminución del impacto sobre los humedales.

Folio007475

Tabla 6-6. Hallazgos encontrados en las localidades.

Localidad	Sistema	Estructura Social	Fondos	Percepcion	Figura
ADI ALTO LOA					
Lasana	Agrosistema extensivo basado en producción alfalfa para ganado doméstico de autoconsumo Cultivo zanahorias.	Presenta Junta Vecinos y ADI. Comunidad con estructura etaria completa.	Aportes de fondos Públicos, municipales y mineros	Distribución beneficios concentrado en pocas personas. Percepción reducción recurso hídrico.	Figura 6-2
Chiu Chiu	Agrosistema con producción alfalfa, ensayos de otros cultivos. Servicios y alojamiento minería.	Presenta Junta Vecinos y ADI. Comunidad con estructura etaria completa.	Aportes de fondos Públicos, municipales y mineros.	Reducción recurso hídrico, vega deprimida. Servicios mineros	Figura 6-3
Ascotán	Pueblo minero extracción manual Ulexita.	Principalmente hombres con capacidad de trabajo físico.	Contratación mano obra minera y poder comprador Ulexita	Vocación servicios mineros.	Figura 6-4
Vega Chela	Pastoreo tradicional con camélidos y ovejas. Venta ganado durante festividades.	Pareja adultos mayores.	Proyectos fondos públicos (reja, bodega) y municipal (alfalfa)	Precepción de reducción precipitaciones y menor capacidad de carga.	Figura 6-5
Ollague	Pueblo basado en servicios públicos y al transporte ferroviario. Históricamente minería no metálica, actualmente sin operación.	Presenta Junta Vecinos y ADI. Comunidad con estructura etaria completa.	Aportes de fondos Públicos y municipales.	Reducción recurso hídrico y escasa actividad agrícola. Presencia trafico droga.	Figura 6-6

Folio007476

Localidad	Sistema	Estructura Social	Fondos	Percepcion	Figura
Cupo	Agrosistema extensivo basado en producción alfalfa para ganado doméstico de autoconsumo, sin pastoreo vegas.	Comunidad con estructura compuesta adultos mayores.	Aportes municipales menores (energía fotovoltaica, eólica, agua potable estanques).	Sistema riego ineficiente.	Figura 6-7
Turi	Agrosistema extensivo basado en producción alfalfa para ganado doméstico de autoconsumo. Pastoreo camélidos. Ventas eventuales alfalfa.	Presenta Junta Vecinos y ADI. Comunidad con estructura etaria completa.	Aportes de fondos Públicos y municipales. Sistema de riego con embalses. Área recreativa piscinas por ADI.	Escasa mano obra.	Figura 6-8
Ayquina	Agrosistema extensivo basado en producción alfalfa en riberas del río para ganado doméstico de autoconsumo, sin pastoreo vegas.	Presenta Junta Vecinos y ADI. Comunidad pequeña, con incremento durante fiestas religiosas.	Aportes de fondos Públicos, municipales y mineros.	Localidad centrada en actividad religiosa.	Figura 6-9
Toconce	Agrosistema extensivo basado en producción alfalfa para ganado doméstico de autoconsumo, sin pastoreo vegas.	Presenta Junta Vecinos y ADI. Comunidad con estructura etaria completa.	Aportes de fondos Públicos y municipales. Sistema de riego canales abiertos.	Localidad sin dinamismo, respecto de mejoras en bienestar. Escasa disponibilidad de recurso hídrico.	Figura 6-10

Folio007477

Localidad	Sistema	Estructura Social	Fondos	Percepcion	Figura
Caspana	Agrosistema extensivo basado en producción alfalfa para ganado doméstico de autoconsumo. Producción frutales. Pastoreo camélidos. Ventas eventuales alfalfa.	Presenta Junta Vecinos y ADI. Comunidad con estructura etaria completa.	Aportes de fondos Públicos y municipales. Sistema de riego canales abiertos.	Comunidad muy dinámica	Figura 6-11
ADI ATACAMA					
Vega Tocorpuri	Localidad de pastoreo camélidos domésticos.	Sin presencia de pobladores.	Sin actividades	Vega en buen estado ecológico.	Figura 6-12
Bado de Putana	Localidad de pastoreo camélidos silvestres. Extracción minera azufre	Sin presencia de pobladores.	Sin actividades	Vega en buen estado ecológico.	Figura 6-13
Machuca	Comunidad local centrada en actividades turísticas, sin pastoreo.	Presenta Junta Vecinos y ADI. Comunidad con estructura etaria dominancia mujeres	Aportes de fondos Públicos y municipales.	Comunidad sin actividades tradicionales de subsistencia.	Figura 6-14
Turipite	Agrosistema extensivo basado en producción de alfalfa para ganado doméstico de autoconsumo.	Adultos mayores., sin aparente ADI	Sin actividades.	Escasa disponibilidad de recurso hídrico.	Figura 6-15

Folio007478

Localidad	Sistema	Estructura Social	Fondos	Percepcion	Figura
Peine	Agrosistema extensivo basado en producción de alfalfa para ganado doméstico de autoconsumo, sin pastoreo vegas. Servicios y alojamiento minería.	Presenta Junta Vecinos y ADI. Comunidad con estructura etaria completa. Presencia permanente contratista	Aportes de fondos Públicos, municipales y mineros.	Vocación servicios mineros.	Figura 6-16
Camar	Agrosistema desarrollo piloto. Comunidad mano obra de minería.	Presenta Junta Vecinos y ADI. Comunidad con estructura etaria completa.	Aportes de fondos Públicos, municipales y mineros.	Vocación servicios mineros.	Figura 6-17
Talabre	Agrosistema extensivo basado en producción alfalfa para ganado doméstico de autoconsumo. Producción frutales. Pastoreo camélidos	Presenta Junta Vecinos y ADI. Comunidad con estructura etaria completa. Presencia de nuevos pobladores.	Aportes de fondos Públicos, municipales y mineros. Implementación proyectos mayores (energía fotovoltaica, eólica, agua potable estanques).	Comunidad con actividades tradicionales de subsistencia. Elaboración artesanía.	Figura 6-18
Rio Grande	Agrosistema extensivo basado en producción alfalfa para ganado doméstico de autoconsumo. Producción ajos.	Presenta Junta Vecinos y ADI. Comunidad con estructura etaria completa, con 12 pobladores.	Aportes de fondos Públicos y eventuales de ALMA, solicitudes a Minera GABY.	Comunidad con actividades tradicionales de subsistencia. Escaso apoyo	Figura 6-19

Folio007479

Figura 6-2. Localidad de Lasana.

Figura 6-3. Localidad de Chiu Chiu.

Figura 6-4. Localidad de Ascotán.

Figura 6-5. Localidad de Vega Chela.

Figura 6-6 Localidad de Vega Ollague.

Figura 6-7. Localidad de Vega Cupo.

Figura 6-8. Localidad de Vega Turi.

Figura 6-9. Localidad de Vega Ayquina.

Folio007483

Figura 6-10. Localidad de Vega Toconce.

Figura 6-11. Localidad de Vega Caspana.

Figura 6-12. Localidad de Vega Tocorpuri.

Figura 6-13. Localidad de Vado de Putana.

Figura 6-14. Localidad de Machuca.

Figura 6-15 Localidad de Turipite.

Folio007486

Figura 6-16. Localidad de Peine.

Figura 6-17. Localidad de Camar.

Figura 6-18. Localidad de Talabre.

Figura 6-19. Localidad de Río Grande.

Folio007488

INFORME DE RESULTADOS DEL PROGRAMA DE DIFUSION, PARTICIPACIÓN Y SENSIBILIZACION COMUNITARIA,

Folio007489

7 RESULTADOS DEL PROGRAMA DE DIFUSION Y PARTICIPACIÓN

7.1 Resumen Ejecutivo Resultados Programa de Participación

Durante el período de desarrollo del proyectos se realizaron diferentes actividades de difusión y participación, desde la generación de material de difusión, como afiches,letreros, dípticos y trípticos; publicaciones en diarios de circulación masiva; elaboración de una guía educativa para estudiantes de las escuelas certificadas de la región; y actividades de divulgación como actividades educativas al aire libre, talleres, capacitaciones, seminarios y charlas. En resumen, se estima que el proyecto alcanzó a una población objetivo de sobre 650 personas, las que se distribuyen en 250 personas asistiendo a diferentes talleres regionales y locales de capacitación; 195 personas asistiendo a capacitaciones específicas y cerca de 200 asistentes a salidas educativas en terreno. Adicionalmente, se generaron varios insertos en páginas centrales de diarios de circulación regional

7.1.1 Resultados del Programa de Participación

Durante el período de desarrollo del proyecto se desarrollaron diferentes actividades asociadas al programa de difusión y participación, los que se describen en la Tabla 7-1.

Tabla 7-1 Resumen de productos de sensibilización y difusión.

N°	Producto	Definición del producto según TDR	Estado/Anexo de ubicación
1	Afiches	2.000 ejemplares del afiche y master en formato original, 4/0 color en couche opaco 200gr, tamaño 40x70	Producto final entregado a la contraparte técnica. Ubicación en Informe Anexo_I\Difusión\afiche
2	Trípticos	2.000 ejemplares del tríptico y master en formato original, 4/4 color en couche opaco 200 gr, tamaño carta (21,6 x 27,9 cm).	300 trípticos impresos y difundidos a la comunidad en talleres, charlas y actividades de difusión del Centro de Ecología Aplicada y de la Seremi del Medio Ambiente. 2000 trípticos impresos y entregados a la comunidad de Coyo en la laguna Tebenquiche y en taller realizado en la comunidad de Coyo por el Centro de Ecología Aplicada y Seremi del Medio Ambiente. Ubicación en Informe Anexo_I\Difusión\triptico

3	Guía educativa	Ejemplares de la guía educativa y master en formato original, mínimo 16 carillas.	Producto final entregado a la contra parte técnica. Ubicación en Informe Anexo G
		100 ejemplares de "Material complementario para Guía Educativa" en papel couché brillante, 200 gr, 16*23 cm	Producto final entregado a la contra parte técnica. Ubicación en Informe Anexo G
		100 ejemplares en CDROM interactivo	Producto final, entregado a la contraparte técnica
4	Video del proyecto	90 Ejemplares de video del proyecto en formato DVD.	Producto final, entregado a la contraparte técnica
5	Letreros educativos	3 letreros educativos tipo publicitarios, de acero galvanizado, instalados en el área de estudio.	Producto final, instalados en terreno. Ubicación en terreno **Tebenquiche 1**: 576466.64 m E, 7440511.65 m S, Huso 19K **Tebenquiche 2**:575620.50 m E, 7440997.77 m S, Huso 19K **Ollague 1**:577737.79 m E, 7652812.16 m S, Huso 19K. Ubicación en informe Anexo_I/Difusión/letreros
6	Insertos	4 insertos en páginas centrales de medio escrito regional, sobre el estudio.	Se han realizado 3 comunicados en medio escrito Mercurio de Calama, en las siguientes fechas: - Mercurio Calama 17/04/2014 página 2 - http://www.mercuriocalama.cl/impresa/2014/04/17/papel/ - - Mercurio Antofagasta 24/02/2015 página 3 - http://www.mercurioantofagasta.cl/impresa/2015/02/24/papel/ - Mercurio Calama 26/11/2015 página 5 - http://www.mercuriocalama.cl/impresa/20

			14/11/26/papel/ **Primer inserto :** - Mercurio Antofagasta 21/12/2015 página 14 - http://www.mercurioantofagasta.cl/impresa/2015/12/21/full/cuerpo-principal/14/ **Segundo Inserto:** Se proporcionó al mandante de la logística para el Segundo inserto de acuerdo a lo acordado en la reunión con fecha de 19 de enero 2016, terreno que tuvo lugar en la laguna La Brava en donde se trasladó la gente necesaria para implementar dicho inserto, el equipamiento necesario y un servicio de alimentación. - La publicación de esta actividad se realizó en La página del MMA - http://portal.mma.gob.cl/capacitan-a-comunidades-indigenas-sobre-la-importancia-de-proteger-los-humedales-altoandinos/ **Tercer Inserto:** - El Tercer inserto de este estudio surgió a raíz de la actividad educativa realizada con docentes y estudiantes de escuelas certificadas de la región de Antofagasta, esta se llevó a cabo en la laguna Tebenquiche, donde estuvo presente la directiva de Coyo , Inserto El Mercurio de Calama 08/10/2016 página 14 - http://www.mercuriocalama.cl/impresa/2016/10/08/full/cuerpo-principal/2/ Esta actividad a la vez generó un reportaje , que fue difundido por TVN el cual se muestra en el siguiente enlace: **Reportaje TVN** http://www.24horas.cl/regiones/antofagasta/san-pedro-de-atacama-salar-de-atacama-se-ha-convertido-en-foco-de-investigacion-cientifica-2159377 Otras publicaciones de la actividad

			- https://mobile.twitter.com/pbadenierm/status/784473376056369152 - http://elreferente.cl/archivo/8749 - http://www.region2.cl/ministro-badenier-y-docentes-visitaron-laguna-tebenquiche-en-san-pedro-de-atacama/ **Cuarto Inserto:** El Cuarto inserto de este estudio tuvo como objetivo fue difundir los resultados principales y la finalización del estudio. Fue publicado en el diario El Mercurio de Antofagasta el sábado 28 de octubre de 2017. http://www.mercurioantofagasta.cl/impresa/2017/10/28/full/cuerpo-principal/22/ Ubicación en Informe de los insertos Anexo_I\Difusión\insertos
7	Capacitaciones	8 informes resúmenes de los talleres de capacitación	Charla N° 1 de capacitación en Calama 9 Jun. 2014. Asisten 38 personas Charla N°2 de capacitación en Calama 26 Nov. 2014. Asisten 33 personas Charla N°3 de capacitación Coyo 5 octubre 2015. Asisten 12 personas Charla N°4 de capacitación Coyo 9 Abril 2016. Asisten 41 personas Charla N°5 de capacitación Coyo 8 octubre 2016. Asisten 32 personas Charla N°6 de capacitación Solor 13 abril 2017 Asisten 30 personas Charla N°7 de capacitación San Pedro Atacama 13 abril 2017. Asisten 9 personas Charla N°8 de capacitación ADI Alto El Loa. Desarrollado en Calama el 19 de octubre de 2017. Asisten 9 personas. Ubicación en Informe Anexo_A/Capacitacion Dentro de cada carpeta de la charla individual hay una subcarpeta denominada …./Actas_Asistencia la que individualmente incluye el resumen de cada charla.

8	Talleres de Validación	Actas y presentación de los 8 talleres de validación de las propuestas. reuniones de coordinación	Taller N°1 San Pedro de Atacama 9 Abril 2014. Asisten 34 personas Taller N°2 Alto Loa Lasana 25 Abril 2015. Asisten 11 personas Taller N°3 Vega Chela 25 Abril 2015. Asisten 2 personas Taller N°4 San Pedro de Atacama 26 mayo 2015. Asisten 38 personas Taller N°5 Taller comunidad de Peine 8 Octubre 2015. Asisten 13 personas. Taller N°6 Taller comunidad de Coyo 9 Abril 2016. Asisten 41 personas. Taller N°7 Taller realizado con colegios certificados de la región de Antofagasta, en conmemoración Día Nacional del Medioambiente realizado en biblioteca regional jueves 6 octubre ***"Cambio Climático y Ecosistemas en Humedales Altoandinos"***. Asisten 61 personas. **Taller o seminario final (8)** : Fue realizado el día 26 de octubre de 2017. Lugar : Salón de eventos Coyo Antai , San Pedro de Atacama Difusión Resultados del estudio con actores locales y entrega productos . <u>Ubicación en Informe</u> Anexo_A/Talleres Dentro de cada carpeta del taller individual hay una subcarpeta denominada …./Informe_resumen_Taller_X
9	4 actividades educativas al aire libre	4 actividades educativas al aire libre con estudiantes	**Actividad N°1** Esta actividad se realizó con fecha de 19 de enero 2016. En ella se llevó a los alumnos de la escuela de Peine a conocer la laguna La Brava. Esta actividad tuvo como objetivo mostrar la biodiversidad de la laguna para acercar a los niños y asistentes de la comunidad a los conocimientos sobre organismos extremófilos que ahí habitan, realizando una capacitación y muestra del lugar con experimentación in situ de la biodiversidad y la importancia de la laguna La Brava como ecosistema sustentador de

			comunidades de sistemas microbianos extremos. El educar a las comunidades respecto de la riqueza científica y biológica que tiene su territorio, y que a su vez comprendan que la protección de estos humedales debe ser impulsada desde la propia comunidad, es planteado como una necesidad al momento de poder implementar medidas piloto de restauración y conservación de humedales altoandinos; como adaptación de las comunidades locales frente a los efectos del cambio climático. Asisten 20 personas. **Actividad N°2** Con fecha de 7 de octubre de 2016, se realizó una actividad en terreno, en conjunto con la comunidad Coyo, en la laguna Tebenquiche, donde participaron profesores de las escuelas certificadas de la comuna de Antofagasta y alumnos del liceo Likan Antay de la comuna de San Pedro. Esta actividad tuvo como objetivo mostrar a la comunidad educativa la riqueza y biodiversidad de la laguna Tebenquiche; así como también acercar a los alumnos, profesores, autoridades locales y nacionales a los conocimientos sobre organismos extremófilos que ahí habitan, realizando una capacitación y muestra del lugar con experimentación in situ de la biodiversidad y la importancia de la laguna Tebenquiche como ecosistema sustentador de comunidades de sistemas microbianos extremos. A esta actividad asistió el Ministro de Medio Ambiente, el SEREMI de la cartera, autoridades políticas locales, científicos, miembros de la comunidad, periodistas y otras personas, y tuvo cobertura periodística local, regional y nacional. Asistieron 42 personas. **Actividad educativa N°3** Esta actividad se realizó con fecha de 8 de Agosto 2017, en ella se llevó a los alumnos de octavo básico la escuela de liceo Likan Antai a conocer la laguna

Folio007495

			Tebenquiche y aldea de Tulor. **Actividad educativa N°4** Esta actividad se realizó con fecha de 9 de Agosto 2017, en ella se llevó a los alumnos de tercero medio la escuela de liceo Likan Antai a conocer la laguna Tebenquiche y aldea de Tulor. Ubicación en Informe Anexo_A\Salidas_Educativas

Folio007496

INFORME DE RESULTADOS DEL PROGRAMA DE DIFUSIÓN.

Folio007497

7.2 Resumen Ejecutivo Resultados Programa de Difusión

Como se mostró en el acápite 7 y en la Tabla 7-1, durante el período de desarrollo del proyectos se realizaron diferentes actividades de difusión, desde la generación de material de difusión, como afiches,letreros, dípticos y trípticos; publicaciones en diarios de circulación masiva; elaboración de una guía educativa para estudiantes de las escuelas certificadas de la región; y actividades de divulgación como actividades educativas al aire libre, charlas, talleres, y capacitaciones. El Programa de Difusión realizado fue bastante extenso y se desarrolló

7.2.1 Resultados del Programa de Difusión

Durante el período de desarrollo del proyecto se desarrollaron diferentes actividades de difusión, entre las cuales se destacan las siguientes:

7.2.1.1 Charlas de difusión

Primera Charla de capacitación del estudio con actores relevantes
Fecha: 9 de junio de 2014
Lugar: Sala de capacitaciones Hotel Punakora, Calama
Objetivos:

- Describir y conocer los diferentes sistemas vegetacionales del altiplano.
- Presentar y discutir las potenciales respuestas morfológicas y ecosistémicas de la vegetación frente a cambios ambientales.
- Analizar la recuperación de estos sistemas frente a la sequía y/o salinización del suelo.

Segunda Charla de capacitación del estudio con actores relevantes
Fecha: 26 de Noviembre de 2014
Lugar: Auditorio INDAP, Calama
Objetivos :

- Presentar a los actores relevantes identificados en el Estudio, el diagnóstico y evaluación de la Estrategia regional de biodiversidad, del Ministerio del Medio Ambiente.
- Presentar a los actores relevantes identificados en el estudio, la Charla Magistral titulada “Cambio climático a diversas escalas temporales, reconstruyendo la historia del Atacama”, a cargo de la Dra. Francisca Diaz.

Tercera Charla de capacitación del estudio con Comunidad de COYO
Fecha: 08 Octubre de 2015
Lugar: Sede comunidad de Coyo y terreno Baltinache y Tebenquiche
Objetivos:

- Dar respuesta a la petición realizada por la comunidad en cuanto a información científica sobre su territorio a modo de fomentar el uso sustentable de los servicios ecosistémicos asociados a este.
- Dar a conocer la importancia de los humedales altoandinos y los servicios ecosistemicos que nos proveen
- Dar a conocer a la comunidad acerca de los organismos extremofilos .

Folio007498

Actividad : Terreno de reconocimiento de organismos extremofilos BALTINACHE
Fecha: Jueves 08 de octubre 2015. Lanzamiento material de difusión y entrega de tríptico a la comunidad en laguna Tebenquiche.

Cuarta Charla de capacitación Ecoturismo y Turismo Científico
Fecha: Sábado 9 de Abril de 2016
Lugar: Actividad práctica en laguna Tebenquiche
Objetivos :

- Capacitar respecto a la importancia de incorporar prácticas sustentables en su comunidad a través de la utilización de los recursos del ambiente , por medio de herramientas y experiencias para emprender en turismo responsable en Humedales Andinos.

Esta actividad se realizó pesando en los operadores turísticos de las comunidades, servicios públicos y personas naturales que estuvieran interesados en conocer y valorar los atractivos turísticos de los humedales para emprender en un futuro cercano un turismo de intereses especiales o ser parte del Turismo Científico.

Quinta Charla de capacitación Organismos extremófilos
Lugar: Sede social de la Comunidad de Coyo
Fecha: Sábado 8 de octubre de 2016
Capacitación solicitada por medio de una carta a la SEREMI del MMA
Objetivo:

- Dar a conocer a la comunidad de COYO , las características de los distintos tipos de microorganismos que habitan en las lagunas altiplánicas del Salar de Atacama, su importancia para el sustento del ecosistema y las potencialidades que éstas proveen para el desarrollo de las comunidades locales

Sexta Charla de capacitación Microorganismos extremófilos presentes en el salar de Atacama.
Lugar: Sede social de la Comunidad de Solor
Fecha: 13 de Abril de 2017
Objetivo:

- Capacitar respecto a la importancia de incorporar prácticas sustentables en su comunidad a través de la utilización de los recursos del ambiente , por medio de herramientas y experiencias para emprender en turismo responsable en Humedales Andinos.

Séptima Charla de Capacitación: Microorganismos extremófilos presentes en el salar de Atacama.
Lugar: Sede social de la Comunidad de San Pedro
Fecha: 13 de Abril de 2017
Objetivo:

- Capacitar respecto a la importancia de incorporar prácticas sustentables en su comunidad a través de la utilización de los recursos del ambiente , por medio de herramientas y un monitoreo participativo en Humedales Andinos.

Folio007499

Octava Charla de capacitación: "Implementación Capacidades Analíticas de Calidad de Agua"
Fecha 19 octubre de 2017
Lugar : Salón Auditorio de la Dirección Regional de INDAP, Calama
Objetivo:
Desarrollar capacidades en las comunidades indígenas en monitoreo de los componentes ambientales asociados a humedales alto andinos, de forma tal que se empoderen en su cuidado y conservación.

Folio007500

7.2.1.2 Talleres de difusión

Taller Nº1 de Inicio de Estudio
Lugar : Sede Junta de Vecinos Nº1 de San Pedro de Atacama
Fecha: 09 de abril de 2014
Objetivo: Difusión del estudio a la comunidad

Taller Nº2 de Inicio de Estudio
Lugar: Sede del Comité de Acción Católica, Lasana
Fecha. 25 de abril de 2014
Objetivo: Primera presentación del estudio a Comunidades de Alto El Loa

Taller Nº3 Efecto de la disminución de precipitación en el pasto.
Lugar :Vega chela
Fecha: 25 de Mayo de 2015
Objetivo: Primera presentación del estudio a Comunidades de Vega Chela

Taller Nº4 Avances del Estudio
Lugar: Sede Junta de Vecinos Nº1 de San Pedro de Atacama
Fecha: 26 de Mayo de 2015
Objetivo: Contextualización del estudio y Biodiversidad Local.

Taller Nº5 Los humedales andinos, su importancia para la biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos que ellos proveen.
Lugar : Sede de la Junta de Vecinos de la Comunidad de Peine .
Fecha : 08 Octubre de 2015
Objetivo: Características de los distintos tipos de microorganismos que habitan en las lagunas altiplánicas del Salar de Atacama, su importancia para el sustento del ecosistema y las potencialidades que éstas proveen para el desarrollo de las comunidades locales.

Taller Nº6 Turismo de intereses especiales
Lugar: Sede junta de vecinos comunidad de Coyo.
Fecha: 09 Abril de 2016
Objetivo: Turismo de intereses especiales

Taller Nº7 "Cambio Climático y Ecosistemas en Humedales Andinos"
Fecha 06 octubre de 2016
Lugar : Biblioteca Regional Antofagasta
Objetivo:
Difundir el estudio sobre cambio climático que coordina la SEREMI del Medio Ambiente y que es financiado a través del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), así como también posicionar la relevancia de los humedales altoandinos y los ecosistemas de organismos extremófilos asociados a estos humedales.

Taller Nº8 "Taller Final"
Fecha 26 octubre de 2017
Lugar : Salón de eventos Coyo Antai , San pedro de Atacama

Folio007501

Objetivo: Difusión Resultados del estudio con actores locales y entrega productos .

7.2.1.3 Salidas Educativas

Primera salida educativa
Fecha: 19 de enero 2016.
Lugar : Laguna la Punta y la Brava escuela de
Esta actividad se realizó con fecha de 19 de enero 2016, en ella se llevó a los alumnos de escuela de Peine a conocer la laguna Laguna la Punta y la Brava.

Objetivo: Promover la educación ambiental y generar conciencia sobre la importancia de preservarla riqueza natural de chile

Segunda salida educativa
Fecha: 7 de octubre de 2016
Objetivo: Promover la educación ambiental y generar conciencia sobre la importancia de preservar la riqueza natural de Chile.
Esta actividad se llevó a los profesores de escuelas certificadas de la región de Antofagasta a conocer la laguna Tebenquiche.

Tercera salida educativa
Fecha: **8 agosto 2017**
Objetivo: : Promover la educación ambiental y generar conciencia sobre la importancia de preservarla riqueza natural de chile.

Esta actividad se realizó con fecha de 8 de Agosto 2017, en ella se llevó a los alumnos de octavo básico la escuela de liceo Likan Antai a conocer la laguna Tebenquiche y aldea de Tulor.

Cuarta salida educativa
Fecha: **9 agosto 2017**
Objetivo: Promover la educación ambiental y generar conciencia sobre la importancia de preservarla riqueza natural de chile.

Esta actividad se realizó con fecha de 9 de Agosto 2017, en ella se llevó a los alumnos de tercero medio la escuela de liceo Likan Antai a conocer la laguna Tebenquiche y aldea de Tulor.

Folio007502

7.2.2 Principales logros del Programa de Difusión

Estas charlas y talleres resultaron exitosas desde la perspectiva de que se intercambiaron experiencias y saberes de forma activa entre los participantes, como también se logró contextualizar los objetivos del Proyecto dando a conocer a la comunidad las etapas del mismo con la comunidad. Por otra parte, se logró trasmitir que la importancia de estos ecosistemas no solo radica en la diversidad de las especies animales y vegetales que albergan, sino también en las actividades de importancia económica y socio-cultural que sostienen.

Se logró también capacitar e instruir en uno de los ecosistemas de mayor importancia en el área de estudio, los organismos extremófilos. Se explicó como reconocerlos, sus diferencias, sus características y la importancia de su existencia. Esta información relevante fue transmitida a la comunidad a nivel local, comunal y regional. De la misma forma se explicaron las amenazas a todos estos atractivos naturales, con el propósito de que todos los usuarios contribuyan en la conservación de objetos singulares y característicos del ecosistema de los humedales.

Se hizo mucho hincapié en transmitir conocimientos específicos para que se adquiera una mayor conciencia sobre la importancia del propio patrimonio y con ello, contribuyan en el presente y en el futuro a su conservación y cuidado del patrimonio natural.

Respecto a rubro turismo, se logró desarrollar las habilidades de representantes de la comunidad y guarda parques y guías que trabajan en pos de la protección y difusión de su comunidad. Un claro ejemplo de esto fue la comunidad de Coyo, que internalizó lo aprendido, iniciando una petición de declaración de santuario de la naturaleza en la laguna Tebenquiche al Ministerio del Medio Ambiente .

En general, estos procesos participativos permiten crear un piso de conocimiento e información común, lo que implica que la base de comunicación es la misma para todos los actores del territorio. Desde esa posición, avanzar en diferentes temáticas que impliquen el uso sustentable, los servicios ecosistémicos, el manejo de las áreas y su conservación futura, se simplifica.

Folio007503

INFORME TECNICO ECONÓMICO DE DESALACIÓN DE AGUA DE MAR

Folio007504

8 INFORME TECNICO ECONÓMICO DE DESALACIÓN DE AGUA DE MAR

8.1 RESUMEN

El agua del mar ocupa más del 70% de la superficie de la tierra. De toda esta agua que hay en el planeta, el 97 % es agua salada, sin embargo, solo el 1% de esta agua es apta para el consumo humano. Por ello, durante años se ha tratado de encontrar una solución eficaz y rentable para potabilizar el agua del mar. La obtención de agua potable proveniente del mar, por medio de la desalinización, es una práctica muy desarrollada a nivel mundial, demostrando ser un método técnico y económicamente viable. El capítulo que aquí se desarrolla describe los principales métodos de desalinización de agua de mar, estima sus costos de inversión y operación, describiendo casos a nivel mundial y nacional, y por otra parte, dado el valor de los servicios ecosistémicos, estima el costo unitario de pérdida de humedales. Sobre la base del modelamiento de aguas subterráneas bajo diferentes escenarios de cambio climático desarrollado en este estudio, se generaron antecedentes simulados para tres escenarios representativos del efecto del Cambio Climático para el escenario base o inicial denominado Hindcast, RCP 2.6 Y RCP 8.5.

Cada uno estos escenarios se representa de manera diferenciada en 48 cuerpos de agua (16.662 ha) y 264 sistemas vegetacionales (17.695 ha), todos ellos caracterizados individualmente.

A partir de estos antecedentes y de los parámetros de valorización económica ya señalados (costo de desalinización de agua de: US$ 6-8 / m^3), los valores totales anuales estimados de los caudales de reposición correspondientes a Cuerpos de Agua y Sistemas Vegetacionales, en los tres escenarios planteados.

Al estimar el VAN (6%) Perpetuo de los caudales de recarga en los Cuerpos de Agua y Sistemas Vegetacionales de la Región, considerando el efecto proyectado del Cambio Climático en tres escenarios, se observa un impacto económico valorizado superior tanto diferencial como total por concepto de recarga hídrica en los Cuerpos de Agua, concentrándose la diferencia solo en un sitio, de los 48 analizados. En tanto, el impacto en los Sistemas Vegetacionales es menor, tanto en términos totales como diferenciales, distribuyéndose en 26 de los humedales del total de 264 analizados.

8.2 Métodos de desalación

La desalinización tiene como objetivo principal convertir una solución salina en agua dulce, para lo cual se utiliza diferentes métodos, en la actualidad se pueden dividir en dos grandes grupos:

8.2.1 Desalación por membranas

Ósmosis inversa: Este es uno de los sistemas más utilizados en la actualidad. El proceso consiste en separar el agua invirtiendo el proceso de osmosis corriente ejerciendo una presión superior a la presión osmótica. Con este sistema se puede recuperar aproximadamente un tercio del agua que se trata. Es una filtración fisicoquímica de gran eficiencia y con bajo consumo de energía en comparación con otras técnicas de desalinización (Meerganz von Medeazza, 2005). Esta da como resultado agua de alta calidad, que si bien es cara, es competitiva por ejemplo respecto al transporte de agua a

Folio007505

largas distancias (sustracción de agua de un lugar rico en agua, hacia otro con escasez) (Gleick, 2013).

Nanofiltración: Este sistema se encontraría entre el sistema de osmosis inversa y la ultrafiltración. Este proceso de filtración física, solo permite el paso de partículas inferiores a un nanómetro. La Nanofiltración es un proceso relacionado con la presión durante el cual ocurre una separación basada en el tamaño molecular. Las membranas producen la separación. La técnica es principalmente aplicada para la eliminación de sustancias orgánicas, tales como micro contaminante e iones multivalentes. Las membranas de Nanofiltración retienen moderadamente las sales univalentes.

Electrodiálisis: Mediante este procedimiento, el agua a desalinizar es introducida en una celda a reactor donde se colocan de forma alternada una serie de membranas semipermeables catiónicas y aniónicas, entre dos electrodos, de forma que al aplicar una diferencia de potencial se produce una migración de los iones de la solución salina hacía los electrodos correspondientes, atravesando las membranas alternadas formándose una solución concentrada en uno de los compartimentos, y en el otro compartimento agua exenta de sal.

8.2.2 Desalación por destilación o evaporación.

Desalinización térmica: Este proceso se realiza a partir de la evaporación y posterior condensación del agua. Así se consigue separar la sal. Las refinerías, las centrales eléctricas y otras industrias necesitan agua de alta pureza. El proceso de desalinización térmica usa energía para evaporar el agua y luego condensarla de nuevo. Donde hay calor residual o suficiente electricidad disponibles, como sucede frecuentemente en las refinerías y las centrales eléctricas, la desalinización térmica es una solución viable y eficiente, diferenciándose dos sistemas:

8.2.3 Destilación multi-efecto (MED), un proceso de vapor a baja presión.

Compresión mecánica de vapor (MVC), un compresor propietario mecánico alimentado con energía eléctrica.

Destilación: La destilación se aplica especialmente en la desalinización del agua de mar. Existen diferentes métodos de destilación, que pueden agruparse según dos sistemas fundamentales: procesos térmicos y procesos por compresión.

En el primer caso, la energía necesaria se suministra, en su mayor parte, en forma de calor y, en el segundo, exclusivamente en forma de trabajo, puesto que el vapor se comprime para obtener la diferencia de temperatura necesaria para el intercambio de calor. Los procedimientos técnicos, a su vez, pueden realizarse llevando el agua a ebullición (destilación de múltiple efecto), o bien impidiendo la ebullición y obteniéndose la evaporación por disminución de presión (sistema "flash"). Actualmente entre los métodos de destilación indicados, la destilación "multiflash" es la más utilizada.

Congelación: La congelación del agua del mar (-1.9 °C) suministra cristales de hielo puro que se separan de la solución, la cual, a su vez, se concentra en sales. Existen dos procedimientos de congelación directa:

Por expansión del agua (congelación en vacío). El agua de mar se congela parcialmente a una presión absoluta de 3mm de mercurio, a -4 °C. A esta presión se produce una evaporación, acompañada del enfriamiento correspondiente, que es el que provoca la congelación. Para mantener el vacío necesario es preciso aspirar de continuo

Folio007506

el vapor de agua formado, pudiendo realizarse esta operación bien por un compresor mecánico, o por absorción en una solución higroscópica. En la práctica, los problemas de compresión del gran volumen de vapor producido a baja presión son considerables.

Congelación con ayuda de un agente refrigerante. Se utiliza un refrigerante auxiliar cuya tensión de vapor sea netamente superior a la del agua y que no sea miscible con ella. El butano satisface estas condiciones. El agua de mar se congela parcialmente por la expansión del butano. Este procedimiento evita los problemas de compresión de la congelación del vacío (Universidad de Murcia, 2017).

8.3 Situación Mundial

En tanto a la tecnología de desalinización en sí, esta ha presentado mejoras en su eficiencia en términos energéticos, ya que antiguamente se empleaban métodos térmicos que necesitan gran cantidad de energía para funcionar, en cambio, en la actualidad los métodos de membrana (como la osmosis inversa) son los más utilizados dado que requieren menos energía para tratar el agua; además nuevas fuentes energéticas como la solar, eólica o geotérmica vienen a disminuir la contaminación que generan los combustibles fósiles (March, 2015), llegando así a expandirse como una alternativa más atractiva, y a contribuir también a dar solución a un problema tan grave como la escasez hídrica.

Sin embargo, no sólo la tecnología con que funciona una planta desalinizadora es importante, ya que las decisiones respecto a la desalinización giran en torno a evaluaciones complejas respecto a las circunstancias hídricas locales y sus necesidades, la economía, la financiación, los impactos ambientales y sociales, y las alternativas disponibles (Cooley et al., 2006). Todas estas evaluaciones deben ser tomadas en cuenta a la hora de decidir optar por la desalinización como fuente complementaria de abastecimiento hídrico, la que además, según March (2015) puede ayudar a superar el deterioro de las fuentes de agua tradicionales, como las aguas subterráneas, y al hacerlo, mejorar la calidad de los ecosistemas fluviales. Por ejemplo, para algunas regiones, como el Golfo Pérsico, donde no existen alternativas de suministro de agua potable, la desalinización se ha vuelto una gran solución, que gracias a la disminución en los costos de esta tecnología y que la escasez hídrica ha ido afectando a más regiones alrededor del mundo, se ha hecho más competitiva. Las tecnologías de desalinización actuales tienen una gran cantidad de retos: presentan altos requerimientos energéticos, así como potencialmente un alto impacto negativo en la producción de emisiones de dióxido de carbono (García, 2012).

En la actualidad la desalinización es utilizada en 150 países, siendo Arabia Saudita el que más capacidad instalada tiene, pero se prevé que en los próximos años algunos países dupliquen su capacidad, como: Sudáfrica, Jordania, México, Libia, Chile, India y China.

Los porcentajes actuales en cuanto a capacidad instalada por sistema son:

1. Osmosis inversa: 60%
2. Electrodiálisis: 3,6%
3. Electrodiálisis inversa: 0,3%
4. Destilación instantánea en múltiple etapas: 26,8 %
5. Destilación multiefecto: 8%
6. Otros: 0,3%

Folio007507

Las plantas de desalinización son cada vez más grandes, las siete plantas con más capacidad en el mundo han sido puestas en servicio o contratadas desde 2009, destacando Ras Azzour (recientemente rebautizada Ras Al Khair) en Arabia Saudita con la mayor capacidad a través de tecnologías de MSF (evaporación multi-etapa) y osmosis inversa.

Es de mencionar que en el mercado de la desalación, Estados Unidos ha sido líder en plantas de aguas salobres y lo consigue centrándose en las membranas, mientras que los Estados Árabes del Golfo Pérsico lo son en plantas de agua de mar a través de la tecnología térmica. La razón de que los estados árabes del Golfo Pérsico sean líderes en desalación térmica proviene del fácil acceso al suministro de petróleo (EOI, 2014).

Tabla 8-1 Ranking mundial de los diez países con mayor capacidad para desalar agua.

	Países	Capacidad (m^3/día)	Porcentaje de la producción mundial
1.	Arabia Saudita	10.598.000	17
2.	Emiratos Árabes Unidos	8.743.000	14
3.	Estados Unidos de América	8.344.000	14
4.	España	5.428.000	9
5.	China	2.553.000	4
6.	Kuwait	2.390.000	4
7.	Qatar	2.049.000	3
8.	Argelia	1.826.000	3
9.	Australia	1.508.000	2
10.	Japón	1.153.000	2

Fuente: Informe: "2008-2009 Desalination Yearbook", elaborado por la Asociación Internacional de Desalación (IDA) y la publicación inglesa Global Water Intelligence (GWI) (IDA, 2017).

8.4 Experiencia en Chile

En Chile la creciente necesidad de ampliar el abastecimiento de agua, en especial en el norte del país, ha provocado un aumento considerable de plantas desalinizadoras. Al 2015 existen 20 plantas desalinizadoras en operación de las cuales 11 son utilizadas en minería, 8 empleadas en la potabilización para consumo humano y una planta destinada para uso industrial. La mayor parte de ellas están ubicadas en la Macrozona Norte, siendo la Región de Antofagasta la que concentra el mayor número plantas, alcanzando un total de 12. Debido a los planes de expansión, existen otras 16 plantas proyectadas, con distintos estados de avance (Tabla 8-2).

A nivel de grandes centros urbanos, actualmente Antofagasta, Taltal y Arica cuentan con plantas desaladoras para abastecer a parte de sus habitantes del vital elemento. En la capital de la Región de Arica y Parinacota, una empresa privada procesa agua de pozos subterráneos y su alcance es limitado, por lo que se proyecta la construcción de una instalación mucho mayor, con aportes del Estado, que permitirá asegurar la entrega del recurso en toda la zona. En Antofagasta, también se levantara una segunda planta, adicional a la ya existente, para satisfacer la demanda del 40% de la población que actualmente aún no se abastece con agua desalada, y que también provea a la cercana

Folio007508

ciudad de Tocopilla. Por su parte, algunos de los sistemas de Agua Potable Rural (APR), cuentan desde el año 1998 con esta tecnología. La primera planta de Osmosis Inversa en los APR fue instalada en San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta. Actualmente existen 18 plantas instaladas con esta tecnología, ubicadas en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo y Aysén.

A estas experiencias se agregan los múltiples proyectos que desarrolla la industria minera para instalar plantas desaladoras para provisión de agua industrial para sus faenas. Ejemplo de esto es lo que ocurre con la planta que Minera Escondida opera en el sector de puerto Coloso, en la Región de Antofagasta, donde la compañía pretende ampliar su infraestructura y capacidad para poder cubrir la demanda de agua de su proyecto Lixiviación de Sulfuros. En desarrollo, en tanto, hay iniciativas similares para Minera Candelaria, la división Mantoverde de Anglo American y Minera Doña Inés de Collahuasi cerca de Iquique. También con el objetivo de contribuir a suplir las necesidades hídricas de procesos productivos propios y externos, el Grupo CAP y Aguas Barcelona (Agbar), además de Minera El Morro de Goldcorp avanzan en planes de inversión del mismo tipo en la Región de Atacama.

La primera planta moderna se construyó en Antofagasta por la empresa “Aguas de Antofagasta” para abastecer a la capital de la minería chilena. Al año siguiente se construyó otra en Taltal. La desalinizadora de Antofagasta abastece al 60% de los residentes de la ciudad, mientras que la de Taltal al 20%. Actualmente se encuentra en proceso de construcción una de las plantas desalinizadoras más grandes de Sudamérica en Puerto Coloso, al sur de Antofagasta. La construcción se lleva a cabo por la empresa “Minera Escondida”. Dicha desalinizadora producirá 216 millones de litros al día. La instalación tiene un coste de 3.430 millones de dólares y se espera que empiece a funcionar en 2017[1].

8.5 Operaciones y nuevos proyectos mineros en carpeta

La escasez de agua en algunas regiones del norte de Chile se ha transformado en un tema estratégico para industrias como la minería. La búsqueda de opciones para enfrentar la estrechez hídrica ha llevado a las empresas a privilegiar, sobre todo, una de ellas: la construcción de plantas desalinizadoras. Al utilizar agua desalinizada o agua directa de mar se liberan recursos de agua fresca que puedan ser requeridos. El agua fresca proviene de fuentes subterráneas, por ejemplo, acuíferos (la mayor parte del norte es de esta fuente) y de fuentes superficiales, como puede ser un río Dada la relevancia que tiene y tendrá el uso de agua de mar en la industria minera del cobre, se indica a continuación el catastro de las plantas desaladoras y con uso directo de agua de mar (sin desalar) presentes en el país, ya sea aquellas que están en operación o en distintos grados de avance según la información pública indicada por las empresas.

Según datos de Cochilco, las plantas que operan en las regiones de Antofagasta y Atacama son las siguientes:

[1] Revista Agua. 2017. Agua. [En línea] Grupo Editorial Editec, Abril de 2017. http://www.revistagua.cl/wp-content/uploads/sites/7/2017/04/AGUA-06-1.pdf.

Folio007509

Tabla 8-2 Chile. Catastro plantas desaladoras y sistemas de impulsión de agua de mar al 20172.

Año puesta en marcha	Estado	Compañía	Nombre	Región	Capacidad Planta Desaladora (l/s)	Capacidad Agua de mar directa (l/s)
–	Operando	BHP Billiton	Planta Coloso	Antofagasta	525	–
–	Operando	Antofagasta Minerals	Distrito Centinela (Ex Esperanza)	Antofagasta	50-150	780-1500
–	Operando	SLM Las Cenizas	las Cenizas Taltal	Antofagasta	9	55
–	Operando	ENAMI	Planta Taltal	Antofagasta	–	15
–	Operando	Compañía Minera Tocopilla	Mantos de Luna	Antofagasta	20	5
–	Operando	Lundin Minning	Candelaria	Atacama	300-500	–
–	Operando	AngloAmerican	Mantoverde	Atacama	120	–
–	Operando	KGHM	Sierra Gorda	Antofagasta	63	300-1300
–	Operando	Antofagasta Minerals	Agua desalada Antucoya	Antofagasta	50	280
–	Operando (Proyecto detenido)	Minera Pampa Camarones	Pampa Camarones	Parinacota	5	25
–	Operando	CAP	Cerro Negro Norte (Hierro)	Atacama	400-600	–
2017	En construcció n	BHP Billiton	Escondida Water Supply (EWS)	Antofagasta	2500	–
2018	Factibilidad	Lundin Minning	Candelaria 2030	Atacama	500	–
2018	EIA aprobado	Antofagasta Minerals	Encuentro Oxidos	Antofagasta	–	Ampliación tuberías Esperanza
2019	EIA presentado	Antofagasta Minerals	Encuentro Sulfuros (Desarrollo Minera Centinela)	Antofagasta	–	Ampliación tuberías Esperanza
2019	EIA en calificación	BHP Billiton	Spence Growth Project (Minerales primarios)	Antofagasta	800-1600	–
2019	EIA aprobado (Proyecto detenido)	Caspone	Agua de mar Santo Domingo	Atacama	22,5	400
2019	EIA aprobado	Copec	Diego de Almagro	Atacama	30	315
2020	Sin EIA	Antofagasta Minerals	Los Pelambres ampliación marginal-Fase 1	Coquimbo	400	–
2021	EIA aprobado	Codelco Norte	Distrito Norte	Antofagasta	630-1680	–

[2] COMISIÓN CHILENA DEL COBRE, MINISTERIO DE ECONOMÍA. 2016 - 2017. https://www.cochilco.cl/Paginas/Inicio.aspx. COCHILCO. 2016 - 2017. https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Consumo%20de%20agua%20en%20la%20mineria%20del%20cobre%20al%202016%20-%20version%20final.pdf

Folio007510

Año puesta en marcha	Estado	Compañía	Nombre	Región	Capacidad Planta Desaladora (l/s)	Capacidad Agua de mar directa (l/s)
	(para RT faseII)					
2021	EIA en calificación	Teck	Quebrada Blanca fase 2	Tarapacá	1300	–
s/i	Sin EIA	Goldcorp y Teck	Nueva Unión	Atacama	740	–
s/i	Sin EIA	Freeport McMoran	El Abra Mil Project	Antofagasta	500	–

Fuente: COCHILCO sobre la base de información pública.

Al 2016 el agua de mar en la minería del cobre alcanzó los 2,45 m^3/s, que representa un 15% del agua utilizada en minería, de ellos 1,61 m^3/s corresponden a agua de mar utilizada directamente en los procesos con un alto contenido de sal, mientras que 0,83 m^3/s es de agua previamente desalinizada[3].

En cuanto al desarrollo a futuro, se prevén al menos 12 proyectos con uso directo de agua de mar y/o desalinización, los que también se ubican en la zona norte del país, manteniendo una mayor participación la Región de Antofagasta, seguida de la Región de Atacama, con un nuevo potencial en las regiones de Tarapacá y Coquimbo. Entre los proyectos más emblemáticos por su envergadura destacan la nueva desalinizadora de Minera Escondida, actualmente en construcción, y el de Distrito Norte, de Codelco. Pero en el análisis no hay que dejar de lado la importancia de la localización de las operaciones, pues no todas pueden abastecerse de agua de mar. Gran parte del nuevo consumo de agua de mar, provendría de las regiones de Antofagasta y Atacama, sin embargo en regiones como Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins el uso de agua de mar no es siempre factible técnica, económica o socialmente[4].

Hoy, en lugares tan disímiles como Antofagasta, Caldera o Isla de Pascua existen alrededor de diez instalaciones de este tipo que usan agua marina para consumo humano e industrial, y hay proyectos en la zona norte y centro de Chile para al menos duplicar este número de aquí al 2020.

La primera planta moderna fue levantada en el año 2013 en la llamada "Perla del Norte" por Aguas de Antofagasta -entonces del grupo Luksic y hoy vendida a la colombiana EPM-, para abastecer a la capital de la minería chilena. Un año después hizo otra en Taltal. La desaladora de Antofagasta abastece al 60% de los residentes y la de Taltal, al 20%.

En el sector minero actualmente existen 11 operaciones con uso directo de agua de mar en sus procesos y/o desalinización. Estas operaciones se ubican en la zona norte del país, teniendo una mayor participación la Región de Antofagasta, seguida de la Región de Atacama. La capacidad total instalada de agua desalinizada es de 2.038 [l/s] y de agua de mar directa en los procesos es de 3.648 [l/s]. Actualmente la minería del Cobre es la con mayor participación y CAP con su nueva desalinizadora aporta la primera desalinizadora asociada a la minería de Hierro, además la minería del yodo ha venido impulsando de a poco el uso directo de agua de mar en sus procesos de lixiviación.

[4] EXPOMIN. 2015. Portal de Prensa. http://prensa.expomin.cl/. [En línea] 2015. http://prensa.expomin.cl/el-mercurio-aumentan-plantas-desaladoras-en-chile-y-se-proyectan-cerca-de-20-en-cinco-anos/.

Folio007511

8.6 Costos de Desalinización y de bombeo en Chile

Es fundamental estar al tanto de la estrecha relación que existe entre el uso de agua de mar y el consumo energético, pues de una manera u otra se traspasa el obstáculo de escasez hídrica a un problema energético.

El costo del agua se transforma ineludiblemente en costo energético. Tal contexto indica que la tendencia es incorporar tecnologías de recuperación de energía y de monitoreo remoto, de modo de incrementar la confiabilidad y reducir el costo de operación de estos sistemas. Esto pone de relieve la importancia de una mayor integración entre el agua y la energía sostenible, en el que la reutilización del agua, combinado con la gestión integrada por cuencas, podrían proporcionar una solución para la escasez observada en las cuencas altamente vulnerables ubicadas en ambientes áridos.

A escala regional, compartir la red de tuberías e infraestructura de desalinización para el suministro de agua de mar entre las distintas empresas de minería aparece como una propuesta lógica para un menor consumo de energía y la disminución de los costos financieros. Sin embargo, no se debe olvidar que el agua de mar es sólo una opción de seguridad del agua, y los diferentes tipos de tratamiento de agua deben trabajar juntos para proporcionar una estrategia global. También se deben tener en cuenta todas las opciones o alternativas disponibles, incluyendo la mejora en la eficiencia, el reciclaje y las nuevas tecnologías, y considerar los diferentes tipos de agua para diferentes propósitos según su calidad.

Los sistemas de impulsión de agua dentro del sector minero constituyen un factor determinante de los costos dentro de los proyectos, puesto que en Chile las faenas mineras se encuentran por lo general a una gran distancia de la costa, a 140 [km] en promedio y a una altura sobre los 2.000 [msnm]. Esto hace que el desarrollo de estos sistemas de abastecimiento de agua de mar sea muy costoso, tanto en la inversión como en términos operacionales, por los requerimientos energéticos del sistema.

De acuerdo con un análisis efectuado por el Consejo Minero, en base a datos proporcionados por Wood Mackenzie, CRU Group y McKinsey, además del costo de la energía influye la altura de los yacimientos, pues mientras mayor sea este indicador, más intensivo es el uso de energía para bombear el recurso hasta la faena.

8.7 Inversiones en Chile

Se presenta un recuento relativo a los niveles de inversión registrados en diferentes proyectos de uso de agua de mar de desarrollo reciente en el país:

En Puerto Coloso, al sur de la ciudad de Antofagasta, Minera Escondida construye la mayor desaladora del continente y una de las más grandes instalaciones de este tipo en el mundo. Producirá 2.500 litros de agua industrial por segundo -216 millones de litros al día- para esta faena perteneciente al grupo BHP Billiton. La instalación tiene una inversión de US$ 3.430 millones y se espera que entre en operaciones en 2017. Esta es la segunda planta de este tipo que hace el grupo minero. En 2006 ya inauguró una planta también para Escondida en la misma zona y que tuvo una inversión de US$ 60 millones.

En la Región de Atacama, tres empresas mineras han desarrollado plantas desaladoras, Candelaria, CAP y AngloAmerican. Candelaria, de la canadiense Lundin, puso en marcha en 2013 una instalación cerca del puerto de Caldera, con una inversión de US$ 330 millones.

Folio007512

La empresa CAP invirtió US$ 395 millones en la depuradora Punta Totoralillo, que dispone de dos acueductos, uno de 80 km y otro de 140 km de extensión. Aunque se pensó para explotar la mina de hierro de Cerro Negro Norte y evitar así extraer agua del valle de Copiapó, ya agotado, la planta amplió su giro y también abastece de agua para consumo humano a Caldera.

La empresa AngloAmerican para sus operaciones de Manto Verde, invirtió US$ 100 millones para producir 120 l/s de agua industrial. La planta se ubica en la bahía Corral de los Chanchos, cerca de Chañaral. Como desde la costa al interior se tiene que bombear el agua por 42 kilómetros, la empresa minera construyó un tendido eléctrico para poder realizar tal tarea, que es por lejos el mayor costo operacional de la instalación.

En Arica, Aguas del Altiplano -controlada por la japonesa Marubeni- planea hacer una planta de 300 a 600 l/s. El objetivo que se persigue es liberar recursos hídricos para la agricultura de los valles de Azapa y Lluta, que son claves para la alimentación de la región más septentrional de Chile. Se habla de una inversión de entre US$ 50 millones y US$ 100 millones, pero hay dudas de cómo financiarla para que no impacte en las cuentas de agua. Hay negociaciones para que sea una inversión hecha por el Estado, dice un director de la firma.

En la Región de Antofagasta, Aguas de Antofagasta proyecta otra instalación para Tocopilla, con una inversión de US$ 26 millones. La iniciativa está en calificación ambiental.

En la Región de Atacama, Aguas Chañar tiene proyectada una planta para fines de 2017, que en una primera etapa tendrá la capacidad de 450 l/s, para llegar a un máximo de 1.200 l/s, convirtiéndose en la instalación más grande del país destinada a agua potable, pensada para sus clientes de Tierra Amarilla, Copiapó, Caldera y Chañaral. Es decir, más de 83 mil usuarios. La inversión inicial se estima en US$ 100 millones.

En la misma zona, CAP está analizando construir o ampliar su planta desaladora en Punta Totoralillo, dado que esta área se convirtió en un atractivo negocio, en un contexto de bajos precios en el giro principal, la minería de hierro.

También en Atacama, la firma Seven Seas tiene la licencia ambiental para hacer una desaladora en Bahía de Caldera, por US$ 12,5 millones[5].

8.8 Costos

En este apartado se presenta un recuento relativo a los niveles de costos registrados en diferentes proyectos de uso de agua de mar de desarrollo reciente en el país:

Un metro cúbico de agua desalada cuesta cerca de US$ 1 si está en la costa, pero sube conforme se bombea hacia el interior. En zonas de altura, donde están varias mineras, puede llegar a costar entre US$ 8 y US$ 10 m[36].

Otros estudios (Colomina, 2016) estiman el costo del metro cúbico será de 0.9 dólares a nivel del mar.

[5] UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN. Síntesis de noticias sobre recursos hídricos N° 8. Centro De Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM). [En línea] http://www.crhiam.cl/wp-content/uploads/2016/01/S%C3%ADntesis-n8.pdf.
[6] http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=173478

Folio007513

En promedio, las firmas pagan US$5 por un m^3 de agua de mar desalada puesta en la mina. La misma unidad de agua fresca cuesta US$1,6. El ítem transporte y costo de operación explica US$1,8 del total del valor que significa elevar hasta la mina el agua. El costo de capital involucra otros US$1,8 y el proceso de desalinización (sumando capital y operación), US$1,5.

A modo de comparación, en Estados Unidos la misma unidad cuesta US$2,3 por m^3, mientras que en México, otro país minero, se pagan US$2,8 en promedio (Pulso, 2007).

También se han desarrollado instalaciones para facilitar el uso de agua de mar de forma directa, lo que reduce el costo hasta los US$3,6 por m^3, aunque para ello es imprescindible invertir en instalaciones aptas para funcionar con esta agua, mucho más corrosiva7.

El costo de agua desalinizada es hoy comparable al del agua proveniente de las fuentes convencionales en zonas de escasez como lo es la zona norte del país.

8.9 Caso detallado

Un estudio denominado “Desalación sustentable para la minería del Norte de Chile” desarrollado por Meruane (2015), define los elementos relevantes para el desarrollo de una planta de desalación en Chile.

Se considera separar el proyecto en tres etapas de operación, para atender tres proyectos mineros en el país: Radomiro Tomic, Chuquicamata subterránea, El Abra.

Tabla 8-3 Proyectos asociados al segmento de mercado objetivo

Proyecto	Producción esperada (miles de toneladas por año)	Consumo de agua dulce (l/s)
Radomiro Tomic	200	456
Chuquicamata Subterránea	366	471
El Abra Mill Project	200	580
Total	766	987

[7] Universidad de Valparaíso. 2013. http://www.ingenieriaoceanica.cl/. [En línea] 2013. http://www.ingenieriaoceanica.cl/index.php/2013/389-grandes-mineras-aseguran-que-desalar-agua-en-chile-cuesta-el-doble-que-en-eeuu.

Folio007514

Los parámetros de diseño de ingeniería para este caso son:

Tabla 8-4 Parámetros de diseño de ingeniería.

Planta	Capacidad de diseño	Área de emplazamiento
Planta desalinizadora	1.000 l/s	400 ha
Planta energía solar	65 MW	100 ha
Sistema de impulsión	1.000 l/s	150 km de largo y 3.000 msnm

Se estima como nivel de inversión inicial:

Tabla 8-5 Nivel de inversión inicial.

Planta	Capital (MMUS$)	Costo referencial	Fuente
Planta desalinizadora	72,3	740 EU$/$m^3$/día	Waterhouse Association 2012
Planta energía solar	500,0	2.000 MMUS$/260 MW	Solar Reserve Company 2014
Sistema de impulsión	57,8	144 MMUS$/2,5 m^3/s	Licitación Minera La Escondida (2013)
Terrenos	88,7	4,5 UF/m^2 rural	Portal Inmobiliario
Estudios	1,6		Estudio de Ingeniería Civil Ambiental
Capital Extra	12,0		
Total (MMUS$)	732,4		

Folio007515

En tanto se plantea la siguiente estructura de costos anuales de operación y mantenimiento:

Tabla 8-6 Costos anuales de operación y mantenimiento.

Planta	Costo (MMUS$/año)	Valor Referencial	Fuente
Planta desalinizadora	3,31	0,093 EU$/m^3	Del Villar Garcia (2014)
Planta energía solar	1,02	28 US$/MW	IRENA (2014)
Sistema de impulsión	1,73	0,049 EU$/m^3	Del Villar Garcia (2014)
Costos Operación y Mantención	6,06		

Asimismo, se contemplan como Gastos Generales y Administrativos:

Tabla 8-7 Gastos generales y administrativos.

Ítem	Gasto (MMUS$/año)
Gastos generales	0.11
Gatos atención al cliente	0.11
Concesión marítima y patentes de terrenos	0,80
Gasto Total	1,02

Analizando estimativamente la información de este caso se concluye que el costo por m^3 desalado e impulsado es de US$ 7,0 por m^3, lo que es consistente con los órdenes de magnitud de inversión y costos recabados en este capítulo.

Folio007516

8.10 Costo económico asociado a la pérdida irrecuperable de los sistemas identificados en situación de peligro

En este contexto, se recoge los resultados de uno de los estudios clave relativo a la valoración de áreas silvestres en el país. En efecto, el estudio "Valoración Económica Detallada de las Áreas Protegidas de Chile" (Figueroa, 2010) complementa y profundiza la estimación del valor económico de los bienes y servicios ecosistémicos de las áreas protegidas realizada durante la fase de preparación del proyecto SNAP[8]. En este estudio se hace referencia específica a la valoración ambiental de humedales salar, los cuales corresponderían a las zonas afectadas a que refiere esta consultoría.

La evaluación planteada en este estudio se efectuó con la mejor información disponible para el país y aplicando las metodologías específicas de valoración usadas comúnmente en el mundo. Incluyó por una parte los valores de uso. Primero, los indirectos entre los que se destacan los valores de la polinización, la regulación atmosférica por emisiones de CO_2, la regulación hídrica, la regulación de nutrientes y el valor de refugio. Luego los valores de uso directos, siendo los de mayor valor los servicios de abastecimiento de aguas, combustible y turismo y recreación. Además, se cuantificaron los valores de no uso, en particular el de existencia, que resulta ser relativamente bajo.

La metodología empleada fue la de la Matriz de Cálculo del Valor Económico Total (MCVET) desarrollada por Figueroa (2010) y su equipo de trabajo en el Centro de Economía de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, del Departamento de Economía de la Universidad de Chile.

En referencia a los Humedales Salar en este estudio se registra la siguiente superficie.

[8] Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Folio007517

Tabla 8-8 Chile, Superficie de Humedales salar, 2010, en hectáreas.

Ecosistema	SNAP 19	SNAP 210
Humedal Salar	87.471	125.480

Fuente: Figueroa (2010) a partir de CONAF-CONAMA-BIRF (1997 y actualizaciones); CONAMA (2009).

Los humedales corresponden a ecosistemas del planeta que producen y generan una enorme cantidad de bienes y servicios que satisfacen distintas necesidades de las personas, desde las más básicas, como las de contar con aire respirable, alimentación o agua para la bebida y el riego, hasta otras necesidades aparentemente más prescindibles, pero también importantes, como las de realización espiritual y estética o de esparcimiento.

En efecto, estos ecosistemas proveen un gran número de bienes. Además, aportan servicios fundamentales para el soporte de la vida, relacionados con la regulación de los gases de la atmósfera, la regulación del clima, la regulación de los ciclos hidrológicos, la regulación de los mecanismos y procesos que determinan la productividad y estabilidad de los suelos, de los bosques, de los humedales, etc. De esta forma, los bienes y servicios provistos por estos ecosistemas determinan de manera crucial el bienestar humano. Más aún, en ausencia de los ecosistemas, sus indispensables servicios y funciones ecosistémicos cesarían de existir y, con ellos, desaparecería la provisión de los bienes y servicios que ellos generan.

El estudio de Figueroa (2010) toma como referencia las definiciones conceptuales planteadas por EEM (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio)[11] que clasifica los bienes y servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas planetarios en cuatro categorías de 'servicios' (ecosistémicos):

Servicios de Provisión: que incluye los productos o bienes tangibles que se obtienen de los ecosistemas y que en su mayoría presentan un mercado estructurado. Ejemplo de estos bienes son alimentos, agua, combustible, fibras, materias primas, recursos genéticos, entre otros.

Servicios de Regulación: que incorpora los servicios relacionados con los procesos ecosistémicos y con su aporte a la regulación del sistema natural. Ejemplo de ellos son la regulación climática, la purificación del agua, la polinización, la regulación de enfermedades, el control biológico, entre otros.

Servicios Culturales: que corresponden a servicios no materiales que el hombre obtiene de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y el disfrute estético. Los servicios culturales están muy ligados a los valores humanos, su identidad y su comportamiento.

[9] SNAP 1: Considera a las áreas protegidas de categorías legalmente reconocidas. Se incluyen a los monumentos naturales, reservas nacionales, parques nacionales, santuarios de la naturaleza, bienes nacionales protegidos, sitios Ramsar, reservas marinas y áreas marinas y costeras protegidas.

[10] SNAP 2: Considera a las áreas protegidas en SNAP 1 más los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad y las áreas protegidas privadas.

[11] La Evaluación del Milenio de los Ecosistemas (EEM), que fue realizada por un grupo de más de 1.400 de los más connotados especialistas del mundo, constituye la más reciente y aceptada evaluación del estado de los ecosistemas planetarios.

Folio007518

Servicios de Base (o Soporte): que incluye a los servicios necesarios para el funcionamiento del ecosistema y la adecuada producción de servicios ecosistémicos. Su efecto sobre el bienestar de las personas y la sociedad se manifiesta en el largo plazo a través del impacto en la provisión de otros bienes y servicios ecosistémicos. Ejemplos de este tipo de servicio son la regulación climática y la regulación hídrica.

Conceptualmente Figueroa (2010) plantea que el proceso de valoración económica de las APs[12] incluye dos pasos fundamentales, la demostración de su Valor Económico Total (VET) y la cuantificación del mismo (Pearce, 2001). Esta última se realiza en unidades monetarias, puesto que es un indicador fácil de comprender por todas las personas.

El precio de mercado es la expresión monetaria de la valoración o disposición a pagar que alguien, o la sociedad, tiene por un bien o un servicio. El concepto de disposición a pagar representa la cantidad de dinero que un individuo está dispuesto a entregar, por un bien o servicio ambiental, para incrementar su nivel de bienestar o impedir una pérdida del mismo, o bien, la cantidad de dinero que está dispuesto a aceptar por un cambio en la calidad de vida producto del deterioro ambiental (Field, 1995).

Para calcular el VET de un AP, por tanto, la metodología utilizada Figueroa (2010) identifica y cuantifica todos los valores de uso y no uso que se derivan de los bienes y servicios aportados por el AP. Para esto se emplean los siguientes cinco pasos:

- Identificar los bienes y servicios ecosistémicos provistos por el AP
- Calcular el flujo de cada bien o servicio que el AP proveerá en el período de tiempo en que se evalúa (un año);
- Estimar el valor unitario de cada bien o servicio identificado;
- Calcular el valor del flujo anual de cada bien o servicio; y,
- Sumar el valor de los flujos de todos los bienes y servicios que provee el AP.

De tal manera, para efectos de valorización de humedales, y otros ecosistemas en el estudio en referencia, se empleó del método de transferencia de beneficios en la valoración económica, el que tomó como base la valorización realizada por Brander et al. (2006) a partir de 89 estudios internacionales, ajustando sus cifras por medio de la utilización del Poder de Paridad de Compra (PPC) y un parámetro de Elasticidad de Utilidad Marginal, estimado para Chile por Figueroa (2010), y en este caso utilizado como coeficiente de ajuste a la realidad nacional.

La Tabla 8-9 muestra los ajustes o correcciones realizadas a los valores del estudio original de Brander et al. (2006) para transferirlos a la valoración económica realizada para el caso humedales salar en Chile.

[12] Áreas protegidas.

Folio007519

Tabla 8-9 Valor Unitario de los servicios ambientales de los humedales en las áreas protegidas de Chile, US$/ha.

Servicio Ambiental	Valor Unitario (US$ de 2009)[a]	Valor Unitario Ajustado por inflación Estados Unidos[b] (US$ de 2009)	Valor Unitario Ajustado por PPC[c] (US$ de 2009)	Valor Unitario Ajustado por UMId (US$ de 2009)
Filtración de agua	288	361,55	255,63	81,8
Oferta de agua	45	56,49	39,94	12,78
Hábitat/refugio	201	252,33	178,41	57,09

[a]: Valores en Brander et al. (2006)
[b]: Índice de inflación en EE.UU. entre 2000 y 2009 = 125,41. Fuente: http://www.bis.gob/cpi
[c]: PPC = paridad de poder de compra = 0,69. Fuente: World Development Indicators (World Bank).
[d]: Factor de actualización = 0,32 determinado a partir de la elasticidad de la utilidad marginal.

Adicionalmente, se hace referencia al valor de Captura de Carbono por parte de los humedales utilizando la misma metodología (Tabla 8-10). Se consideró como antecedente que la Captura de Carbono de humedales salar en Chile corresponde a 45,8 ton/ha/año.

Tabla 8-10. Chile. Valorización de Captura de Carbono de Humedales Salar.

Servicio Ambiental	Precio (US$ de 2009/ton de CO_2)	Precio Ajustado por PPC (US$ de 2009/ton de CO_2)	Valor Unitario Ajustado por PPC[a] (US$ de 2009/ha)	Valor Unitario Ajustado por UMI[b] (US$ de 2009/ha)
Humedal Salar	17,29	11,97	548,18	175,42

[a]: PPC = paridad de poder de compra = 0,69. Fuente: World Development Indicators (World Bank).
[b]: Factor de actualización = 0,32 determinado a partir de la Utilidad marginal del ingreso (UMI).

Las tasas de captura de carbono para cada tipo de ecosistema, multiplicadas por la superficie de cada uno de los ecosistemas presentes en las APs de Chile, entregan la cantidad total de carbón secuestrado por las áreas bajo protección en el SNAP1 y SNAP2 por tipo de ecosistema. Para obtener el valor económico de este servicio, se multiplicó estas cantidades de secuestro total de carbono para cada tipo de ecosistema protegido por el valor unitario del servicio para cada ecosistema.

Para la estimación del valor unitario del servicio de captura de carbono por hectárea para cada tipo de ecosistema protegido se utilizó las tasas de captura de carbono por unidad de ecosistema humedal y un precio de US$17,69 por tonelada de carbono capturado de los mercados internacionales. Los valores unitarios así obtenidos se ajustaron por paridad de poder de compra (PPC) y por utilidad marginal del ingreso.

Para valorar el servicio de provisión de recursos para el turismo y la recreación, se consideró que el turismo o recreación practicada en APs, como es el caso de los

Folio007520

humedales corresponde en general a un tipo de turismo más asociado al turismo de intereses especiales o turismo de naturaleza que al turismo masivo. Esto porque los visitantes de las APs, buscan una experiencia turística más que un destino o atributo específico, y es esta experiencia la que les reporta el verdadero bienestar o satisfacción de la actividad turística realizada. De hecho, Newsome, Moore y Dowling (2002), y otros autores tienden a definir el turismo de naturaleza como uno que depende directamente del goce de los recursos naturales en un estado relativamente no-desarrollado, que incluye el paisaje, la topografía, los recursos acuáticos, la vegetación y la vida salvaje, es decir no solo a un o algunos atributos solamente. Incluyen en esta definición, la aventura, la base natural y el ecoturismo.

En el caso de los humedales salar el valor económico del turismo se estimó en aproximadamente 10,7 dólares por hectárea.

En resumen, el valor ecológico por hectárea de humedal salar, según los valores estimados por Figueroa (2010) sobre la base de la estimación de Brander (2000) representaría un monto de 338 dólares del 2009, según se detalla en la Tabla 8-11.

Tabla 8-11. Valor Ecológico por hectárea de Humedal, Figueroa (2010

Servicio Ambiental	Valor unitario (US$)
Filtración de agua	81,80
Oferta de agua	12,78
Hábitat/refugio	57,09
Captura de Carbono	175,42
Turismo	10,70
Total/ha	338

Fuente: Figueroa, 2010

El valor de 338 US$/ha representa la pérdida social que el país experimentaría por efecto de la desaparición de una hectárea de humedal salar.

Este valor está claramente subestimado, ya que si se pondera la oferta de agua en m3/ha por su valor de desalación, suponiendo una columna de agua de 1 m/ha y precios de desalación de 6 a 8 dólares por m^3, el valor de reposición de oferta de agua puede alcanzar entre 60.000 – 80.000 US$/ha, valores extremos que permiten definir los dos escenarios que se presentan en la Tabla 8.12. Al no disponer de cifras representativas del orden de magnitud respecto del servicio ambiental de filtración de agua, se excluyó dicho ítem en la siguiente valorización.

Folio007521

Tabla 8-12. Valorización del humedal salar, considerando valores de desalación.

Servicio Ambiental	Valor unitario por hectárea (US$)	
	Escenario 1	Escenario 2
Filtración de agua	s/d	s/d
Oferta de agua	60.000,00	80.000,00
Hábitat/refugio	61,80	61,80
Captura de Carbono	189,90	189,90
Turismo	11,58	11,58
Total/ha	**60.263**	**80.263**

Fuente: Estimación de los autores.

El estudio desarrollado por Figueroa (2010) estima valores anuales de los ecosistemas nacionales y adicionalmente perpetua dichos valores utilizando tasas de descuento social para efectos de obtener Valores de Stock. En el caso de los humedales salar, este ejercicio, de acuerdo a los escenarios planteados, permite estimar su valor de stock [1] actualizado (considerando una tasa de descuento social del 6%, recomendada por el Ministerio de Desarrollo Social) en US$ 1,004.383 /ha (US$ 60.263 / 6%) en el escenario 1 y en US$ 1,337.717/ha en el escenario 2. De tal manera, la pérdida social de cada una de las hectáreas de humedales, sometidas a la presión de demanda hídrica por las mineras en las zonas altiplánicas de Chile se encontraría en este rango de valores.

En referencia a los valores de stock estimados, si la columna de agua por hectárea se estima en el rango de 1 a 2 m, el caudal de reposición fluctuaría entre 0,4 – 0,8 l/s/ha por año, en un horizonte de recuperación de 20 años.

8.11 Valoración de los caudales de reposición en distintos escenarios de cambio climático

Sobre la base del modelamiento ejecutado durante este estudio se generaron antecedentes simulados para dos escenarios representativos del efecto del Cambio Climático, a saber, el RCP 2.6 Y RCP 8.5.

Los nuevos escenarios de cambio climático han sido propuestos por el "Integrated Assessment Modelling Community" (IAMC), y descritos en detalle en Moss et al. (2010) y en Van Vuuren et al., (2011). Ellos corresponden a 4 escenarios RCPs, cuyo nombre se asocia al forzante radiativo que producen al año 2100: RCP 2.6 W/m^2, RCP 4.5 W/m^2, RCP 6.0 W/m^2 y RCP 8.5 W/m^2.

Los escenarios o RCPs son consistentes con ciertos supuestos socioeconómicos y pueden ser definidos como una visión de un futuro probable, bajo cada uno de dichos escenarios, desde un RCP 2.6 que representa bajas emisiones futuras, a un escenario RCP 8.5, que reflejaría altas emisiones a futuro.

RCP 8.5 Altas emisiones

Este escenario es consistente con un futuro en donde no hay cambios de política para reducir emisiones y se caracteriza por un aumento sostenido de las emisiones de gases

Folio007522

de efecto invernadero (GEI) lo cual conduce a una concentración en la atmósfera mayor en el tiempo. Este escenario asume, entre otras cosas, triplicar las emisiones actuales de CO_2 al año 2100 junto a un rápido incremento de las emisiones de metano, y una población mundial de 12 billones de personas a ese mismo año.

RCP 2.6 Bajas emisiones

Este escenario, en contraste con el anterior, es un futuro con fuertes reducciones de emisiones de gases para cumplir con metas muy exigentes que permitirían retrotraer las emisiones

Estos escenarios de emisiones consideran muchas variables, que en su conjunto generan un modelo bastante complejo. Entre las variables más relevantes podemos mencionar: crecimiento poblacional, aumento del PIB, tasas de cambios tecnológicos y de eficiencia energética, demanda energética y emisiones de gases de efecto invernadero. Dado lo complejo de los escenarios, los resultados traen consigo mucha incertidumbre, por lo que se hace necesario realizar un análisis probabilístico de los resultados, pasando desde los casos extremos a situaciones intermedias, y que corresponderían a estos cuatro escenarios propuestos por el IAMC.

Estos escenarios contrastantes fueron comparados con el escenario base actual o hindcast, el cual usó 30 años de datos reales de meteorología para proyectar la tendencia futura.

Cada uno estos escenarios se representa de manera diferenciada en 48 de cuerpos de agua (16.662 ha) y 264 sistemas vegetacionales (17.695 ha), todos ellos caracterizados individualmente (Planilla_Costos_Escenarios_Desalación.xlsx en Anexo k)

A partir de estos antecedentes y de los parámetros de valorización económica ya señalados (costo de desalinización de agua de: US$ 6-8 / m^3), los valores totales anuales estimados de los caudales de reposición correspondientes a Cuerpos de Agua y Sistemas Vegetacionales, en los tres escenarios planteados, se presentan en la Tabla 8-13.

Tabla 8-13 Valores anuales estimados de caudales de reposición para toda la superficie en estudio, cifras en MM US$.

	Costo de desalinización de agua					
	US$ 6/ m^3			US$ 8/ m^3		
Sistemas	**HindCast**	**RCP 2.6**	**RCP 8.5.**	**HindCast**	**RCP 2.6**	**RCP 8.5.**
Cuerpos de agua	863,66	898,42	863,66	1.151,54	1.197,89	1.151,54
Sistemas Vegetacionales	439,55	461,66	439,55	586,07	615,55	586,07

Fuente: Elaborado sobre la base de antecedentes generados por el modelo de simulación de aguas subterráneas y escenarios de cambio climático.

Los valores anuales de caudales de reposición para los Cuerpos de Agua prácticamente duplican a los valores estimados para los Sistemas Vegetacionales, a pesar de que sus superficies son similares.

Folio007523

Se observa que el escenario RCP 2.6 alcanza los mayores valores respecto al escenario base y al escenario RCP 8.5 los cuales muestran idénticos valores asociados a sus caudales de recarga estimados.

En la Tabla 8-14 se presentan la proyección perpetua de los valores anuales anteriormente estimados. Para este efecto, se descuenta los valores anuales utilizando una Tasa de Descuento Social de 6%.

Tabla 8-14: Valores Presentes Perpetuos estimados de caudales de reposición, considerando tasa de descuento del 6 %, para toda la superficie en estudio, cifras en MM US$.

	Costo de desalinización de agua					
	US$ 6/ m^3			US$ 8/ m^3		
Sistemas	**HindCast**	**RCP 2.6**	**RCP 8.5.**	**HindCast**	**RCP 2.6**	**RCP 8.5.**
Cuerpos de agua	14.394,292	14.973,697	14.394,292	19.192,389	19.964,929	19.192,389
Sistema Vegetacionales	7.325,909	7.694,433	7.325,909	9.767,878	10.259,244	9.767,878

Fuente: Elaborado sobre la base de antecedentes generados por el modelo de simulación de aguas subterráneas y escenarios de cambio climático.

El orden de magnitud del Valor Anual Perpetuo en el caso de los Cuerpos de Agua se encuentra en el rango de 14.394 a 19.964 millones de dólares. En tanto, en los Sistemas Vegetacionales dicho rango va desde 7.325 a 10.259 millones de dólares. El escenario RCP 2.6 concentra los mayores valores.

El cálculo del VAN Perpetuo por hectárea arroja los resultados que se presenta en la Tabla 8-15:

Tabla 8-15: VAN Perpetuo, considerando tasa de descuento del 6 %, cifras en US$/ha.

	Costo de desalinización de agua					
Sistema	US$ 6/ m^3			US$ 8/ m^3		
	HindCast	**RCP 2.6**	**RCP 8.5**	**HindCast**	**RCP 2.6**	**RCP 8.5**
Cuerpos de agua	863.911	**898.685**	863.911	1.151.881	**1.198.247**	1.151.881
Sistema Vegetacionales	414.008	434.835	414.008	552.011	579.780	552.011

Fuente: Elaborado sobre la base de antecedentes generados por el modelo de simulación de aguas subterráneas y escenarios de cambio climático.

El orden de magnitud del Valor Anual Perpetuo por hectárea en los Cuerpos de Agua se encuentra en el rango de US$ 863.911 a US$ 1.198.247. En tanto, en los Sistemas Vegetacionales dicho rango va desde US$ 414.008 a los US$ 579.780. El escenario RCP 2.6 concentra los mayores valores y estos muestran correlación directa con los valores previamente estimados en forma general en el acápite anterior (US$ 1.004.383/ha a 1.337.717/ha).

A continuación, se muestra el detalle de los lugares que originaron diferencias entre los distintos escenarios en el caso de los Cuerpos de Agua estudiados. Como se puede

Folio007524

observar en la Tabla 8-16, el Salar de Carcote, dada la diferencia de vulnerabilidades entre los escenarios, muestra una diferencia significativa en sus caudales de recarga y sus valores económicos asociados (con un diferencia estimado en 770 millones de dólares, considerando como valor de reposición: US$8/ m3 de agua desalinizada).

Tabla 8-16: Cuerpos de Agua que muestran diferencias entre los escenarios.

Nombre	Área (ha)	Vulnerabilidad HindCast	Vulnerabilidad RCP 2.6	Caudal recarga máxima HindCast (m^3/d)	Caudal recarga máxima RCP 2.6 (m^3/d)	VAN (6%) PERPETUO US$	
						HindCast	RCP 2.6
Salar de Carcote	440,95	Estable y Baja	Estable y Muy Alta	10582	26456	515.026.516	1.287.566.291

Fuente: Elaborado sobre la base de antecedentes generados por el modelo de simulación de aguas subterráneas y escenarios de cambio climático.

Asimismo, se presenta el detalle de las locaciones que originaron diferencias entre los distintos escenarios para la situación de los Sistemas Vegetaciones.

Folio007525

Tabla 8-17: Sistemas Vegetacionales que muestran diferencias entre los escenarios.

NOMBRE	Área	Vulnerabilidad RCP 2.6	Caudal recarga máxima HindCast (m^3/d)	Caudal recarga máxima RCP 2.6 (m^3/d)	VAN (6%) PERPETUO US$		Diferencia
Quebrada de Zapar	90,00	Estable y Muy Alta	1080,00	2700,00	52.560.000	131.400.000	78.840.000
Envidias	75,00	Estable y Muy Alta	900,00	2250,00	43.800.000	109.500.000	65.700.000
Chita 4	60,00	Estable y Muy Alta	720,00	1800,00	35.040.000	87.600.000	52.560.000
Machuca	45,00	Estable y Muy Alta	540,00	1350,00	26.280.000	65.700.000	39.420.000
Palpana 1	40,00	Estable y Muy Alta	480,00	1200,00	23.360.000	58.400.000	35.040.000
Cablor	40,00	Estable y Muy Alta	480,00	1200,00	23.360.000	58.400.000	35.040.000
Penaliri	40,00	Estable y Muy Alta	480,00	1200,00	23.360.000	58.400.000	35.040.000
Rio Quebrada	37,50	Estable y Muy Alta	450,00	1125,00	21.900.000	54.750.000	32.850.000
Yuto	25,00	Estable y Muy Alta	300,00	750,00	14.600.000	36.500.000	21.900.000
Guanaqueros	25,00	Estable y Muy Alta	300,00	750,00	14.600.000	36.500.000	21.900.000
Amincha	17,50	Estable y Muy Alta	210,00	525,00	10.220.000	25.550.000	15.330.000
Quebrada del Inca	15,00	Estable y Muy Alta	180,00	450,00	8.760.000	21.900.000	13.140.000
Guaillar	15,00	Estable y Muy Alta	180,00	450,00	8.760.000	21.900.000	13.140.000
Chita 1	9,00	Estable y Muy Alta	108,00	270,00	5.256.000	13.140.000	7.884.000
Guaytiquina	6,00	Estable y Muy Alta	72,00	180,00	3.504.000	8.760.000	5.256.000
Conapujyo	6,00	Estable y Muy Alta	72,00	180,00	3.504.000	8.760.000	5.256.000
Jorquencal	3,60	Estable y Muy Alta	43,20	108,00	2.102.400	5.256.000	3.153.600
Chaco	3,50	Estable y Muy Alta	42,00	105,00	2.044.000	5.110.000	3.066.000
Vicuneria	2,50	Estable y Muy Alta	30,00	75,00	1.460.000	3.650.000	2.190.000
Purifican	2,50	Estable y Muy Alta	30,00	75,00	1.460.000	3.650.000	2.190.000
Chita 3	1,20	Estable y Muy Alta	14,40	36,00	700.800	1.752.000	1.051.200
Lagunita	0,65	Estable y Muy Alta	7,80	19,50	379.600	949.000	569.400
T Chita	0,40	Estable y Muy Alta	4,80	12,00	233.600	584.000	350.400
Quebrada de Guanten	0,28	Estable y Muy Alta	3,36	8,40	163.520	408.800	245.280
Chucurate	0,25	Estable y Muy Alta	3,00	7,50	146.000	365.000	219.000
Chita 5	0,04	Estable y Muy Alta	0,48	1,20	23.360	58.400	35.040

Fuente: Elaborado sobre la base de antecedentes generados por el modelo de simulación de aguas subterráneas y escenarios de cambio climático.

Folio007526

En este caso se registran 26 lugares con vulnerabilidad estable y muy alta, significativamente diferentes al escenario base (Hindcast). Loa humedales Quebrada de Zapar, Envidias y Chita 4, atendiendo a la diferencia de vulnerabilidades entre los escenarios, muestran diferencias significativas en sus caudales de recarga y sus valores económicos asociados con diferencias entre 53 y 79 millones de dólares (considerando como valor de reposición US$ 8/ m^3 de agua desalinizada).

En términos generales, se observa un impacto económico valorizado superior, tanto diferencial como total, por concepto de recarga de agua en los Cuerpos de Agua, concentrándose la diferencia solo en uno de dichos humedales. En tanto, el impacto en los Sistemas Vegetacionales es menor, tanto en términos totales como diferenciales, y se distribuye en 26 de un total de 264 humedales.

8.12 Conclusiones

La obtención de agua potable proveniente del mar, por medio de desalinización, es una práctica muy desarrollada a nivel mundial, demostrando ser un método técnica y económicamente viable.

Es fundamental estar al tanto de la estrecha relación que existe entre el uso de agua de mar y el consumo energético, pues de una manera u otra se traspasa el obstáculo de escasez hídrica a un problema energético.

A escala regional, compartir la red de tuberías e infraestructura de desalinización para el suministro de agua de mar entre las distintas empresas de minería, aparece como una propuesta lógica para un menor consumo de energía y la disminución de los costos financieros.

Los sistemas de impulsión de agua dentro del sector minero, constituyen un factor determinante de los costos dentro de los proyectos, puesto que en Chile las faenas mineras se encuentran por lo general a una gran distancia de la costa (140 [km] en promedio y a una altura sobre los 2.000 [msnm]).

Un metro cúbico de agua desalada cuesta cerca de US$ 0,8 a 1,0/m^3 si está en la costa, pero su precio sube conforme se bombea hacia el interior. En zonas de altura, donde están varias mineras en la región de estudio, puede llegar a costar entre US$ 5 a 8 el metro cúbico.

Se recogieron los resultados de uno de los estudios clave relativo a la valoración de áreas silvestres en el país (Figueroa, 2010), que complementa y profundiza la estimación del valor económico de los bienes y servicios ecosistémicos de las áreas protegidas, donde se encuentra los Humedales Salar. Se utiliza el concepto de precio de mercadeo – cantidad de dinero que los individuos están dispuestos a entregar por un bien o servicio ambiental, para incrementar su bienestar o impedir una pérdida del mismo, o bien la cantidad de dinero que está dispuesto a aceptar por un cambio en la calidad de vida producto del deterioro ambiental (Field, 1995).

El valor ecológico por hectárea de humedal salar, según los valores estimados por Figueroa (2010) -sobre la base de la estimación de Brander (2000)- representaría un monto de 338 dólares/ha del 2009. Se considera que el valor obtenido está claramente subestimado (incluso actualizando las cifras).

Se plantea el reemplazo de los valores utilizados como base en dicho estudio de manera de obtener cifras reales. Se obtuvo un valor de stock de US$ 1,004.383 – 1,337.717/ha.

Folio007527

Al estimar el VAN (6%) Perpetuo de los caudales de recarga en los Cuerpos de Agua y Sistemas Vegetacionales de la Región, considerando el efecto proyectado del Cambio Climático en tres escenarios, se observa un impacto económico valorizado superior tanto diferencial como total por concepto de recarga hídrica en los Cuerpos de Agua, concentrándose la diferencia solo en uno de ellos, de los 48 analizados. En tanto, el impacto en los Sistemas Vegetacionales es menor, tanto en términos totales como diferenciales, distribuyéndose en 26 locaciones de 264 estudiadas.

REFERENCIAS

Folio007529

9 REFERENCIAS

ACEITUNO, P., 1993. Aspectos generales del clima en el Altiplano sudamericano. En "Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos. Arica-Chile, 19-21 octubre 1993", Vicerrectoría Académica y Estudiantil, U. de Chile, 390 pp.

ACEITUNO, P., 1996. Elementos del Clima en el Altiplano Sudamericano.

AHUMADA, M. & FAÚNDEZ, L., 2009. Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. 118 p.

AHUMADA, M., AGUIRRE F., CONTRERAS, M. & FIGUEROA, A., 2011, Guía para la conservación y seguimiento ambiental de Humedales Andinos. División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente (MMA), Unidad Gestión Ambiental, Departamento de Protección de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas (DGA).

ALONSO, H., & RISACHER, F. 1996a. Geoquímica del Salar de Atacama, parte 1: origen de los componentes y balance salino. Revista Geológica de Chile v.23 (n.2): pp.113-122.

ALONSO H., Y RISACHER, F. 1996b. Geoquímica del Salar de Atacama, parte 2: evolución de las aguas. Revista Geológica de Chile v.23 (n.2): pp.123-134.

ARAYA JM & LR ZUÑIGA (1985) Manual taxonómico del zooplancton lacustre de Chile. Boletín Informativo Limnológico Nº 8. 110 pp.

BABEL, M., 2004, Models for evaporite, selenite and gypsum microbialite deposition in ancient saline basins. Acta Geol Pol 54:219 – 249.

BAGSTAD, K., SEMMENS D., WINTHROP R., JAWORKSI D. & LARSON J., 2012. Ecosystem Services Valuation to Support Decisionmaking on Public Lands – A Case Study of the San Pedro River Watershed, Arizona.

BELFIORE, C., ORDOÑEZ, O.F., FARIAS, M.E., 2013, Proteomic approach of adaptive response to arsenic stress in Exiguobacterium sp. S17, an extremophile strain isolated from a high-altitude Andean Lake stromatolite. Extremophiles 17:421–31. doi: 10.1007/s00792-013-0523-y

BERTRAND-SARFATI, J., MONTY, C., (eds) 1994, Phanerozoic Stromatolites II. Springer Netherlands. ISBN: 978-94-010-4491-2 (Print) 978-94-011-1124-9 (Online)

BRANDER, L.M., R.J.G.M. FLORAX, and J.E. VERMAAT. 2006. The empirics of wetland valuation: A comprehensive summary and a meta-analysis of the literature. Environmental and Resource Economics 33:223–50.

BRUYERÈ C. L., J. M. DONE, G. J. HOLLAND, and S. FREDRICK, 2014: Bias Corrections of Global Models for Regional Climate Simulations of High-Impact Weather. Clim. Dyn., 43, 1847-1856 (DOI: 10.1007/s00382-013-2011-6).

BURKHARD, B., KROLL, F., MULLER, F. & WINDHORST, W., 2009. Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments.

Folio007530

CAPACCIONI, B., ROSSI, P.L., TASSI, F., AGUILERA, F., 2009. Origin and environmental impact of fluid discharges from the El Tatio geothermal field (Antofagasta region, Northern Chile). GeoActa. 01/2009; 9045-sp2:59-73.

CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN), 2010ª. Caracterización Base de Vegas y Bofedales Altoandinos para una Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos. Primera Parte: Región de Antofagasta. Proyecto CIREN-INNOVA de CORFO. Informe Final, Noviembre 2010, 112 pp.

CENTRO DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AMBIENTALES (CEAA), 2008ª. Análisis de la Biodiversidad Región de Antofagasta. Informe Final Oasis de Calama. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. Proyecto Código BIP: 30065576-0.

CENTRO DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AMBIENTALES (CEAA), 2008b. Análisis de la Biodiversidad Región de Antofagasta. Informe Final Volcán Licancabur. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. Proyecto Código BIP: 30065576- 0.

CENTRO DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AMBIENTALES (CEAA), 2008c. Análisis de la Biodiversidad Región de Antofagasta. Informe Final Geiseres del Tatio. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. Proyecto Código BIP: 30065576-0

CENTRO DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AMBIENTALES (CEAA), 2008d. Análisis de la Biodiversidad Región de Antofagasta. Informe Final Laguna Lejía. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. Proyecto Código BIP: 30065576-0.

CHANDER, G., MARKHAM, B. L. and HERDEL, D. L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors, Remote Sens. Environ., 113(5), 893–903, doi:10.1016/j.rse.2009.01.007.

COLOMINA, J. (2016). Diseño de una planta desalinizadora con sistema de osmosis inversa para producer 20.000 m^3/día. Tesis Universidad de Valencia. 115p. realizada en Chile.

COMISIÓN CHILENA DEL COBRE, MINISTERIO DE ECONOMÍA. 2016 - 2017. https://www.cochilco.cl/Paginas/Inicio.aspx. COCHILCO. 2016 - 2017.

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIOAMBIENTE (CONAMA), 2002. Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta, CONAMA II Región, 39 pp.

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIOAMBIENTE (CONAMA), 2009 "Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile". Cobertura actualizada (2009). Autores: F. Luebert y P. Pliscoff.

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIOAMBIENTE (CONAMA), 2012. Estrategia Regional y Plan de acción para la Conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la región de Antofagasta.

CONTRERAS, J.P., 2002. Norte de Chile: conservación de humedales altoandinos para un desarrollo productivo sustentable. Revista Ambiente y Desarrollo / VOL XVIII / Nº 2-3-4 / pp: 125 – 131.

COOLEY, H., GLEICK, P. & WOLF, G. (2006). Desalination, with a grain of salt - a California Perspective. Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security 654(13), 1-19.

Folio007531

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2003. Plan de Acción para la Conservación y uso sustentable de Humedales Altoandinos. CONAF, Convención Ramsar, 38 pp

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2008ª. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008. Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama, 12 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF) 2008b. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008. Salar de Pujsa, 23 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF) 2008c. Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (FIR) - Versión 2006-2008. Salar de Aguas Calientes IV, 18 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2008d. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008. Salar de Tara, 15 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2008e. Actualización Plan de Manejo Participativo, Reserva Nacional Los Flamencos, Corporación Nacional Forestal, Región de Antofagasta, 143 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2009. Censo de Camélidos Altoandinos.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2010. Programa Nacional para la Conservación de Humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Convenio de Eficiencia Institucional 2010, 100 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2010ª. Censo Invernal de Avifauna Altoandina. Departamento de Áreas Protegidas y Medio Ambiente.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2010b. Censo estival de Avifauna Altoandina. Departamento de Áreas Protegidas y Medio Ambiente.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2003. Plan de acción para la conservación y uso sustentable de humedales altoandinos (PACHA).

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2008d. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008. Salar de Tara, 15 pp.

CUMMINS, KW 1962. An Evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Amer. Midland Nat. 76:477 – 504.

DECOP Chile. Decoopchile, Diario Electrónico. http://www.decoopchile.cl/. [En línea] http://www.decoopchile.cl/las-inversiones-en-plantas-desalinizadoras/.

DE LA FUENTE, A. & NIÑO, Y., 2010. Temporal and spatial features of the thermohydrodynamics of shallow salty lagoons in northern Chile. Limnology Oceanography 55 (1): 279–288.

DE LAMO, D., 2011. Camélidos sudamericanos. Historia, usos y sanidad animal. Servicio nacional de sanidad y calidad agroalimentaria (SENASA). República de Argentina.

DEL VILLAR G. 2014. El Coste energético de la desalinización en el programa AGUA. Universidad de Alicante.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 1986. Mapa Hidrogeológico de Chile. Escala 1:2.500.000

Folio007532

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 1991. Catastro General de usuarios de aguas de los cauces afluentes al Salar de Atacama. Informe final. Tomo 1 - 4, 179 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 1998. Informe hidrogeológico: evaluación de la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas, cuenca Salar de Atacama, II región, 80 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2003. Evaluación de los recursos hídricos sectores Calama y Llalqui, Cuenca del Río Loa. Informe Técnico. (S.I.T. N° 85), 136 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004. Actualización Delimitación de Acuíferos alimentadores de Vegas y Bofedales, II REGION. Informe final.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004ª. Actualización Delimitación de Acuíferos que alimentan Vegas y Bofedales, Región de Antofagasta. Informe Final. (S.I.T. Nº 98), 213 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004c. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Volumen N° 3: Informe de Cuencas (S.I.T. N° 104), 798 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004d. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Capitulo: Cuenca Río Loa (S.I.T. N° 104), 155 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004e. Diagnóstico y clasificacion de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Capitulo: Cuenca Salar de Atacama (S.I.T. N°104), 84 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2005b. Hidrogeología de la II Región y Asesoría para la Revisión de Informes de Estudios de Evaluación de Recursos Hídricos. Informe Final - Hidrogeología de la II Región, 309 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2006ª. Actualización delimitación de acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la región de Antofagasta, 15 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2008ª. Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas fuentes de agua en Áreas Prioritarias de la zona norte de Chile, Regiones XV, I, II y III, Etapa 1, Informe Final Parte III. Hidrografía Regional del Altiplano de Chile. S.I.T. N° 157. Realizado por Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile, 423 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2008b. Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II y III. Etapa 1. Informe Final parte I. Hidrología Regional del Altiplano de Chile. S.I.T. N° 157. Realizado por Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile, 423 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2010ª. Metodología para la estimación de recarga de cuencas altiplánicas y precordilleranas de vertiente Pacífica en el norte de Chile, XV, I, II y III Regiones. (S.I.T. Nº 221), 167 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2010b. Actualización de la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama. II Región, Informe Final. S.I.T. Nº 210. Realizado por: GCF Ingenieros Limitada, 277 pp.

Folio007533

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2010c. Acuíferos Protegidos asociadas al listado de vegas protegidas de la región. Última actualización septiembre 2010 (shapefile origen: DGA_Acuiferos_protegidos.shp).

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2012ª. Diagnostico plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos, región de Antofagasta.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2012b. Diagnostico plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos, región de Antofagasta. Informe Final, volumen 1. S.I.T. Nº 291. Realizado Por: Arrau Ingeniería E.I.R.L., 319 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2012c. Estudio Acuífero de Calama Sector Medio del Río Loa, Región de Antofagasta. (S.I.T. Nº 295), 235 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2013ª. Análisis de la oferta hídrica del Salar de Atacama, Informe Técnico (S.I.T. N° 339), 40 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2013b. Áreas de restricción propuestas por DGA, Última actualización ENERO 2013.

DOBSON, P.F., KENNEDY, B.M., REICH, M., SANCHEZ, P., AND MORATA, D. 2013. Effects of volcanism, crustal thickness, and large scale faulting on the he isotope signatures of geothermal systems in Chile. Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, USA, 6 pp.

DUPRAZ, C., REID, R.P., BRAISSANT, O., DECHO, A.W., NORMAN, R.S., VISSCHER, P.T., 2009, Processes of carbonate precipitation in modern microbial mats. Earth-Science Rev 96:141–162. doi: 10.1016/j.earscirev.2008.10.005

DUPRAZ, C., VISSCHER, P.T., 2005, Microbial lithification in marine stromatolites and hypersaline mats. Trends Microbiol 13:429–438. doi: 10.1016/j.tim.2005.07.008

EOI, Escuela de Organización Industrial. 2014. EOI. https://www.eoi.es/. [En línea] 2014. http://www.eoi.es/blogs/miguelangelruizjimenez/2014/02/26/situacion-global-de-la-desalacion/.

EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO, 2005. Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua. Informe de Síntesis. World Resources Institute, Washington, DC.

FARIAS, M.E. & CONTRERAS, M., 2013. Ecosistemas Microbianos asociados a Humedales Alto Andinos: Nuevo Patrimonio de la Humanidad Bitácora Ecológica 1:6-12. ISSN 0719-3602.

FARIAS, M. E., CONTRERAS, M., RASUK, M. C., KURTH, D., FLORES, R., POIRE, D., NOVOA, F. & VISSCHER, P., 2013ª. Characterization of microbial biodiversity associated to microbialites, gypsum evaporites and microbial mats in thalassic wetlands: Tebenquiche and Brava at Salar de Atacama Chile. Extremophiles EXT-13-Jun-0115.

FARÍAS, M. E., RASCOVAN, N., TONEATTI, D. M., ALBARRACÍN, V. H., FLORES, M. R., POIRÉ, D. G., COLLAVINO, M. M., AGUILAR, O. M., VAZQUEZ, M. P., & POLERECKY, L., 2013b. The Discovery of Stromatolites Developing at 3570 m above Sea Level in a High-Altitude Volcanic Lake Socompa, Argentinean Andes. PloS one, 8(1), e53497. doi: 10.1371/journal.pone.0053497

FARIAS, M. E., CONTRERAS, M., RASUK, M. C., KURTH, D., FLORES, R., POIRE, D., NOVOA, F. & VISSCHER, P., 2014. Characterization of bacterial diversity associated with

microbial mats, gypsum evaporites and carbonate microbialites in thalassic wetlands: Tebenquiche and La Brava, Salar de Atacama, Chile. Extremophiles. doi: 10.1007/s00792-013-0617-6

FARIAS, M.E., POIRÉ, D.G., ARROIU, J., ALBARRACÍN, V.H., 2011, Modern stromatolite ecosystems at alkaline and hipersalyne high-altitude lakes at the Argentinean Puna. In Stromatolites: interaction of microbes with sediments. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology. V. Tewari y J. Seckbach (Eds.) Book Series pp:427-441, Springer. doi: 10.1007/978-94-007-0397-1

FERNÁNDEZ-COPPEL I.; HERRERO LL., ELIECER., 2003. El Satélite Landsat. Análisis visuales de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite Landsat. Universidad de Valladolid. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal.

FIELD B.C. 1995. Título: Economía Ambiental: Una introducción. McGraw-Hill; 587 p.

FIGUEROA, E.2010. “Valoración Económica Detallada de las Áreas Protegidas de Chile”. En: PROYECTO GEF-MMA-PNUD. “CREACIÓN DE UN SISTEMA NACIONAL INTEGRAL DE ÁREAS PROTEGIDAS PARA CHILE” Salesianos impresores. 233 p.

FIGUEROA, O., & DERUELLE, B., 1996. LICANCABUR, AN ANDESITIC VOLCANO OF THE SOUTH-CENTRAL ANDES. THIRD ISAG, ST MALO (France), 17-19 / 91 / 1996, pp: 563 – 566.

FLORES, DIAZ, MARIA GRACIA. 2016. Agua desalinizada, ¿Solución a la escasez hídrica en la ciudad de Antofagasta, Chile? [ed.] Universidad de Chile. Memoria de Título. Santiago: UNIVERSIDAD DE CHILE, 2016. pág. 103.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 1992. The use of saline waters for crop production - FAO irrigation and drainage paper 48. J.D. Rhoades, A. Kandiah, A.M. Mashali.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith.

FOSTER, J.S., GREEN, S.J., AHRENDT, S.R., GOLUBIC, S., REID, R.P., HETHERTINGTON, K.L., BEBOUT, L., 2009, Molecular and morphological characterization of cyanobacterial diversity in the stromatolites of Highborne Cay, Bahamas. ISME J 3:573–87. doi: 10.1038/ismej.2008.129

FOX, S., 2013, Geothermal Resources Council Bulletin. Focus in Chile. Vol. 42, N° 1, pp: 23 – 41.

GAO,B.C.,1995. Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liq uid Water from Space. Proceedings of SPIE 2480: 225-236.

GARCÉS, I., & LÓPEZ, P., 2012. Antecedentes hidroquímicos del Salar de Aguas Calientes I (Chile). Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.° 62 pp. 91-102.

GARCIA, J.C. (2012) La situación actual de la desalinización. Recuperado de:

http://www.ingenieriaquimica.net/articulos/289-la-situacion-actual-de-ladesalinizacion

Gestión Ambiental S.A., y Geotérmica del Norte S.A. (SGA-GND), 2007. Estudio de Impacto Ambiental Perforación Geotérmica Profunda El Tatio, Fase 1, 331 pp.

Folio007535

IDA, International Desalination Academy. 2017. IDA. http://idadesal.org/. [En línea] Desalination Yearbook 2008 - 2009, 2017. http://idadesal.org/publications/annual-report/.

Illanes y Asociados Consultores, 2011. Informe de Avance Monitoreo (M3) Vertiente 11, Salar de Ascotán. Proyecto "Lixiviación de Sulfuros-Sulfolix" SCMEA. 71 pp.

GLEICK, P. H. 2013. Una gota en el océano. Finanzas & Desarrollo, 50 (3), 12-15

GLENNON, J.A., & PFAFF, R.M., 2003, The extraordinary thermal activity of El Tatio Geyser Field, Antofagasta Region, Chile, Geyser Observation and Study Association (GOSA) Transactions, vol 8. pp. 31 – 78. http://www.alanglennon.com/travel/tatio.htm

HARBAUGH, A.W., 2005, MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey modular ground-water model - the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16.

HOCK, A., 2003. Licancabur: Exploring the highest lake on Earth. Field Examination Written Proposal, 8 pp.

HOUNSLOW A., 1995. Water Quality Data analysis and interpretation. Lewis Publishers, United States of America.

INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE, 2014. Wetlands and people.

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM). 2005. Proyecto SIRGAS.

IRENA. 2012. Renewable energy technlogies: Costo analysis series. Concentration solar power. International Renewable Energy Agency.

JIMÉNEZ, C., 2012. Estudio de Cuencas Altiplánicas Endorreicas de la Segunda Región de Chile. Caracterización, Tipología y Potencialidades de uso. Memoria para optar al Título de Geógrafo, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Geografía. Santiago, 155 pp.

KRAMMER K & LANGE-BERTALOT H (1986-1991) Bacillariophyceae 1: 976 pp 1986; Bacillariophyceae 2: 610 pp 1988); Bacillariophyceae 3: 576 pp 199; Bacillariophyceae 4 : 436 pp 1991. En: Ettl, H. et al. Eds. Süsswasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer.

LENNTECH. 2017. LENNTECH. [En línea] 2017. http://www.lenntech.es/nanofiltracion-y-osmosis-inversa.htm#ixzz4oG71l0dN.

LEMUS, A.M., & SOTO, P., 2011. Litio en el salar de Atacama. Report 1, REdUSE Chile, 57 pp.

Luo, G.J., Brüggemann, N., Wolf, B., Gasche, R., Grote, R., y Butterbach-Bahl, K. 2012. Decadal variability of soil CO_2, NO, N_2O, and CH_4 fluxes at the Höglwald Forest, Germany. Biogeosciences, 9: 1741–1763.

LYNCH, T. 1986. Un reconocimiento arqueológico en el salar de Punta Negra, Segunda Región. Revista Chungará N° 16 – 17: 75 – 88.

LENSKY, N., DVORKIN, Y., LYAKHOVSKY, V., GARTMAND, I. & GAVRIELI, I., 2005. Water, salt, and energy balances of the Dead Sea. Water Resource Res. 41: W12418, doi: 10.1029/2005WR004048.

MARCH, H. (2015) The politics, geography, and economics of desalination: a critical review WIREs Water, 2, 231-243, doi: 10.1002/wat2.1073

MASCITTI, V. & NICOLOSSI, G., 1992. Nidificación del Flamenco Austral, (Phoenicopterus chilensis), en la laguna de Pozuelos, Puna de Jujuy. Hornero 013 (03) : 240-242

McDonald, M.G. & Harbaugh, A.W. 1984. A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model. USGS Open-File Report 83-875.

McDonald, M.G. & Harbaugh, A.W. 2003 The History of MODFLOW". *Groundwater*. Doi:10.1111/j.1745-6584.2003.tb02591.x

McFeeters (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. Int. J. Remote Sensing, Vol. 17, No. 7, 1425-1432.

MEERGANZ VON MEDEAZZA, G. 2005 (b). Flujos de agua, flujos de poder. La aportación de Erik Swyngedouw al debate sobre los recursos hídricos en Latinoamérica y en el Estado español. Doc. Anàl. Geogr. 47, 129-139

MERUANE, C. (2015). Ecodesalación SPA. Tesis Magister en Administración Facultad Economía y Negocios Universidad de Chile. 72 p.

METI / NASA., 2009. ASTER GDEM is the property of METI and NASA.

MINISTERIO DE BIENES NACIONALES (MBN), 2010. Manual de normas técnicas de mensura.

MINISTERIO DE MINERIA. 1983. Código Minero, Ley 18.248 (Ministerio de Minería 26 de 09 de 1983).

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA), 2013. Diagnóstico y Evaluación: Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta. Diagnóstico y Evaluación (2002-2013). SEREMI Ministerio de Medio Ambiente, 122 pp.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA), SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG), DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA). 2011. Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP), 2007. Declaración de impacto ambiental proyecto conservación y mejoramiento conexión vial San Pedro – El Tatio (rutas B-245-235) región de Antofagasta.

MONAGHAN, A. J., D. F. STEINHOFF, C. L. BRUYERE, and D. YATES. 2014. NCAR CESM Global Bias-Corrected CMIP5 Output to Support WRF/MPAS Research. Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory. http://dx.doi.org/10.5065/D6DJ5CN4. Accessed 20 October 2015.

Nakano, T., Sawamoto, T., Morishita, T., Inoue, G., Hatano, R. 2004. A comparison of regression methods for estimating soil–atmosphere diffusion gas fluxes by a closed-chamber technique. Soil Biology & Biochemistry. Vol. 36: 107–113.

NEWSOME, D., MOORE, S. A., & DOWLING, R. K. 2002. Natural area tourism: ecology, impacts and management. Clevedon, UK: Channel View Publications

NUÑEZ, L., & GROSJEAN, M., 1994. Cambios ambientales pleistoceno – holocénicos: Ocupación humana y uso de recursos en la Puna de Atacama (norte de Chile). Estudios Atacameños Nº 11, pp. 7-20.

Folio007537

PARDO, I., GARCÍA, L., DELGADO, C., COSTAS, N. & ABRAÍN, R., 2010. Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. 68pp. NIPO 783-10-001-8.

Parkin, T.B. y Venterea, R.T. 2010. Sampling Protocols. Chapter 3. Chamber-Based Trace Gas Flux Measurements. En: R.F. Follet (ed.), USDA-ARS GRACEnet Project Protocols. Sampling Protocols. p. 3-1 a 3-39.

PEARCE, D. 2001. The economic value of forest ecosystems. Ecosystems Health. Vol.7, N°4. 284-296 p.

PECHANEC, V., CUDLÍN, P., MACHAR, I. & KILIANOVÁ H., 2014. Comparison of Invest and ARIES tools focusing on recreational ecosystem services. Palacký University Olomouc, Faculty of Science, Global Change Research Centre, Academy of Sciences of the Czech Republic.

PENNAK RW (1989) Fresh – water invertebrates of the United States: Protozoa toMollusca (Third Edition). 628 pp.

PULSO. 2013. http://www.pulso.cl/. [En línea] Gustavo Orellana, 2013. http://www.pulso.cl/post/ajax/267572/.

RAMSAR, 2013. La Lista de Humedales de Importancia Internacional (24 de Octubre de 2013), 47 pp.

RISACHER, F., ALONSO H. & SALAZAR, C., 1999a. Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II y III Regiones - Chile. S.I.T. N° 51. Volumen I Síntesis. Convenio de Cooperación DGA – UCN – IRD (S.I.T. Nº 51), 299 pp.

RISACHER, F., ALONSO H. & SALAZAR, C., 1999b. Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II, III Regiones - Chile. S.I.T. N° 51. Volumen IV Estudio de Cuencas de la III Región. Convenio de Cooperación DGA – UCN – IRD (S.I.T. Nº 51), 299 pp.

RIVERA P (1983) A Guide for References and Distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18º28'S and 58ºS. Bibliotheca Diatomologica Vol. 3, 386 pp.

RIVERA, P., & CRUCES, F., 2009. Diatomeas (Bacillariophyceae) de zonas andinas del norte de Chile: nueva localidad geográfica para Halorundia speciosa (Hustedt) Díaz et Maidana. Gayana Botánica N° 66, Vol. 2, pp: 280 – 282.

RODRÍGUEZ, E. (ED.) 2005. Flamencos altoandinos Phoenicopterus andinus (Philippi, 1854), Phoenicopterus jamesi (Sclater, 1886) y Phoenicopterus chilensis (Molina, 1782), en el Norte de Chile: Estado actual y plan de conservación. Corporación Nacional Forestal, CONAF. Antofagasta, Chile, 91 pp.

ROUND FE, RM CRAWFORD & DG MANN (1996) The Diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 735 pp.

RUMRICH U, LANGE-BERTALOT H & RUMRICH M (2000) Iconographia Diatomológica 9. Diatomeen der Anden von Venezuela bis Patagonien/ Tierra del Fuego. Lange Bertalot ed.). 671 pp.

SCHROEDER, T., COHEN, W. B., SONG, C., & CANTY, M. J., 2006. Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon, Remote Sens. Environ., 103(1), 16–26, doi:10.1016/j.rse.2.

SERNAGEOMIN (2003). Mapa geológico de Chile, Versión Digital, Publicación Geológica Digital N°4, 2003, escala 1:1000000.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG)., 2009. Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT).

SITHA CIREN. 2010 Sistema de Información Territorial Humedales Altoandinos. Obtenido de SITHA CIREN: http://sitha.ciren.cl/

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL (SEA), 2012. Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA. Editor: Servicio de Evaluación Ambiental, SEA. ISBN: 978-956-9076-12-1.

SEUFFERHELD, M.J., ALVAREZ, H.M., FARÍAS, M.E., 2008, Role of polyphosphates in microbial adaptation to extreme environments. Appl Environ Microbiol 74:5867–74. doi: 10.1128/AEM.00501-08

SQUEO, F., WARNER, B., ARAVENA, R., & ESPINOZA, D., 2006. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. Revista Chilena de Historia Natural 79: 245-255.

SOUZA, V., SIEFERT, J.L., ESCALANTE, A.E., ELSER, J.J., EGUIARTE, L.E., 2012, The Cuatro Ciénegas Basin in Coahuila, Mexico: an astrobiological Precambrian Park. Astrobiology 12:641–7. doi: 10.1089/ast.2011.0675

STIVALETTA, N., BARBIERI, R., CEVENINI, F., LÓPEZ-GARCÍA, P., 2011, Physicochemical Conditions and Microbial Diversity Associated with the Evaporite Deposits in the Laguna de la Piedra (Salar de Atacama, Chile). Geomicrobiol J 28:83–95. doi: 10.1080/01490451003653102

STUMM, W, & MORGAN, J (1996), Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters, Wiley-Interscience Pub., New York.

TEILLIER, S., & BECERRA, P., 2003. Flora y Vegetación del Salar de Ascotán, Andes del Norte de Chile. Gayana Botánica, N° 60, Vol. 2, ISSN 0016-5301, pp: 114 – 122.

TILMAN G, NEKOLA J & SMITH V, 1998. Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. Environmental Pollution, 100, 1-3, P.179.

TORRES, H., 1983. Distribución y conservación de la vicuña (Vicugna vicugna). Grupo especialista en camélidos silvestres sudamericanos. Reporte para la Comisión de sobrevivencia de especies. Unión internacional para la conservación de la naturaleza y de sus recursos, 1196 Gland, suiza.

TREVIZAN, J., BARRIOS, L., FONFACH, C. Y ROJAS, R., 2001. Caracterización y delimitación del Oasis de Calama, Provincia del Loa, Región de Antofagasta. J.J. Consultores Asociados. 57 pp.

UNESCO – IHA. 2010. Field Manual for Measuring GHG Emissions from Reservoirs.

UNIVERSIDAD DE MURCIA. 2017. UNIVERSIDAD DE MURCIA. http://www.um.es/. [En línea] 2017. http://www.um.es/docencia/barzana/DIVULGACION/QUIMICA/Desalinizacion_Agua.html.

Folio007539

VILA, B., 1999 La importancia de la etología en la conservación y manejo de las vicuñas. Etología, 7:63-68

WASHINTONG-allen, R., RAMSEY, R., & WEST, N., 2008. WASHINTONG-allen, R. A., RAMSEY, R. D., WEST, N. E. and NORTON, B. E.: Quantification of the Ecological Resilience of Drylands Using Digital Remote Sensing, , 13(1).

WETZEL, RG, 2001. Limnology: Lake And River Ecosystems / Robert G. Wetzel, n.p.: San Diego : Academic Press, c2001.

INFORME FINAL

BIP 30126293-0

DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN AMBIENTAL INTEGRADA DE HUMEDALES ALTOANDINOS

VERSIÓN 2

JUNIO 2015

Folio007541

CONTROL REVISIÓN DOCUMENTO				
Versión	**Fecha**	**Elaborado por:**	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
0	06/11/2013	Hernán Cabrera Felipe Cerda Fernanda Díaz D'Angelo Durán Pedro Fuentes Marta Martín Carolina Meruane Camila Navarro Karina Ortega Guillermo Rivas Lucía Varas	Carolina Meruane	Manuel Contreras
1	04/12/2013	Hernán Cabrera Felipe Cerda Fernanda Díaz D'Angelo Durán Pedro Fuentes Marta Martín Carolina Meruane Camila Navarro Karina Ortega Guillermo Rivas Lucía Varas	Carolina Meruane	Manuel Contreras
2	25/07/2014	Hernán Cabrera Felipe Cerda Fernanda Díaz Cristián Godoy D'Angelo Durán Pedro Fuentes Marta Martín Carolina Meruane Guillermo Rivas Lucía Varas	Carolina Meruane	Manuel Contreras
2*	25/11/2014	Hernán Cabrera Felipe Cerda Fernanda Díaz Cristián Godoy D'Angelo Durán Pedro Fuentes Marta Martín José María Peralta Guillermo Rivas Lucía Varas	José María Peralta	Manuel Contreras
FINAL	27/02/2015	Lucía Varas Pedro Fuentes D'Angelo Durán Daniela Fredes	José María Peralta	Manuel Contreras

		Tomás Rioseco Cristián Godoy José María Peralta Manuel Contreras		
FINAL Rev2	16/06/2015	Pedro Fuentes Cristián Godoy José María Peralta	José María Peralta	Manuel Contreras

EQUIPO DE TRABAJO		
Nombre	**Título/Grado**	**Rol en el Proyecto**
Manuel Contreras	Biólogo, MSc, PhD	Director Ejecutivo – Jefe de Proyecto
José María Peralta	Ingeniero Agrónomo, MSc, PhD	Jefe Técnico
Carla Pesce	Ingeniero Agrónomo	Coordinador Regional
Tomás Rioseco	Biólogo,	Especialista Senior Vegetación
Cristián Godoy	Ingeniero Civil, PhD (c)	Ingeniero de Proyecto
Lucía Varas	Ingeniera Civil Ambiental	Ingeniera de Proyecto
D'Angelo Durán	Biólogo Ambiental	Especialista biología
Felipe Cerda	Licenciado en Geografía	Especialista SIG
Fernanda Díaz	Cartógrafa	Especialista SIG
Pedro Fuentes	Cartógrafo	Especialista SIG
Camila Navarro	Licenciada en Geografía	Especialista SIG
Marta Martín	Lic. Ambiental, MSc	Especialista Calidad Aguas
Daniela Fredes	Químico Ambiental, Ms.C.	Especialista Calidad Aguas

CONTRAPARTE TÉCNICA		
Nombre	**Título/Grado**	**Rol**
Roberto Villablanca	Biólogo Marino	Responsable revisión informes de avance.

Folio007544

INDICE

1 INTRODUCCIÓN 19
1.1 Área de estudio 19
1.2 Objetivos del estudio 21
1.2.1 Objetivo general 21
1.2.2 Objetivos específicos 21
1.3 Líneas de trabajo para el desarrollo del estudio 22
1.4 Programa de trabajo 23
1.5 Estructura del presente informe 26
2 SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN 28
2.1 Biblioteca digital 28
2.2 Catastro de información 62
2.2.1 Objetivos 62
2.2.2 Derechos de agua 63
2.2.2.1 Derechos de agua superficiales 63
2.2.2.2 Derechos de agua subterráneos 66
2.2.3 Planes de seguimiento sector público 69
2.2.3.1 Geomorfología 69
2.2.3.2 Meteorología 71
2.2.3.3 Hidrología 78
2.2.3.4 Calidad de Agua 85
2.2.3.5 Hidrogeología 90
2.2.3.6 Flora y vegetación 96
2.2.4 Planes de seguimiento sector privado 98
2.2.4.1 Catastro de proyectos privados 98
2.2.4.2 Compromisos ambientales de proyectos privados 102
3 CONCEPTUALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO 120
3.1 Caracterización general de la zona de estudio 120
3.1.1 Geomorfología 120
3.1.2 Clima 120
3.1.3 Hidrología 122
3.1.4 Hidrogeología 125
3.2 Descripción de los humedales altoandinos 125
3.2.1 Sistema de lagunas terminales altiplánicas 126
3.2.2 Sistema de canales altiplánicos 130

Folio007545

3.3 Descripción de lAs AREAS prioritariAs 135
3.3.1 Cuenca Río Loa Alto 136
3.3.2 Salar de Ascotán 143
3.3.3 Geiser del Tatio 148
3.3.4 Oasis de Calama 154
3.3.5 Alrededores del Volcán Licancabur 159
3.3.6 Ayllus de San Pedro de Atacama 164
3.3.7 Salar de Atacama 168
3.3.8 Salar de Tara 177
3.3.9 Salar de Aguas Calientes (I) 182
3.3.10 Sistema de Lagunas Miscanti y Miñiques 189
3.3.11 Salar de Punta Negra 193
3.3.12 Salar de Pujsa 197
3.3.13 Laguna Lejía 200
3.3.14 Sistema Hidrológico de Soncor 204
3.3.15 Salar de Aguas Calientes IV 207
3.4 Análisis de la variabilidad ambiental de los humedales 211
3.4.1 Metodología de análisis de las imágenes Landsat 211
3.4.1.1 Descarga 211
3.4.1.2 Preprocesamiento 213
3.4.1.3 Corrección 221
3.4.1.4 Procesamiento y calibración del método 221
3.4.2 Resultados 229
3.4.2.1 Análisis de cuerpos de agua (NDWI) 229
3.4.2.2 Análisis de la vegetación (NDVI) 262
3.4.2.3 Análisis Vegetacional (NDVI) – Micro Sistemas Vegetacionales. 293
3.5 Caracterización de Humedales 297
3.5.1 Caracterización de humedales a partir de los resultados obtenidos en el análisis de variabilidad ambiental. 297
3.5.1.1 Indicador de tendencia de variabilidad histórica (ITVH) de los humedales. 297
3.5.1.2 Relación del ITVH y los catastros de datos de Vegas_Bofedales y Cuerpos de Agua. 298
3.5.1.3 Clasificación del estado de los sistemas por su Indicador Porcentual de Variabilidad (IPV). 299
3.5.2 Caracterización de humedales a partir del análisis multicriterio y ponderación de sus amenazas 303

Folio007546

3.5.2.1 Relaciones entre Vegas-Bofedales y Cuerpos de Agua..... 304
3.5.2.2 Indicador de altitud de los humedales en estudio (IA)..... 308
3.5.2.3 Indicador de Superficie de los humedales en estudio (IS) 308
3.5.2.4 Determinación de los Vértices Máximos Norte, Sur y Centroides de los Humedales. 309
3.5.2.5 Indicador de relación de distancia entre Humedales y Comunidades Indígenas (IDHCM). 310
3.5.2.6 Indicador de relación de distancia entre humedales y derechos de agua subterránea y superficial (IDHDA). 311
3.5.2.7 Indicador de relación entre humedales y zonas de pastoreo y bebederos (IHZPB). 312
3.5.2.8 Indicador de relación entre humedales y zonas de Conservación y/o Protección Ambiental definidas por el MMA (IHZPA)..... 315
3.5.2.9 Indicador general de vulnerabilidad de humedales (IGV)..... 318
3.5.3 Priorización de humedales según estrategias..... 322
3.5.4 Estado de monitoreo de los humedales en estudio. 326
4 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO..... 333
4.1 Estructura del plan de monitoreo 334
4.2 Evaluación económica de lOs componentes del plan de monitoreO..... 345
4.3 Análisis de la ejecución del plan de monitoreo según escenarios..... 351
4.3.1 Definición de escenarios..... 351
4.3.2 Valorización de escenarios..... 362
5 PROPUESTA DE MODELO INSTITUCIONAL..... 370
5.1 Antecedentes..... 370
5.2 Propuesta de Institucionalidad..... 372
5.2.1 Requisitos y fin de la organización..... 372
5.2.2 Organización propuesta..... 372
5.2.3 Nombre de la Organización 373
5.2.4 Objetivos de la Organización 373
5.2.5 Patrimonio de la institucionalidad..... 374
5.2.6 Estructura de la organización 374
5.2.7 Financiamiento de la institucionalidad 378
5.2.7.1 Aspectos Generales 378
5.2.7.2 Requerimientos 379
5.2.7.3 Costos de implementación..... 379
5.2.7.4 Estrategias de financiamiento..... 380
5.2.8 Análisis comparatitvo estratégico y de costos operacionales. 382

Folio007547

5.2.9 Perfiles de Cargos de la Fundación 384
5.3 Cartera de proyectos 385
5.3.1 Iniciativas de proyecto 385
5.3.2 Fichas de iniciativas de proyecto 387
6 REFERENCIAS 401

Folio007548

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1. Área de estudio indicando los humedales prioritarios para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, descritos en la Estrategia Regional de Biodiversidad (CONAMA 2002) y en el PACHA o Plan de Acción de Conservación de Humedales Altoandinos (CONAF 2003)..... 20
Figura 2.1. Distribución de derechos de agua superficiales, otorgados sobre los 2.000 m.s.n.m.. 65
Figura 2.2. Distribución de derechos de agua subterráneos, otorgados sobre los 2.000 m.s.n.m.. 68
Figura 2.3. Cobertura territorial de las cartografías geológicas seleccionadas. 70
Figura 2.4. Estaciones Meteorológicas presente en la zona de estudio, sector norte..... 75
Figura 2.5. Estaciones Meteorológicas presente en la zona de estudio, sector centro..... 76
Figura 2.6. Estaciones Meteorológicas presente en la zona de estudio, sector Sur. 77
Figura 2.7. Estaciones Fluviométricas presente en la zona de estudio, sector norte..... 83
Figura 2.8. Estaciones Fluviométricas presente en la zona de estudio, sector centro. 84
Figura 2.9. Estaciones de Calidad de Agua presente en la zona de estudio, sector norte. 88
Figura 2.10. Estaciones de Calidad de Agua presente en la zona de estudio, sector centro. 89
Figura 2.11. Distribución de vegas y bofedales, en la zona de estudio. 97
Figura 2.12. Distribución general de proyectos mineros, en la zona de estudio. 101
Figura 2.13. Modelo conceptual de cada ficha, según sus tres niveles. 103
Figura 2.14. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de calidad de aire. 112
Figura 2.15. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de biota acuática. 113
Figura 2.16. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de calidad de agua..... 114
Figura 2.17. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de calidad de sedimento. 115
Figura 2.18. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de fauna terrestre. 116
Figura 2.19. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de flora y vegetación. 117
Figura 2.20. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de hidrología e hidrogeología..... 118
Figura 3.1: Geomorfología de la región de Antofagasta (Fuente: IGM, 2007). 121
Figura 3.2 : Cuencas hidrográficas en la zona de estudio. 124
Figura 3.3. Modelo conceptual simplificado de sistema de lagunas y salares altiplánicos (Adaptado de CEA, 2013). 129
Figura 3.4. Modelo conceptual simplificado de sistema de canales altiplánicos, vegas y bofedales (Adaptado de CEA, 2013)..... 131
Figura 3.5. Ubicación del sitio prioritario Cuenca Río Loa Alto..... 136
Figura 3.6.Ubicación del sitio prioritario Salar de Ascotán. 143
Figura 3.7. Ubicación del sitio prioritario Geiser del Tatio. 148
Figura 3.8. Ubicación del sitio prioritario Oasis de Calama. 154
Figura 3.9. Ubicación del sitio prioritario alrededores del Volcán Licancabur. 159
Figura 3.10. Ubicación del sitio prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama..... 164
Figura 3.11. Ubicación del sitio prioritario Salar de Atacama. 168
Figura 3.12. Ubicación del sitio prioritario Salar de Tara. 177

Folio007549

Figura 3.13. Ubicación del sitio prioritario Salar de Aguas Calientes (I). 182
Figura 3.14. Ubicación del sitio prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques. 189
Figura 3.15. Ubicación del sitio prioritario Salar de Punta Negra. 193
Figura 3.16. Ubicación del sitio prioritario Salar de Pujsa. 197
Figura 3.17. Ubicación del sitio prioritario Laguna Lejía. 200
Figura 3.18. Ubicación del humedal prioritario Sistema Hidrológico Soncor. 204
Figura 3.19. Ubicación del sitio prioritario Salar de Aguas Calientes IV. 207
Figura 3.20. Distribución de los cuadrantes de descarga imágenes Landsat 212
Figura 3.21. Área Común dentro de una imagen Landsat, ejemplo cuadrante 233_076 (Path/Row)..... 214
Figura 3.22. Ubicación de las áreas de análisis de vegetación (SV) y cobertura espacial de las áreas comunes de las imágenes Landsat utilizadas. 216
Figura 3.23. Ubicación de las áreas de análisis de cuerpos de agua (SCA) y cobertura espacial de las áreas comunes de las imágenes Landsat utilizadas. 219
Figura 3.24. Ejemplo de Imagen LandSat utilizadas. La imagen corresponde al cuadrante que incluye el Salar de Atacama. 222
Figura 3.25. Ejemplo de la composición de bandas de las Imagenes LandSat utilizadas. 223
Figura 3.26. Deteminación del valor umbral del NDWI. La flecha indica el punto de cambio del comportamiento común (NDWI: 0,011). 226
Figura 3.27. Deteminación del valor umbral del NDVI. La flecha indica el punto de cambio del comportamiento común (NDVI: 0,108). 228
Figura 3.28 Ubicación general de los humedales prioritarios y las áreas de análisis de cuerpos de agua (zona norte del área de estudio) 229
Figura 3.29 Ubicación general de los humedales prioritarios y las áreas de análisis de cuerpos de agua (zona sur del área de estudio) 230
Figura 3.30 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-1..... 234
Figura 3.31 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-2..... 235
Figura 3.32 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-3..... 236
Figura 3.33 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-4..... 237
Figura 3.34 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-5..... 238
Figura 3.35 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-6..... 239
Figura 3.36 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-7..... 240
Figura 3.37 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-8..... 241
Figura 3.38 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-9..... 242
Figura 3.39 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-10..... 243
Figura 3.40 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-11..... 244
Figura 3.41 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-12..... 245

Folio007550

Figura 3.42 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-13..... 246
Figura 3.43 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-14..... 247
Figura 3.44 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-15..... 248
Figura 3.45 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-16..... 249
Figura 3.46 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-17..... 250
Figura 3.47 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-18..... 251
Figura 3.48 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-19..... 252
Figura 3.49 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-20..... 253
Figura 3.50 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-21..... 254
Figura 3.51 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-22..... 255
Figura 3.52 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-23..... 256
Figura 3.53 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-24..... 257
Figura 3.54 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-25..... 258
Figura 3.55 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-26..... 259
Figura 3.56 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-27..... 260
Figura 3.57 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-28..... 261
Figura 3.58 Ubicación general de los humedales prioritarios y las áreas de análisis de vegetación (zona norte del área de estudio). 262
Figura 3.59. Ubicación general de las áreas prioritarias y las áreas de análisis de vegetación (zona centro del área de estudio). 263
Figura 3.60. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-1 / Sitio Prioritario Alto Loa, cabecera del río. 266
Figura 3.61. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-2 / Sitio Prioritario Alto Loa, río Chaihuiri. 267
Figura 3.62 Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-3 / Sitio Prioritario Alto Loa, caja de rio primera sección. 268
Figura 3.63. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-4 / Sitio Prioritario Alto Loa, caja de rio segunda sección. 269

Folio007551

Figura 3.64. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-5 / Sitio Prioritario Salar de Ascotán, Salar y quebradas. 270
Figura 3.65. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-6 / Sitio Prioritario Oasis de Calama, sector medio río Loa. 271
Figura 3.66. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-7 / Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Toconce y quebradas. 272
Figura 3.67. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-8 / Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Hojalar 9. 273
Figura 3.68. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-9 / Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Salado. 274
Figura 3.69. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-10 / Sitio Prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama..... 275
Figura 3.70. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-11 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna de Cejas y otros cuerpos de agua. 276
Figura 3.71. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-12 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna Tebinquiche. 277
Figura 3.72. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-13 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_A. 278
Figura 3.73. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-14 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_B. 279
Figura 3.74. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-15 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_C..... 280
Figura 3.75. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-16 / Sitio Prioritario Salar de Pujsa..... 281
Figura 3.76. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-17 / Sitio Prioritario Aguas Calientes I..... 282
Figura 3.77. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-18 / Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna salar de Tara. 283
Figura 3.78. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-19 / Sitio Prioritario Salar de Tara, quebradas sector oriente. 284
Figura 3.79. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-20 / Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna Helada y quebradas. 285

Folio007552

Figura 3.80. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-22 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, cabecera río Tulan. 286
Figura 3.81. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-23 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilomonte..... 287
Figura 3.82. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-24 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_A..... 288
Figura 3.83. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-25 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_B..... 289
Figura 3.84. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-26 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_C. 290
Figura 3.85. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-27 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo..... 291
Figura 3.86. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-30 / Sitio Prioritario Salar de Aguas Calientes IV. 292
Figura 3.87. Distribución geográfica de Microzonas Vegetacionales analizadas, zona Norte..... 294
Figura 3.88. Distribución geográfica de Microzonas Vegetacionales analizadas, zona Centro..... 295
Figura 3.89. Distribución geográfica de Microzonas Vegetacionales analizadas, zona Sur. 296
Figura 3.90. Ejemplo de la estimación del indicador de tendencia de variablidad histórica de los humedales (ITVH). 298
Figura 3.91. Porcentaje de relación entre áreas recurrentes derivado del análisis de variabilidad ambiental y los catastros de datos. 298
Figura 3.92. Distribución geográfica de Humedales según Indicador Porcentual de Variabilidad Histórica, sector Norte. 300
Figura 3.93. Distribución geográfica de Humedales según Indicador Porcentual de Variabilidad Histórica, sector Centro. 301
Figura 3.94. Distribución geográfica de Humedales según Indicador Porcentual de Variabilidad Histórica, sector Sur. 302
Figura 3.95. Relaciones entre Vegas-Bofedales y Cuerpos de Agua según estadística por catastro..... 304
Figura 3.96. Distribución geográfica de Humedales según relación entre catastros, sector Centro..... 305
Figura 3.97. Distribución geográfica de Humedales según relación entre catastros, sector Centro..... 306
Figura 3.98. Distribución geográfica de Humedales según relación entre catastros, sector Sur..... 307
Figura 3.99. Clasificación de Humedales según catastro y rangos altitudinales..... 308
Figura 3.100. Porcentaje de Superficie de Humedales según catastro. 309
Figura 3.101. Esquema de vértices propuestos para el análisis..... 310
Figura 3.102. Ilustración metodológica de la determinación del indicador IDHCM. 311
Figura 3.103. Ilustración metodológica de la determinación del indicador IDHDA. 312

Folio007553

Figura 3.104. Número de humedales según catastro y zonas de pastoreo y bebederos.313
Figura 3.105. Distribución geográfica de Zonas de Pastoreo 314
Figura 3.106. Porcentaje de Humedales según condición de Conservación y/o Protección Ambiental y tipo Catastro de Humedales. 315
Figura 3.107. Distribución geográfica de humedales según su condición de Conservación y/o Protección Ambiental y Catastro de Cuerpos de Agua, MMA. 316
Figura 3.108. Distribución geográfica de humedales según su condición de Conservación y/o Protección Ambiental y Catastro de Vegas y Bofedales, SITHA-CIREN. 317
Figura 3.109. Polinomio de ponderación general de vulnerabildad para humedales (IGV). 318
Figura 3.110. Rangos de corte clasificación de humedales según IGV. 319
Figura 3.111. Estadistica final de humedales según el Indicador General de Vulnerabildiad. 319
Figura 3.112. Distribución geográfica de humedales según Indicador de Vulnerabildiad y Catastro de Vegas y Bofedales, SITHA-CIREN. 320
Figura 3.113. Distribución geográfica de humedales según Indicador de Vulnerabildiad y Catastro de Cuerpos de Agua, MMA. 321
Figura 3.114. Porcentaje de Humedales según estado de priorización. 323
Figura 3.115. Priorización de humedales, catastro de Vegas y Bofedales SITHA-CIREN. 324
Figura 3.116. Priorización de humedales, catastro de Cuerpos de Agua, MMA 325
Figura 3.117. Esquema de búsqueda de monitoreo según catastro de humedales. 327
Figura 3.118. Porcentaje Total de Humedales en condición de Monitoreo. 329
Figura 3.119. Distribución de humedales según condición de monitoreo y Catastro de Vegas y Bofedales, SITHA-CIREN. 330
Figura 3.120. Distribución de humedales según condición de monitoreo y Catastro de Cuerpos de Agua, MMA. 331
Figura 4.1. Fotos de sistemas de lagunas terminales o salares generalmente ubicados en el centro del humedal. 333
Figura 4.2. Fotos de los sistemas quebradas, vegas y bofedales que generalmente envuelven el perímetro del humedal. 334
Figura 4.3. Comparación de la cobertura de estaciones meteorológicas existentes en la zona de estudio (sobre los 2000 m.s.n.m. en la región de Antofagasta) respecto de Nueva Zelanda. 336
Figura 4.4. Definición de rangos y clasificación de monitoreos en sistemas de humedales con condición Inestable para la definición de Escenario 3. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,5 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,0 y 4,0. 353
Figura 4.5. Definición de áreas para inclusión de sistemas de humedales en Escenario 3, según criterio de variación porcentual de áreas histórico y rangos del Índice General de Vulnerabilidad. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,5 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,0 y 4,0. 354
Figura 4.6. Áreas de inclusión de sistemas de humedales a considerar por cada etapa del Escenario 3. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,5 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,0 y 4,0. 355
Figura 4.7. Definición de rangos y clasificación de monitoreos en sistemas de humedales con condición Inestable para la definición de Escenario 4. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,7 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,2 y 4,0. 356

Folio007554

Figura 4.8. Definición de áreas para inclusión de sistemas de humedales en Escenario 4, según criterio de variación porcentual de áreas histórico y rangos del Índice General de Vulnerabilidad. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,7 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,2 y 4,0..... 357
Figura 4.9. Áreas de inclusión de sistemas de humedales a considerar por cada etapa del Escenario 4. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,7 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,2 y 4,0..... 358
Figura 4.10. Costos asociados al 1er Año de operación según escenario. El 1er Año considera la inclusión de los costos de inversión, implementación y ejecución de los monitoreos..... 363
Figura 4.11. Costos asociados a la mantención y ejecución anual del monitoreo por escenario, tras el 1er Año de operación del escenario..... 364
Figura 4.12. Representación gráfica del flujo de caja anual necesarios para la ejecución del Plan de Monitoreo en los Escenarios 3 y 4, considerando el inicio de etapas los años 1, 3 y 5 para las Etapas 1, 2 y 3 respectivamente. La Etapa 4 es iniciada el año 2..... 366
Figura 4.13. Representación gráfica del flujo de caja anual necesarios para la ejecución del Plan de Monitoreo en los Escenarios 3 y 4, considerando el inicio de etapas los años 1, 3 y 5 para las Etapas 1, 2 y 3 respectivamente. La Etapa 4 es iniciada el año 2..... 367
Figura 5.1: Esquema propuesto de la Estructura de la Fundación. 375

Folio007555

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1. Carta Gantt del proyecto. 23
Tabla 1.2. Calendarización de las fechas de entrega de los informes de avance..... 25
Tabla 2.1. Ranking de titulares, según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos de agua superficiales en la zona de estudio. 64
Tabla 2.2. Ranking de titulares, según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos subterráneos en la zona de estudio. 67
Tabla 2.3. Listado de cartografías geológicas, seleccionadas para el estudio. 69
Tabla 2.4. Variables meteorológicas consultadas. 71
Tabla 2.5. Estaciones Meteorológicas pertenecientes a DGA, sobre los 2.000 m.s.n.m. . 72
Tabla 2.6. Estaciones Meteorológicas pertenecientes a INIA, sobre los 2.000 m.s.n.m. .. 74
Tabla 2.7. Estaciones Fluviométricas pertenecientes a DGA, sobre los 2.000 m.s.n.m. .. 79
Tabla 2.8. Estaciones de Calidad de Agua pertenecientes a DGA, sobre los 2.000 m.s.n.m. 86
Tabla 2.9. Listado de expedientes, asociados a derechos de agua subterráneos, en la zona de estudio. *Donde Res corresponde a Resolución, Exp a Expediente y Exp Nvo a Expediente Nuevo.* 90
Tabla 2.10. Resumen del tipo de alimentación de las vegas y bofedales, en la zona de estudio. 96
Tabla 2.11. Número de proyectos mineros sobre los 2.000 m.s.n.m., según titular. 99
Tabla 2.12. Síntesis de proyectos, según tipo de monitoreo y compromiso ambiental adquirido, indicando número correlativo de proyecto (ID), número correlativo asociado a cartografía proyectos mineros (ID CEA), nombre de proyecto (Nombre), titular, división, número de RCA, y variables monitoreadas en los programas de seguimiento ambiental establecidos en el RCA y los compromisos voluntarios. 104
Tabla 3.1: Subcuencas en el área de estudio (DGA, 2003)..... 122
Tabla 3.2. Clasificación de Sistemas Vegetacionales Azonal Hídrico Altoandinos (SVAHT). 133
Tabla 3.3. Ficha sitio prioritario Cuenca Río Loa Alto..... 137
Tabla 3.4. Ficha sitio prioritario Salar de Ascotán. 144
Tabla 3.5. Ficha sitio prioritario Geiseres del Tatio. 149
Tabla 3.6. Ficha sitio prioritario Oasis de Calama. 155
Tabla 3.7. Ficha sitio prioritario alrededores del Volcán Licancabur. 160
Tabla 3.8. Ficha sitio prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama. 165
Tabla 3.9. Ficha sitio prioritario Salar de Atacama. 169
Tabla 3.10. Ficha sitio prioritario Salar de Tara. 178
Tabla 3.11. Ficha sitio prioritario Salar de Aguas Calientes. 183
Tabla 3.12. Ficha sitio prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques. 190
Tabla 3.13. Ficha sitio prioritario Salar de Punta Negra. 194
Tabla 3.14. Ficha sitio prioritario Salar de Pujsa. 198
Tabla 3.15. Ficha sitio prioritario Laguna Lejía. 201
Tabla 3.16. Ficha humedal prioritario Sistema Hidrológico Soncor. 205
Tabla 3.17. Ficha sitio prioritario Salar de Aguas Calientes IV. 208
Tabla 3.18. Resumen de imágenes Landsat procesadas por cuadrante de descarga (Path/Row)..... 213
Tabla 3.19. Sistemas que componen las áreas de análisis de vegetación. 217
Tabla 3.20. Definición de los sistemas que componen las áreas de análisis de cuerpos de agua. 220

Folio007556

Tabla 3.21. Áreas fotointerpretadas en Sitio 7 - Sistemas Linzor Alto, Linzor Bajo y Chillahuita para los años 1990, 1995, 2000 y 2010. 225
Tabla 3.22. Áreas fotointerpretadas en Sitio 27 - Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo para los años 1990, 1995, 2000 y 2010. 227
Tabla 3.23. Resumen de recurrencia histórica determinada para cada área de cuerpo de agua en análisis. 232
Tabla 3.24. Resumen de recurrencia histórica determinada para cada área vegetacional en análisis. 265
Tabla 3.25. Distribución de pesos por variable – Análisis Multicriterio. 318
Tabla 3.26. Rangos de Vulnerabilidad según IGV. 318
Tabla 3.27. Relación de Indicadores de Variabilidad Histórica e Indice de Vulnerabildiad. 322
Tabla 3.28. Priorización de Humedales por Categoría. 322
Tabla 3.29. Resumen total de puntos informados por tipo de variable monitoreada. 326
Tabla 3.30. Resumen Total de campañas de monitoreo por tipo. 328
Tabla 4.1. Comparación de la cobertura meteorológica existente en el Área de Estudio respecto de la existente en Nueva Zelanda (país referencial por similitud en su geografía). 335
Tabla 4.2. Definición de siglas utilizadas. 337
Tabla 4.3. Parámetros físicos, químicos y biológicos contemplados en el Plan de Monitoreo. 338
Tabla 4.4. Propuesta de aplicación del monitoreo según estado del sistema, identificándose la frecuencia y metodología de adquisición. 340
Tabla 4.5. Grupo de monitoreos asociados a los humedales altoandinos según tipo de sistema y estado. 343
Tabla 4.6. Estimación de costos de los monitoreos existentes en la Región. Los valores entregados se encuentran en Unidades de Fomento por Año (públicos y privados). 346
Tabla 4.7. Estimación de costos de los distintos monitoreos considerados en el plan de monitoreo. Los valores entregados se encuentran en Unidades de Fomento (UF). 347
Tabla 4.8. Estimación de costos de los distintos monitoreos considerados en el plan de monitoreo. Los valores entregados se encuentran en Unidades de Fomento (UF). 349
Tabla 4.9. Definición de escenarios de inversión y desarrollo del plan de monitoreo de humedales altoandinos. 352
Tabla 4.10. Cuadro resumen de número de monitoreos propuestos por componentes.. 359
Tabla 4.11. Matriz de costos según escenario de implementación del plan de monitoreo de humedales altoandinos. 362
Tabla 4.12. Ejemplo del flujo de caja anual para la ejecución del Plan de Monitoreo bajo los Escenarios 3 y 4. 365
Tabla 4.13. Resumen de costos por tipo de monitoreo y cantidad de sistemas. Aproximación del costo del monitoreo por cantidad de sistemas incluidos. 368
Tabla 5.1: Costos de implementación de la "Fundación para la Conservación de Humedales Altoandinos de la Región de Antofagasta". 380
Tabla 5.2 Requisitos y tipo de institucionalidad. Análisis comparativo 383
Tabla 5.3 Costos comparativos de operación anual entre las diferentes organizaciones propuestas (valores aproximados) 383

INTRODUCCIÓN

Folio007558

1 INTRODUCCIÓN

En el presente informe se entregan los resultados finales relacionados con el proyecto titulado 'Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos', solicitado por parte de la Subsecretaria del Medio Ambiente, Seremi Antofagasta del Gobierno de Chile, al Centro de Ecología Aplicada Ltda. Los objetivos principales asociados a este estudio se relacionan con la elaboración de un diagnóstico de la condición actual de los humedales altoandinos de la Región de Antofagasta, y la elaboración de un programa de gestión ambiental integrado de estos sistemas. El objetivo último que persigue el desarrollo de este estudio corresponde a la definición de una estrategia para abordar la gestión ambiental público-privada de los humedales altoandinos, que implique el fortalecimiento de capacidades al interior de los servicios públicos, la formulación de un sistema integrador de monitoreo ambiental, la creación de una única estructura institucional público-privada para la Conservación y Uso Sustentable de Humedales Altoandinos y la definición de una cartera de proyectos que permita abordar las eventuales problemáticas ambientales que el estudio detecte.

1.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se presenta en la Figura 1.1, la que corresponde al sector precordillerano y cordillerano de la Región de Antofagasta, considerando como objeto principal a los Humedales Altoandinos (vegas, bofedales, salares, lagunas, riberas) ubicados sobre los 2000 m.s.n.m. (delimitados por la línea morada de la Figura 1.1).

El listado inicial de humedales prioritarios corresponde a los detallados en la Estrategia Regional de Biodiversidad (CONAMA 2002) y en el PACHA o Plan de Acción de Conservación de Humedales Altoandinos (CONAF 2003), los cuales son prioritarios para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, pero que además están sujetos a diversas actividades productivas (minería, turismo, pastoreo, etc.). En este sentido, los humedales y áreas prioritarias detallados en la Estrategia Regional de Biodiversidad y en el PACHA corresponden a: Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes IV, Cuenca Alto Loa, Alrededores del Volcán Licancabur, Geisers del Tatio, Salar de Ascotán, Salar de Punta Negra, Ayllus de San Pedro de Atacama, Oasis de Calama, Salar de Atacama, Salar de Tara, Salar de Pujsa, Sistema Hidrológico de Soncor, Sistema de Lagunas Miscanti y Miñiques, Salar de Punta Negra y Salar de Aguas Calientes IV.

Folio007559

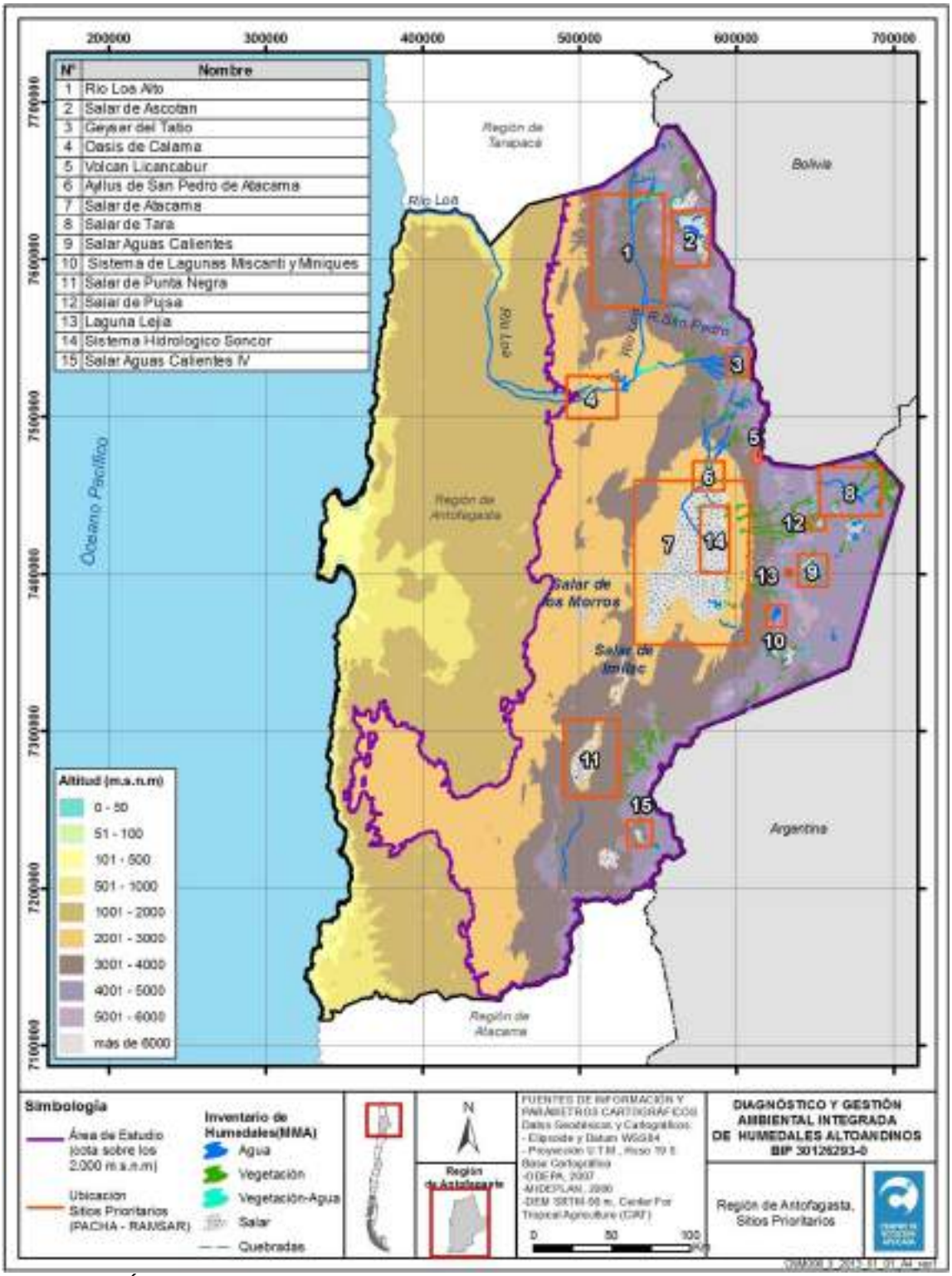


Figura 1.1. Área de estudio indicando los humedales prioritarios para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, descritos en la Estrategia Regional de Biodiversidad (CONAMA 2002) y en el PACHA o Plan de Acción de Conservación de Humedales Altoandinos (CONAF 2003).

Folio007560

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.2.1 Objetivo general

Realizar un diagnóstico y análisis global del sistema de seguimiento ambiental de los Humedales Altoandinos de la Región de Antofagasta, con miras a diseñar un nuevo modelo de gestión ambiental integrado, como estrategia de fortalecimiento de capacidades en el sector público y en el privado, que permita contribuir a la conservación y uso sustentable de estos ecosistemas prioritarios, el mejoramiento de la competitividad regional en materias de gestión ambiental, todo ello, en el marco de compromisos vigentes en cuanto al cumplimiento de normas nacionales y frente a convenios internacionales sobre cuidado del medio ambiente y desarrollo sustentable que Chile ha suscrito.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Recopilar, sistematizar y analizar la información ambiental y social existente, en los humedales altoandinos prioritarios para la conservación de la región de Antofagasta.

2. Generar un diagnóstico del estado de condición ambiental de los humedales altoandinos de la Región de Antofagasta, considerando la variabilidad ambiental, ocurrencia de fenómenos y eventos extremos.

3. Diseñar un modelo de gestión ambiental integrada que incorpore un sistema público-privado de seguimiento ambiental y uso sustentable de humedales altoandinos prioritarios para la conservación, que considere un sistema de administración de la información existente, dirigido a fortalecer las capacidades de fiscalización e interpretación ecosistémica, de la información que se genera en los monitoreos ambientales de proyectos productivos y del estado, junto con determinar los costos de implementación del sistema de monitoreo integrado de humedales y administración de bases de datos, y la figura institucional (público-privada) para su implementación.

4. Validar la propuesta de programa público-privado de seguimiento ambiental y uso sustentable de humedales altoandinos, e institucionalidad público-privada asociada, con la autoridad competente, académicos, empresas mineras y otros expertos, a través del desarrollo de reuniones y seminarios de discusión.

5. Elaborar una cartera de proyectos que permita abordar las eventuales problemáticas ambientales que el diagnóstico detecte.

6. Difundir a la comunidad y autoridades, los alcances, avances y resultados del estudio.

Folio007561

1.3 LÍNEAS DE TRABAJO PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

Para lograr los objetivos de este estudio, el trabajo se dividió en 4 líneas de trabajo, las cuales se explican a continuación:

1. ***Sistematización de la información:*** esta etapa se relaciona con el primer objetivo específico, en donde se elabora una base de datos digital con una biblioteca digital y un catastro de información sobre una plataforma SIG (Geodatabase). La biblioteca digital contiene los informes técnicos y científicos relacionados con el área de estudio. El catastro de información, por otra parte, contiene información relacionada con: topografía; red hídrica y cuerpos de agua; cobertura vegetacional; áreas protegidas; estaciones fluviométricas, de calidad de aguas y meteorológicas; y ubicación de los derechos de agua y actividades productivas. Finalmente, en esta etapa se revisan los sistemas de seguimiento ambiental de humedales altoandinos realizados por privados (con o sin RCA) y servicios públicos.

2. ***Conceptualización y diagnóstico:*** esta etapa corresponde al segundo objetivo específico, en donde a partir de la información generada en la etapa anterior se elabora una revisión bibliográfica con el objeto de hacer una caracterización física, bioquímica y ecológica de los humedales prioritarios; y una caracterización hidrológica e hidrogeológica del área de estudio. También, se elabora un modelo conceptual funcional ecosistémico de los humedales altoandinos. Finalmente, se caracteriza la variación espacial y temporal de los humedales a través del análisis de imágenes satelitales.

3. ***Programa de seguimiento:*** esta etapa corresponde al tercer objetivo específico, en donde a partir de la caracterización ecosistémica integrada y del diagnóstico de los humedales de la etapa anterior, se propone un programa de monitoreo, especificando los parámetros a monitorear, su frecuencia de muestreo, las metodologías y técnicas de medición. Este programa tiene tres niveles de complejidad: básico, medio y alto.

4. ***Modelo Institucional:*** esta etapa comprende el cuarto y quinto objetivo específico de este estudio, en donde se propone un modelo de gestión integrada, el cual es validado mediante reuniones y seminarios de discusión con actores relevantes, definidos de manera conjunta con el Ministerio del Medio Ambiente. En dichas actividades se analiza la figura administrativa, objetivos, alcances y operatividad del modelo propuesto. Además, en base al diagnóstico del estado de la condición ambiental de los humedales, se identifican las amenazas existentes y las oportunidades de implementar estudios específicos destinados a la rehabilitación y/o conservación de los mismos. También, se estiman los costos asociados al monitoreo integrado, a la administración del sistema de información e implementación de la institucionalidad público-privada.

Folio007562

1.4 PROGRAMA DE TRABAJO

El programa de trabajo asociado a las líneas de trabajo recién expuestas se presenta en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Carta Gantt del proyecto.

DIAS HABILES	1 al 60	15	61 al 120	120	121 al 180	180	181 al 300	300	301 al 450	450	451 al 530
Fecha	13-05-13 a 06-08-13	03-06-13	07-08-13 al 06-11-13	06-11-13	07-11-13 al 31-01-14	31-01-14	03-02-14 al 25-07-14	25-07-14	28-07-14 al 02-03-15	02-03-15	04-03-15 al 25-06-15
1. SISTEMATIZACIÓN											
1.1 Biblioteca digital											
1.2 Catastro de información											
1.3 Revisión planes de seguimiento											
2. DIAGNÓSTICO											
2.1 Caracterización de los humedales											
2.1 Modelo ecosistémico integrado											
2.2 Diagnóstico de los humedales											
3. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO											
3.1 Metodologías de muestreo											
3.2 Propuesta de monitoreo											
4. DISEÑO INSTITUCIONAL											
4.1 Modelo institucional											
4.2 Evaluación económica											
5. DIFUSIÓN											
5.3 Cuatro reuniones											
5.4 Tres talleres de capacitación											
5.5 Dos seminarios técnicos											
5.6 Difusión de resultados											

DIAS HABILES	**1 al 60**	**15**	**61 al 120**	**120**	**121 al 180**	**180**	**181 al 300**	**300**	**301 al 450**	**450**	**451 al 530**
Fecha **6. ENTREGABLES**	**13-05-13 a 06-08-13**	**03-06-13**	**07-08-13 al 06-11-13**	**06-11-13**	**07-11-13 al 31-01-14**	**31-01-14**	**03-02-14 al 25-07-14**	**25-07-14**	**28-07-14 al 02-03-15**	**02-03-15**	**04-03-15 al 25-06-15**
6.1 Plan de trabajo del estudio											
6.2 Informe de avance 1											
6.3 Informe de avance 2											
6.4 Informe final											

Folio007564

Tabla 1.2. Calendarización de las fechas de entrega de los informes de avance.

Informe	**Fecha**	**Contenido mínimo según TDR**
Informe de Avance Nº1	06-11-2013	1. Resultados de la sistematización 2. Avance del diagnóstico ambiental integrado 3. Avance de diseño de seguimiento ambiental integrado 4. Avance del sistema de información ambiental 5. Acta y presentación de la primera reunión de trabajo 6. Resumen, presentaciones del primer seminario técnico 7. Presentaciones y material técnico de la primera capacitación
Informe de Avance Nº2	25-07-2014	1. Resultados del diagnóstico ambiental integrado 2. Propuesta de monitoreo ambiental integrado validado 3. Propuesta del sistema de información ambiental 4. Avance del diseño de institucionalidad 5. Avance en la estimación de costos 6. Avance en la cartera de proyectos 7. Acta y presentaciones de la segunda y tercera reunión de trabajo 8. Presentaciones y material técnico de la segunda capacitación
Informe Final	02-03-2015	1. Informe del modelo de gestión integrada. 2. Acta y resumen de la actividad de presentación final del estudio.

Folio007565

1.5 ESTRUCTURA DEL PRESENTE INFORME

La organización del informe sigue la estructura detallada en las líneas de trabajo. Esto es, en el Capítulo 2 se presentan los resultados asociados a la sistematización de la información; en el Capítulo 3 se presentan los resultados asociados a la conceptualización y diagnóstico; en el Capítulo 4 se presentan los resultados asociados al programa de seguimiento ambiental y los costos comparativos entre el monitoreo actual y el propuesto y, finalmente en el capítulo 5 se presentan las propuestas asociados al modelo institucional y a la cartera de proyectos.

SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Folio007567

2 SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

En este capítulo se presentan los avances relacionados con la primera línea de trabajo asociada a la sistematización de la información recopilada para el desarrollo del estudio. Para esto se elaboró una base de datos digital, que se adjunta en los anexos digitales de este informe, que contiene una biblioteca digital (Anexo A) y un catastro de información (Anexo B). La biblioteca digital contiene informes técnicos y científicos relacionados con el área de estudio. El catastro de información, por otra parte, contiene información relacionada con: topografía; red hídrica y cuerpos de agua; cobertura vegetacional; áreas protegidas; estaciones fluviométricas, de calidad de aguas y meteorológicas; y ubicación de los derechos de agua y actividades productivas.

2.1 BIBLIOTECA DIGITAL

En el Anexo A que se entrega en formato digital adjunto a este informe, se presenta una biblioteca digital con los informes técnicos y científicos recopilados para el desarrollo del estudio. A partir de una revisión los documentos adjuntos, y se elaboró una síntesis de la información relacionada con cada informe, la cual se detalla a continuación.

1. ***Aceituno, 1996. Elementos del Clima en el Altiplano Sudamericano.***

Se describen las principales características del clima en el altiplano Sudamericano, el cual se extiende en los Andes centrales entre los 15° y 21° S, aproximadamente, con una elevación media cercana a 3700 m.s.n.m. Esta situación, sumada a los efectos topográficos locales, constituyen los factores determinantes del clima de esta región. La temperatura del aire es relativamente baja y su ciclo diario muestra una considerable amplitud como resultados del fuerte calentamiento diurno asociado a la alta radiación solar y de la considerable perdida radiativa nocturna desde la superficie. La precipitación, que muestra un marcado carácter episódico, se concentra durante el verano austral (diciembre - marzo). Los eventos de precipitación se asocian en su mayoría a tormentas locales de origen convectivo que se desarrollan durante la tarde, como resultados del fuerte calentamiento radiativo de la superficie.

2. ***Ahumada_Faundez. 2009. Guía descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecoregión Altiplánica (SVAHT).***

Herramienta de gestión de los recursos y humedales altiplánicos, sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la Ecoregión altiplánica (regiones Arica, Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama).

3. ***Ahumada. 2011. Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos.***

En este trabajo se generó una guía para estandarizar y definir conceptos básicos de la estructura y funcionamiento de los humedales andinos, comprendidos entre las regiones de Arica y Araucanía, y de manera particular se incluye la zona árida de las regiones I, II, y XV. En esta se amplían y resumen los conceptos que deben ser considerados en el manejo, evaluación y seguimiento ambiental de humedales. En particular este informe entrega lineamientos en la aplicación de estrategias de conservación de humedales,

describiendo aspectos básicos de estos ecosistemas, entregar los aspectos mínimos que deben ser identificados y considerados para una adecuada evaluación y seguimiento ambiental, y describe los pasos que deben ser adoptados en el manejo y seguimiento ambiental de estos ecosistemas. Y, además, esta información constituye una herramienta que facilita al sector privado la presentación de informes y datos al sector público

4. ***Alfaro_Faundez. 2010a. Caracterización base de Vegas y Bofedales Altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. 1a parte: Región Antofagasta.***

Entrega una descripción y análisis de la Flora y Vegetación asociada a vegas y bofedales de sector cordillerano de la II Región (Antofagasta). Para describir la vegetación se utiliza metodología "Carta Ocupación Tierra" y con caracterización florística la contribución específica de participación relativa.

5. ***Alfaro_Faundez. 2010b. Caracterización base de Vegas y Bofedales Altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. 1a parte: Región Antofagasta. Fichas Técnicas Vegetación terreno.***

En este estudio se caracterizó la flora y la vegetación, y se analizó el componente florístico asociado a las vegas y bofedales escogidos del sector cordillerano de la región de Antofagasta. Para esto se evaluó la vegetación azonal en terreno en función de las características estructurales y las especies dominantes presentes en ellas de acuerdo con la metodología de la "Carta de Ocupación de Tierras" (COT), desarrollada por fitoecológica Louis Emerger (CEPE/CNRS), Montpellier, Francia, y adaptada para las condiciones ecológicas de Chile por Atiene & Contreras (1981) y Atiene & Prado (1982). Bajo esta metodología se evalúo la vegetación en su estructura horizontal, es decir, el porcentaje de cubrimiento de cada uno de los estratos vegetacionales: LB (Leñoso bajo) y H (Herbáceo), y las especies dominantes de cada estrato. Además se evalúo en su estructura vertical. De esta manera fue posible caracterizar de manera fiel el estado actual de la vegetación del área de estudio al momento de la evaluación en terreno. También se realizó la evaluación florística de cada unidad azonal seleccionada, considerando la caracterización de la contribución específica mediante determinación visual de los porcentajes de participación relativa en las distintas formaciones. Los puntos evaluados fueron posicionados utilizando un sistema de posicionamiento satelital (GPS), y paralelamente se registraron fotográficamente la formación evaluada y aquellas especies representativas de la misma Clasificación de humedales altoandinos. Además de la caracterización de los humedales, se realizó una evaluación visual del grado de intervención antrópico en una escala que abarca 3 rangos, (Leve, Media y Alta), aquellos humedales sin rastros de intervención fueron evaluados como No intervenidos.

6. ***Alonso_Risacher. 1996. Geoquímica del Salar de Atacama, parte 1: origen de los componentes y balance salino.***

En esta publicación científica los autores refieren el Salar de Atacama, la constitución de sus aguas, afluentes, salmueras y la sección del núcleo. El salar es definido como una cuenca de sedimentación cuya depresión central está ocupada por una costra constituida esencialmente por halita de 1.100 km2 de superficie y de 900 m de profundidad, rodeada por una zona marginal de limos salinos de unos 2.000 km2 de superficie. El salar recibe la mayor parte de sus aportes desde el este, originadas en las formaciones volcánicas de la

Folio007569

Cordillera de los Andes. Los componentes disueltos en las aguas de aporte tienen un doble origen. La alteración de rocas volcánicas provee sobre todo K, Li, Mg, B y en menor proporción Na y Ca; la redisolución de antiguas evaporitas que se encuentran por debajo de las formaciones volcánicas aporta un suplemento notable de Na, Cl, Ca y SO4 en las aguas más salinas. Se supone un funcionamiento intermitente del salar donde largos períodos secos han alternado con cortos períodos húmedos durante los cuales se depositaron grandes cantidades de sales. La ausencia de niveles lacustres y la gran pureza de la sal sugieren que el núcleo no proviene del desecamiento de un antiguo lago salado, sino de aportes salinos subterráneos.

7. ***Betancourt_et_al. 2000. A 22,000-Year record of monsoonal precipitation from northern Chile´s Atacama desert***

Cambios históricos de vegetación y fluctuaciones de agua en suelo reconstruidos con C^{14} (fecas de roedores y depósitos humedales).

8. ***Capaccioni_et_al. 2009. Origin and environmental impact of fluid discharges from the El Tatio geothermal field (Antofagasta region, Northern.***

Se realiza una descripción de la zona de los Geiseres de El Tatio, en particular de la calidad de sus aguas termales, evaluando su composición y relación con otra de sitios cercanos. Se analiza su composición en relación al origen tectónico del acuífero y se da una explicación para el origen termal. Además se pone énfasis en la incapacidad del agua para consumo humano, hallándose elevadas concentraciones de Arsénico y Boro varias veces sobre la norma, lo que da origen a la contaminación particular del Río Salado.

Folio007570

9. ***Cervetto. 2012. Caracterización Hidrogeológica e Hidrogeoquímica de las cuencas: Salar de Aguas Calientes 2, Puntas Negras, Laguna Tuyajto, Pampa Colorada, Pampa Las Tecas y Salar El Laco, II Región de Chile.***

En el presente estudio se caracterizó el funcionamiento hidráulico de las cuencas endorreicas de los Salares de Aguas Calientes 2, Puntas Negras, Laguna Tuyajto, Pampa Colorada, Pampa Las Tecas y Salar El Laco. Se definió que la recarga se produce por la infiltración de las precipitaciones. Las descargas se producen principalmente por evaporación desde lagunas, salares, napas someras y evapo-transpiración a partir de la vegetación que allí existe. Las zonas acuíferas existentes están limitadas a la porosidad primaria de las rocas volcánicas, la porosidad secundaria asociada a procesos de fracturamiento en este tipo de formaciones, y horizontes erosionados y meteorizados encontrados en profundidad. El acuífero principal está compuesto por ignimbrita fracturada. Se deduce la existencia de continuidad hidráulica y flujo de aguas subterráneas profundas desde Puntas Negras a Salar de Aguas Calientes 2, desde Pampa Colorada a Pampa Las Tecas y Laguna Tuyajto; y desde Pampa Las Tecas a Laguna Tuyajto. Las interconexiones del flujo de aguas subterráneas son restringidas por zonas de baja permeabilidad, ubicadas en los márgenes de las cuencas, y horizontes permeables de potencia menor, ubicados en profundidad. El modelo conceptual que aquí se presenta puede ser replicado para todas las cuencas de la Puna de Atacama de la II Región de Chile, tomando en cuenta las variaciones en la química de las aguas, para cada caso particular.

10. ***Cia_El_Abra. 2010. Censo Simultáneo de Flamencos Altoandinos. Salar de Ascotán - Salar de Carcote. Campaña Verano 2010.***

Este informe corresponde al resultado del censo de todas las aves acuáticas presentes en ambos salares efectuado en el verano de 2010, abarcó a los salares de Ascotán y Carcote. En este censo se discriminó por especies, estructura etaria (a nivel de neonatos y adultos), y no se consideró diferenciación social o sexual, debido al carácter gregario de las poblaciones y la extrema dificultad para diferenciar el dimorfismo sexual de las especies. Para esto se seleccionaron puntos de observación ubicados en sitios elevados, que permitieron una visual casi sin interrupción de los distintos cuerpos de agua presentes en cada salar. Con esta metodología se logró cubrir prácticamente la totalidad de las superficies lacustres de ambos salares.

11. ***Cia_Riochilex. 1997. Evaluación Hidrogeológica Acuífero sector Norte Salar de Atacama.***

El presente informe corresponde al estudio hidrogeológico realizado como parte de la campaña de exploración de recursos hídricos realizada en el sector norte del salar de atacama, II Región, en la concesión de exploración de agua subterránea. En este estudio hidrogeológico se realizó una etapa de exploración geofísica, a través de pozos con estratigrafía conocida o pozos de producción, que fueron utilizados para la elaboración de 30 perfiles geofísicos. Como resultados de ello, fue posible identificar diferentes unidades geoeléctricas, siendo algunas de ellas correlacionables con los acuíferos reconocidos. Se logró establecer la geología de subsuperficie y junto con los resultados obtenidos de la geofísica y sondajes estratigráficos, fue posible definir áreas de diferentes características hidrogeológicas, junto con definir un acuífero superior de tipo freático y uno inferior de tipo confinado, se estableció que el área central es la más favorable como acuífero. El

acuífero inferior está constituido por arenas, gravillas y gravas arenosas, está confinado por niveles ignimbríticos finos o arcillas y tienen espesor promedio de 70 metros. También, durante las pruebas de bombeo, se realizó un muestreo sistemático de agua para análisis químico total, análisis de total de solidos disueltos, y además se midieron los parámetros fisicoquímicos (temperatura, conductividad, y pH), cada una hora. Estos antecedentes permitieron determinar que las aguas del área explorada no son aptas para la bebida, ni para la agricultura, por su alto contenido de sales, arsénico y boro.

12. ***Cia_Riochilex. 1999. Evaluación Hidrogeológica Acuífero sector Norte Salar de Atacama, Informe Final.***

Se estiman los caudales de perdida por evaporación y evapotranspiración. Se describen los distintos acuíferos presentes en la zona, su ubicación y su tipo. Además se estima el volumen total almacenado y la recarga estimada. Finalmente se califica la calidad química del agua extraída de los pozos.

13. ***CIREN. 2009a. Caracterización base de Vegas y Bofedales Altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. 1a parte: Región Antofagasta.***

Sistemas de vegetación Bofedal/Pajonal/Vega/Ripariano y salinidad (salina o no salina). Se cartografió los humedales, basándose en los datos de DGA (Res. N°529 del 2003) y la metodología en guía SAG 2006 conceptos y criterios para la evaluación ambiental de los humedales. Mapa interactivo de todos los 264 humedales encontrados, clasificados por el sistema sugerido y comentarios.

14. ***CIREN. 2009b. Caracterización base de Vegas y Bofedales Altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. 1a parte: Región Antofagasta. Informe Avance Técnico N°1.***

El presente documento corresponde al Informe Técnico de Avance Nº 1 de este Proyecto, en el cual, se da cuenta de las actividades desarrolladas y de los resultados obtenidos al 31 de Octubre del 2009. Se genera un Sistema de Información Territorial de Humedales Altoandinos (SITHA) de la región de Antofagasta, constituido por variables ambientales y propias así como de la dinámica de ellos, con la finalidad de apoyar una gestión sostenible y sustentable de estos ecosistemas, además de establecer las relaciones de ellos con las actividades mineras y productivas en el área de estudio. Se recopiló y sistematizó la información de humedales altoandinos existente en la II región, especialmente la proveniente de DIAs y EIAs de bofedales y vegas de altura. La metodología de este proyecto se desarrolló en base a la adaptación de la guía “Conceptos y Criterios para la evaluación ambiental de humedales”. Y como base de la investigación se recopilaron estudios e Investigaciones existentes y disponibles, realizadas por la DGA, CONADI, CONAMA, SAG, CONAF, empresas mineras, universidades, institutos de investigación y otras instituciones y organismos, públicos y privados, relacionados con la temática de humedales, fuentes hídricas e información anexa de la parte altoandina de la región de Antofagasta. Se incluyeron los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) existentes.

Folio007572

15. ***CIREN. 2010a. Caracterización base de vegas y bofedales Altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. Primera Parte: Región de Antofagasta. Informe Final.***

Integra investigaciones realizadas previamente por DGA y los estudios de empresas mineras en SEIA. SITHA de la II Región de Antofagasta para apoyar la gestión sostenible-sustentable de ecosistemas de humedales y relaciones de estos con actividades mineras y productivas. Incluyó 26 sub-cuencas hidrológicas y 264 humedales de los cuales se hizo levantamiento en 50 de la información de Flora y Vegetación (Fichas técnica).

16. ***CIREN. 2010b. SITAH-Mapa condición de Humedales Muestra de II Región de Antofagasta.***

SITAH-Mapa condición de Humedales Muestra de II Región de Antofagasta.

17. ***CIREN. 2011a. Establecimiento de las relaciones entre los humedales y actividades mineras y productivas del área de estudio.***

Identificación-localización de las principales actividades productivas en el área de estudio (Coberturas especializadas de las actividades), análisis territorial y correlación con las condiciones actuales de ecosistemas de vegas y bofedales.

18. ***CIREN. 2011b. Análisis de los estudios y declaraciones de impacto ambiental periodo 1992-2011.***

Análisis de los estudios y declaraciones de impacto ambiental de proyectos ingresados al SEAI 1992-2011 concordantes con el área de estudio de los humedales altoandinos II Región. Total 99 proyectos (41% Minería y 13% Energía-Instalaciones).

19. ***CIREN. 2011c. Análisis de las amenazas generadas por las relaciones de actividades productivas y los humedales de área de estudio.***

Análisis de la condición y amenazas de humedales en relación a las actividades productivas que se realizan en el área de estudio y entorno donde se insertan dichas actividades (sitios protegidos, ADIs). Además, cambios multitemporales en vegetación o cuerpos de agua por análisis digital imagen satelital ASTER por app. 20 años.

20. ***CIREN. 2011d. Análisis multitemporal de cambios ocurridos en humedales utilizando imágenes satelitales periodo 1984-2011.***

Uso de imágenes ASTER (2008-2009 vs 2000-2003), mosaicos en 27 subescenas con 264 humedades del área de estudio. Humedales en acuíferos protegidos DGA Res. 529 (2003).

21. ***CIREN. 2011e. SITAH-Mapa cartografía base y relieve Humedales de II Región de Antofagasta.***

SITAH-Mapa cartografía base y relieve Humedales de II Región de Antofagasta.

Folio007573

22. CIREN. 2011f. SITAH-Mapa cartografía actual Humedales de II Región de Antofagasta.

SITAH-Mapa cartografía actual Humedales de II Región de Antofagasta destacan 50 fichas técnicas.

23. CIREN. 2011g. FV_Flora & Vegetación (Meta data y Mapas II Región de Antofagasta.

SITAH-Mapas de II Región de Antofagasta.

24. CONAF.2003. Plan de acción para la conservación y uso sustentable de humedales altoandinos (PACHA)

Implementa Plan de Acción con Resolución VII.39 sobre "humedales altoandinos como ecosistema estratégico" con 4 lineamientos: Monitoreos Biológicos y de Recursos Hídricos, Protección de Recursos y Planificación Territorial, Infraestructura y Diseño.

25. CONAF. 2010. Programa Nacional para la Conservación de Humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado".

En este documento se dan orientaciones y lineamientos para la labor de las instituciones en materia de humedales a través de la elaboración del Programa Nacional para la Conservación de Humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. En el informe se presentan varios capítulos de los cuales se extraen definiciones extensas de los humedales, su clasificación, sus características, servicios ecosistémicos que prestan y en particular, la importancia que tienen en su conservación de la diversidad biológica. También, se resumen las convenciones y tratados relacionados con los humedales en Chile y como se han implementado en las distintas áreas de la conservación. Se realiza además, una revisión de los humedales prioritarios en chile, los aspectos biológicos más relevantes, los problemas ambientales y presiones que los afectan, y las acciones realizadas para su conservación. También se hace una revisión de las metodologías de trabajo utilizadas y las instituciones aportantes. En términos generales como funciona SNASPE. Y como gran producto la formulación del programa de humedales del SNASPE, el cual busca Mejorar el estado de conservación de los ecosistemas de humedales y la diversidad biológica asociada a estos, al interior del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile, lo que es realizado a través de: institucionalizar la temática humedales al interior de CONAF, desarrollar mecanismos de planificación específica para los humedales al interior del SNASPE, fortalecer la investigación y el conocimiento en torno a humedales del SNASPE, emprender procesos de sensibilización ciudadana en torno a los humedales, fortalecer las alianzas estratégicas entre CONAF y otros organismos y sectores de la sociedad, en el ámbito de los humedales y fortalecer la gestión de CONAF en torno a los Sitios Ramsar bajo su responsabilidad.

Folio007574

26. CONAF. 2008a - 2008d. Fichas Informativas de los Humedales Ramsar (FIR) - Versión 2006-2008.

Este documento corresponde a una ficha técnica resumen del sitio que abarca información biológica (flora y fauna), geomorfológica, hidrológica, entre otros aspectos que brindan una excelente síntesis del sitio.

27. CONAMA. 2002. Estrategia regional y Plan de acción para la conservación y uso sustentable de la Diversidad Biológica de la región de Antofagasta.

Conservación de la diversidad biológica, usos sostenibles de sus componentes y participación de los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos. Propuesta de meta común a 5 años de ámbitos prioritarios en la II Región de Antofagasta.

28. Contreras. 2002. Norte de Chile: conservación de humedales altoandinos para un desarrollo productivo sustentable.

En el presente artículo se expone el estado actual de la relación público / privada para la conservación de humedales altoandinos, y se proponen líneas estratégicas para reorientar esta relación y potenciarla.

29. Demergasso. 2008. Novelty and spatio temporal heterogeneity in the bacterial diversity of hypersaline Lake Tebenquiche (Salar de Atacama).

La laguna Tebinquiche es uno de los mayores cuerpos de agua salada en el Salar de Atacama a 2.500 m sobre el nivel del mar en el noreste de Chile. Las bacterias que habitan tienen que lidiar con los cambios bruscos de salinidad, temperatura y radiación UV (es decir, alta disimilitud ambiental en el paisaje físico). Se analizó la estructura del bacterioplancton de este lago por 16S rRNA análisis de genes.l. La asociación bacteriana en el lago fue muy heterogénea, tanto en el espacio y el tiempo. La salinidad cambió tanto en el espacio y tiempo que oscilaron entre 1 y 30% (w / v), y abundancias totales de procariotas planctónicos en los diferentes puntos de muestreo dentro del lago varió entre dos y nueve veces 106 células ml-1.

30. DGA. 1977. Balance Hidrológico de las Cuencas Ascotán - Carcote y Río Loa.

Investigación de recursos hidráulicos centrado principalmente las cuencas del Río Loa y Salar de Atacama, la información presentada muestra que los flujos superficiales experimentan cambios importantes en sus caudales como en la calidad química de sus aguas. Este proyecto sigue y amplia observaciones de DGA y CORFO con especial énfasis a los flujos de crecida. Informe pone énfasis en Sub-cuenca del Loa Medio, la más importante por los caudales y calidades químicas de los recursos superficiales de la II Región de Antofagasta y considera entre 1972-1975. Se establecen balances hídricos y químicos de los cursos de la cuenca del Loa durante el año 1976, un balance anual hídrico (1972-1975) y uno hidrológico a las cuencas del Loa y Ascotán-Carcote.

Folio007575

31. DGA.1984a. Análisis crítico de la red pluviométrica nacional. Red de calidad de aguas I y II Región.

En este estudio técnico se define una red de calidad de aguas, la ubicación de las estaciones de muestreo, los parámetros de calidad que se miden en cada estación, las técnicas de muestreo y análisis que se utilizan, la frecuencia de recolección de las muestras y el procesamiento o manejo de la información generada. El objetivo de la red de calidad de aguas propuesta es "entregar la información general acerca de la calidad del agua de las cuencas, tanto en su estado natural como por efecto del impacto de la actividad humana. Este informe efectúa un análisis crítico de la actual red de medición de la calidad de agua para la I y II región, propone una red primaria de estaciones. Para la II región existen en la DGA antecedentes de calidad de aguas para las hoyas (cuencas) del Río Loa (35 estaciones regulares y 64 ocasionales), Salar de Atacama (5 regulares y 62 ocasionales) y salar de Pujsa (9 estaciones ocasionales). Todos los humedales prioritarios con vegetación.

32. DGA. 1986a. Balance Hidrológico Nacional II Región.

El presente informe corresponde al balance hídrico de la región de Antofagasta, parte integrante del estudio Balance Hidrológico Nacional (BHN), que ha definido y desarrollado la Dirección General de Aguas (DGA). Este estudio se suma a los ya realizados en el marco del proyecto para las regiones comprendidas entre la III y XI regiones. El objetivo es entregar los componentes del balance hídrico por cuencas a nivel anual y considerando un período de tiempo suficientemente representativo (años hidrológicos 1961/62 y 1980/81), pese a que el estudio no analiza la aptitud del recurso para los diferentes usos posibles, sino que solo entrega solo medias anuales de las diferentes componentes del balance hídrico. La metodología utilizada en este estudio, estuvo basado en las recomendaciones de la Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur (UNESCO – ROSTLAC, 1982). Los resultados se entregan en cuadros por cuencas y en mapas de isolíneas de precipitación, de evapotranspiración y de escorrentía. Además, se entrega el mapa de isotermas ya que es necesario para determinar la evapotranspiración de acuerdo a la metodología. Se presentan los balances para las cuencas del Río Loa, Salar de Ascotán, Salar de Carcote, Salar de Atacama, Salar de Tara, Salar de Punta Negra y Quebrada de Taltal.

33. DGA.1986b. Evaporación desde salares: metodología para evaluar los recursos hídricos renovables. Aplicación en las regiones I y II. (SDEH 86/4).

En el informe se realiza una estimación de la evaporación desde salares ubicados en la I y II regiones de Chile. La estimación de la evaporación se realiza mediante dos métodos: 1) A través de una función exponencial que depende de la profundidad del nivel saturado, y 2) Por medio de un balance hídrico a nivel medio anual en los salares y en las cuencas que drenan a los salares. El balance considera las precipitaciones y la evaporación, además de los caudales efluentes y afluentes para las cuencas drenantes y los salares respectivamente. Para el caso del Salar de Atacama los resultados para la metodología 1 y 2 respectivamente son 4770 l/s y 5000 l/s. La información contenida en este documento corresponde a resultados bastante generales y evalúa los sistemas en régimen natural, ya que no considera en los cálculos y balances los caudales de captaciones superficiales o extracciones subterráneas. Puede servir para comparar resultados de una estimación o

modelación en régimen natural del Salar de Atacama en donde se cuantifiquen la evaporación, la precipitación o la escorrentía afluente al salar.

34. DGA. 1991a – 1991c. Catastro General de usuarios de aguas de los cauces afluentes al Salar de Atacama. Informe final. Tomos 1 al 4.

Los autores de este informe técnico elaboraron un catastro de usuarios de aguas en el área servida por todos los canales derivados directa e indirectamente de los cauces afluentes al Salar de Atacama, esto es usuarios de aguas de ríos, quebradas, vertientes y pozos.

35. DGA. 1995a. Hidrología del Río Loa Medio.

Este documento corresponde a una minuta técnica en la cual se presentan resultados de aforos en el Río Loa, en el tramo comprendido entre Yalquincha y Quillagua. En el estudio se analizaron las estadísticas existentes de forma de comparar su variación histórica, y de esta forma entregar nuevos derechos de aprovechamiento. Los datos revisados comprendieron los periodos de 1948 – 1964 y 1978 a 1993. Como principales conclusiones se tiene la disminución observada del caudal del Río Loa a través del tiempo, la cual afecta gravemente la disponibilidad del recurso. Además se recomienda establecer un control permanente sobre las extracciones realizadas por empresas mineras, en particular que no excedan los derechos de aprovechamiento autorizados.

36. DGA. 1995b. Resultado de los aforos a lo largo del Río Loa entre Finca y Quillagua. Minuta técnica DGA N° 145.

Este documento corresponde a una minuta técnica en la cual se presentan resultados de aforos en el Río Loa, en el tramo comprendido entre Yalquincha y Quillagua. En el estudio se analizaron las estadísticas existentes de forma de comparar su variación histórica, y de esta forma entregar nuevos derechos de aprovechamiento. Los datos revisados comprendieron los periodos de 1948 – 1964 y 1978 a 1993. Como principales conclusiones se tiene la disminución observada del caudal del Río Loa a través del tiempo, la cual afecta gravemente la disponibilidad del recurso. Además se recomienda establecer un control permanente sobre las extracciones realizadas por empresas mineras, en particular que no excedan los derechos de aprovechamiento autorizados.

37. DGA. 1995c. Análisis Estudio de Extracciones de agua Calama - Quillagua II Región. Informe Final. (S.I.T. Nº 20)

La finalidad principal de este estudio fue conocer las extracciones de agua realizadas sobre el Río Loa, entre las localidades de Yalquincha y Quillagua, y así establecer el caudal que llega hasta este último punto. Se realiza un balance hidrológico, en base a información recopilada y datos recogidos en terreno.

38. DGA. 1998. Informe hidrogeológico: evaluación de la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas, cuenca Salar de Atacama, II región.

En este estudio se efectúa un balance hídrico global de la cuenca del Salar de Atacama, de modo de obtener el balance hídrico subterráneo. Se presenta la zonificación de la

Folio007577

cuenca del Salar de Atacama incluida en la Minuta Técnica Nº 60 de la DGA. Se incluye un estudio geológico completo que describe la geología de superficie y subsuperficie de la cuenca del Salar de Atacama. El estudio está enfocado a la zonificación y a la descripción de los acuíferos de la zona estudiada. El balance hídrico se realiza para las 6 zonas definidas en el estudio en régimen natural. En los anexos se incluyen perfiles geofísicos, mapa con ubicación de pozos, perfiles geológicos transversales y longitudinales, e información de los derechos de aguas.

39. ***DGA. 1999. Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama, II región. Minuta técnica DGA N° 60.***

En esta minuta se realiza un balance hídrico, con objetivo de determinar la disponibilidad para constituir derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas. Se utiliza la zonificación de la cuenca del Salar de Atacama propuesta en el "Informe hidrogeológico: evaluación de la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas, cuenca Salar de Atacama, II región" (DGA, 1998). Se entrega un resumen de los criterios con que se realizó la zonificación. El balance en régimen natural en las subcuencas aportantes al salar considera precipitaciones, evapotranspiración, escorrentía superficial y subterránea. Se realiza un balance entre la oferta y la demanda hídrica, considerando derechos y usos comprometidos, y se efectúa un análisis de los resultados. Por último, se estima el volumen almacenado en los acuíferos ubicados en las zonas de estudio.

40. ***DGA. 2001. Actualización delimitación de acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la región de Antofagasta. Volumen N°1, Informe Final. (S.I.T. Nº 76).***

En este informe técnico se presenta una actualización de la delimitación de acuíferos que alimentan humedales en la II Región de Antofagasta, abarcando hasta el sector de Ollagüe por el norte, en el límite con la I Región, el Salar de Aguas Calientes por el sur, el límite internacional por el este, y Calama y el Salar de Atacama por el poniente. Se dio énfasis a aquellos directamente relacionados con las comunidades indígenas (aymará y atacameña) presentes en la zona, además se puso especial énfasis en aquellos acuíferos ubicados en las cuencas localizadas en las partes altas de la II Región, atendiendo a que en esta zona se producen principalmente los recursos hídricos. Para tal efecto se tuvo como base los estudios de identificación y ubicación de vegas y bofedales de las Regiones I y II, y la delimitación de los acuíferos alimentadores de vegas y bofedales de las Regiones I y II efectuados por la DGA, complementados con levantamientos e información disponibles. La delimitación se realizó sobre humedales que son alimentados por aguas subterráneas; quedando excluidos, en consecuencia, todos aquellos alimentados por cauces superficiales o por otro tipo de escurrimiento de carácter superficial. Para esto, se recopilaron antecedentes acerca de la descripción geológica e hidrogeológica de carácter regional relacionados con los humedales y las comunidades indígenas, se identificó aspectos singulares que permitieron la delimitación de unidades hidrogeológicas a partir de la información base obtenida en terreno y otros antecedentes existentes recopilados, se identificaron los acuíferos alimentadores de humedales con énfasis en aquellos asociados a usos indígenas en la zona, y, se generó una base de información digital georeferenciada con los humedales identificados y la delimitación de los acuíferos que los alimentan. La metodología, contempló una completa labor de

Folio007578

recopilación y revisión de antecedentes disponibles, tanto a nivel central como regional. También se desarrolló una serie de entrevistas a instituciones a fin de obtener información. El trabajo de terreno se planificó con una primera visita de reconocimiento en conjunto con profesionales de la DGA. Después analizados los antecedentes todos los disponibles y realizada una identificación preliminar de vegas, se efectuaron dos campañas para cubrir toda el área del estudio. Como criterio general para finalmente determinar la delimitación de los acuíferos considerados, se definió, para cada vega o bofedal identificado, el sector hidrogeológico que lo alimenta, que corresponde al área que frente a una eventual explotación de agua subterránea en ella, afecte significativamente la preservación de la vega.

41. DGA. 2003a. Evaluación de los recursos hídricos sectores Calama y Llalqui, Cuenca del Río Loa. Informe Técnico. (S.I.T. N° 85).

En el presente estudio se integra la información existente sobre el sistema hídrico de la cuenca del Loa, y se desarrollan análisis para evaluar la disponibilidad de aguas subterráneas en sectores específicos, y los efectos de una explotación subterránea intensificada sobre los recursos superficiales. El estudio contiene los resultados de un estudio hidrológico y balance hídrico de la cuenca del Loa, los resultados de una modelación hidrogeológica en el sector específico de Calama, y algunas interpretaciones de información Hidrogeoquímica en apoyo a los resultados hidrológicos. Como conclusión final, se hace una estimación tanto de los recursos renovables como de los recursos no renovables, disponibles en la cuenca. Se inicia el estudio con la presentación de algunos antecedentes generales a nivel de la cuenca completa, que son: antecedentes geológicos, antecedentes climáticos y antecedentes hidrogeoquímicos. A continuación, se presenta un análisis hidrológico en régimen natural, que abarca toda la cuenca del río Loa y sus afluentes, que comienza con la caracterización y cuantificación de la precipitación y de la evapotranspiración en la cuenca, y termina con la obtención de la cantidad de recurso disponible para escorrentía superficial y subterránea en cada subcuenca constitutiva. Finalmente se desarrolla, para cada subcuenca constitutiva, el balance de escorrentía versus usos. Estos balances son los que proporcionan el marco dentro del cual se establecen las condiciones de borde para la aplicación de los modelos hidrogeológicos. Posteriormente, se presenta el trabajo realizado con el modelo hidrogeológico de Calama. El modelo cubre la zona del acuífero de Calama, entre Yalquincha y la vertiente Ojos de Opache.

42. DGA. 2003b. Modelación Hidrogeológica sector pampa Llalqui. Cuenca Río Loa II Región de Antofagasta. (S.I.T. Nº 152).

En este estudio se desarrolla un modelo conceptual de la zona de pampa Llalqui, recogiendo la información hidrogeológica y geoquímica de la zona para evaluar el aprovechamiento de aguas subterráneas y efectos por esto. Para el sector de Calama se trabajó con un modelo hidrogeológico que permitió evaluar en forma precisa respuestas del sistema y conocer efectos asociados a diferentes escenarios de explotación. Se estableció existencia de flujo subterráneo que es parte de la escorrentía de la cuenca. Respecto a la calidad del agua, debe tenerse presente que las aguas explotadas son de elevada salinidad con una fuerte limitación para su uso. Se establece que la extracción de recursos desde el acuífero está limitada por los efectos que produce sobre las recuperaciones del río, los flujos pasantes que sustentan otras extracciones de aguas abajo y la pérdida del almacenamiento del sistema.

Folio007579

43. DGA. 2004a. Actualización Delimitación de Acuíferos que alimentan Vegas y Bofedales, Región de Antofagasta. Informe Final. (S.I.T. Nº 98).

Se caracterizan y clasifican los acuíferos en términos generales en la región. También se definen los tipos de vegas presentes en la región. Se presentan valores característicos de cada pozo incluido en el estudio: profundidad, presión de bombeo y constantes elásticas entre otros parámetros. También se presentan valores de precipitaciones en distintas estaciones pluviométricas.

44. DGA. 2004b – 2004e. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. (S.I.T. N° 104).

En este se realizó una actualización de la delimitación de acuíferos que alimentan humedales en la II Región de Antofagasta, dando un énfasis a aquellos directamente relacionados con las comunidades indígenas (aymará y atacameña) presentes en la zona, abarcando hasta el sector de Ollagüe por el norte, en el límite con la I Región, el Salar de Aguas Calientes por el sur, el limite internacional por el este, y Calama y el Salar de Atacama por el poniente. Para esto se recopilación de antecedentes acerca de la descripción geológica e hidrogeológica, se identificaron aspectos singulares que permitieron la delimitación de unidades hidrogeológicas a partir de la información base obtenida en terreno y otros antecedentes existentes que se recopilaron, se identificaron acuíferos alimentadores de humedales, se generó una base de información digital georeferenciada con los humedales identificados y la delimitación de los acuíferos que los alimentan. La delimitación correspondió a aquellos humedales que son alimentados por aguas subterráneas; quedando excluidos, en consecuencia, todos aquellos alimentados por cauces superficiales o por otro tipo de escurrimiento de carácter superficial. Para este informe se tuvo como base principal el estudio "Actualización Delimitación de Acuíferos Alimentadores de Vegas y Bofedales Región de Antofagasta", realizado por la DGA de Diciembre de 2001 y el Informe Técnico "Protección de Vegas II Región, Identificación Preliminar", de Septiembre de 2004, también elaborado por la DGA. Ambos estudios se complementaron con levantamientos e información disponibles posteriormente.

45. DGA. 2005a. Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del Río Loa. (S.I.T. Nº 192).

Este estudio corresponde a una recopilación de información y tiene como objetivos evaluar documentadamente la disponibilidad del recurso superficial de ejercicio eventual en la cuenca del rio Loa, cuantificar la oferta del recurso hídrico, cuantificar la demanda, establecer un balance entre la oferta y demanda y resolver las solicitudes pendientes. El Río Loa y sus afluentes mediante resolución DGA N° 197 de 24 de enero de 2000 fue declarado agotado para la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de ejercicio permanente. Se determinó en forma global y detallada, a nivel de cuenca y subcuenca, la situación en que se encuentra la disponibilidad de recursos hídricos en la cuenca del Rio Loa. Esta determinación de la demanda en esta cuenca está basada en trabajos realizados en las Direcciones Regionales DGA II y el Departamento de Administración de Recursos Hídricos y considera el levantamiento de solicitudes presentadas en la Dirección General de Aguas hasta septiembre de 2002. Determina la disponibilidad de recursos hídricos de ejercicio eventual en la cuenca de río Loa y

herramienta de apoyo en la resolución de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales. De lo anterior se desprende que para acceder a una solicitud en particular, es necesario que ésta se encuentre técnica y legalmente correcta y que además exista el recurso solicitado a nivel de la captación estudiada.

46. DGA. 2005b. Hidrogeología de la II Región y Asesoria para la Revision de Informes de Estudios de Evaluacion de Recursos Hidricos. Informe Final - Hidrogeologia de la II Región.

En este informe se realiza el análisis y caracterización de la hidrogeología del sistema acuífero de los Salares de Ollagüe, Carcote, Los Morros, Ascotan, Punta Negra y Atacama, y sectores de Sierra Gorda, Maria Elena-Pedro de Valdivia, Calama-Pampa-Llalqui, Llano Mariposa-Elvira. Se entregan antecedentes de la geomorfología, la geología, la hidrología y la hidrogeología de la cuenca. Se realizan análisis de los caudales superficiales afluentes, del comportamiento de las precipitaciones y la evaporación en la cuenca, y se analizan balances hídricos realizados en otros estudios. Se realiza una descripción y caracterización de cada sistema acuífero, así como también un modelo conceptual de cada sistema donde se analizan geometría, tipo de rellenos, profundidad de la napa, sentido de escurrimiento, constantes elásticas, recarga y descarga.

47. DGA. 2006a. Actualización delimitación de acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la región de Antofagasta.

Este estudio presenta la delimitación definitiva de los acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la región de Antofagasta realizada por la DGA en conjunto con la CONADI. En el informe se presenta cartografía temática que establece la delimitación de los acuíferos mencionados en el párrafo anterior, que consta de 12 cartas temáticas a escala 1:250.000. Este antecedente fue utilizado para identificar zonas de vegas y bofedales de la cuenca del Salar.

48. DGA. 2006b. Resolución N° 87 de 2006: Modificación de Resolución DGA N° 529 de 2003.

Actualización de la identificación y delimitación de acuífros que alimentan vegas y bofedales de la II Región de Antofagasta.

49. DGA. 2008. Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas fuentes de agua en Áreas Prioritarias de la zona norte de Chile, Regiones XV, I, II y III, Etapa 1, Informe Final Parte III. Hidrología Regional del Altiplano de Chile. (S.I.T. Nº 157).

En este estudio se caracteriza los recursos hídricos del Altiplano de Chile, desarrollándose un estudio hidrológico a nivel regional en la cuencas endorreicas del altiplano de las Regiones XV, I, II y III. Este estudio contempla el análisis a nivel mensual y anual de variables meteorológicas como precipitación escurrimiento, temperatura y evaporación de tanque. Las variables hidrológicas se analizaron para determinar su variación espacial y temporal a nivel mensual y anual. Además se realizó un estudio de

sequías meteorológica e hidrológica con los registros de precipitaciones y escurrimientos, respectivamente.

50. ***DGA. 2009a – 2009e. Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas fuentes de agua en Áreas Prioritarias de la zona norte de Chile, Regiones XV, I, II y III. (S.I.T. Nº 195).***

Este estudio, desarrollado por el DICTUC, incluye una completa recopilación de datos hidrológicos, además de rellenos y análisis de acuerdo a metodologías convencionales. Se utilizaron datos de lluvias de Argentina y Bolivia, además de los nacionales. Se estudió acabadamente la correlación espacio temporal de las variables. Se estudió la precipitación en el gradiente altitudinal y latitudinal. Con relación al cálculo de recargas, se desarrolló un procedimiento sencillo basado en coeficientes de escorrentía e infiltración, el cual permite calcular la recarga promedio de largo plazo en función de las características de los suelos de la cuenca analizada. El balance propuesto es simple, basándose en la estimación de pocos parámetros. El análisis de precipitaciones entrega una perspectiva global del comportamiento espacial de las precipitaciones altiplánicas. Se destaca el relleno por correlaciones múltiples utilizando dos estaciones de condiciones similares en lugar de una, por ser más adecuado ante las condiciones meteorológicas particulares de la zona.

51. ***DGA. 2010a. Metodología para la estimación de recarga de cuencas altiplánicas y precordilleranas de vertiente Pacífica en el norte de Chile, XV, I, II y III Regiones. (S.I.T. Nº 221).***

En el presente informe se propone una metodología para estimar recargas en cuencas altiplánicas y de precordillera de vertiente pacífica y, de esta forma, elaborar un procedimiento de cálculo aplicable a escala regional a cualquier cuenca ubicada entre las regiones XV y III, sobre la cota 1500 m.s.n.m. Se genera un modelo conceptual para representar el mecanismo de recarga de aguas subterráneas en las cuencas de la zona de interés. Para cada cuenca analizada se han estudiado sus particularidades físicas, hidrológicas e hidrogeológicas: evaporacion, caudales, temperatura, precipitaciones y tipo de permeabilidad. Tambien se anexa informacion y cartografia de pozos y caudales de extraccion en cada cuenca estudiada.

52. ***DGA. 2010b. Actualización de la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama. II Región. (S.I.T. N° 210).***

En el desarrollo de este informe se incluye la revisión de los antecedentes existentes. A partir de ello, y del conocimiento que se tiene de la cuenca del Salar de Atacama, se realizo una delimitación de las subcuencas aportantes al salar junto con una primera identificación de los sectores sensibles ambientalmente. Para cada una de las subcuencas en que se dividió la cuenca del Salar se desarrollaron balances hídricos mensuales a partir de un estudio hidrológico actualizado. Se efectuaron balances hídricos para el período 1970 a 2008, incorporando los montos de demandados por vegas, bofedales, áreas cultivadas y superficies de agua libre. Finalmente, se realizó una estimación de las demandas de los sectores sensibles y de la disponibilidad del recurso hídrico en el salar.

Folio007582

53. DGA. 2010c. Acuíferos Protegidos asociadas al listado de vegas protegidas de la II región de Antofagasta.

Listado de acuíferos protegidos asociadas al listado de vegas protegidas de la región, se incluye información de área, y resolución dictada para la protección de cada acuífero.

54. DGA. 2011. Estimación de recargas en cuencas altiplánicas y precordilleranas de vertiente Pacífica. Resumen Ejecutivo. (S.I.T. Nº 251).

En este estudio se estima la recarga de agua de las principales cuencas que cumplan con la condición de altiplánicas o de vertiente pacífica. Se analiza la información física disponible (hidrología, geomorfología, hidrogeología, geología y usos) de las cuencas en estudio y los derechos de agua involucrados. También se realizaron balances hídricos de carácter preliminar a partir de información de derechos y usos de agua disponibles.

55. DGA. 2012a. Evaluación de los recursos hídricos subterráneos del Acuífero del Salar de Atacama. Informe Técnico. (S.I.T. Nº 324).

En este informe se entrega una síntesis de los análisis y resultados del estudio "Actualización de la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama. II Región" y se determina la oferta de recursos hídricos para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas en la cuenca del Salar de Atacama.

56. DGA. 2012b. Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los recursos hídricos, región de Antofagasta. (S.I.T. Nº 291).

En este estudio se incluye una extensa revision de antecedentes relacionada a los recursos hidricos de la región. Luego se realiza un diagnostico de la disponibilidad actual del recurso. Tambien se presentan datos hidrologicos historicos (precipitacion, evaporación, caudales, etc.) junto a una descripción general de los sitios de estudio en lo que respecta a la hidrogeología. El objetivo central del estudio fue elaborar el diagnóstico del Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos para la Región de Antofagasta para orientar las decisiones públicas y privadas, con el fin último de maximizar la función económica, social y ambiental del agua, en armonía con el medioambiente y con condiciones de equilibrio que permita la sustentabilidad dentro de una visión de corto y largo plazo, dotando a los actores de las herramientas y capacidades para abordar los desafíos que esto impone. Este objetivo central se desglosa en un grupo de objetivos específicos tendientes, en lo fundamental, a conocer la realidad del recurso hídrico en una región caracterizada por una baja disponibilidad de agua y desajustes notorios entre oferta y demanda del recurso. De igual modo, estos objetivos específicos deben permitir la identificación de los factores que limitan desde la perspectiva del recurso hídrico el desarrollo productivo regional; así como los factores relevantes que afectan el patrimonio ambiental o social regional.

57. DGA. 2012c. Estudio Acuífero de Calama Sector Medio del Río Loa, Región de Antofagasta. (S.I.T. Nº 295).

En este estudio que se integró toda la información hidrogeológica disponible, con el objetivo de elaborar un modelo conceptual del funcionamiento del sistema acuífero de Calama. Para conseguir esto, además de compilar un vasto volumen de información, se levantó nueva información en zonas en las que se disponía de un conocimiento prácticamente nulo del sistema acuífero. El trabajo reúne, el estado del conocimiento hidrogeológico para la cuenca de Calama, definiéndose como una excelente herramienta de consulta y análisis para abordar los distintos planes de seguimiento, alerta, monitoreo y control de las extracciones existentes, con una perspectiva global del sistema de recursos hídricos de Calama. Entre las principales conclusiones del estudio se presenta una descripción extensa y acabada de la zona de estudio, en aspectos climáticos, geológicos, hidrológicos, hidráulicos, hidroquímicos e hidrogeológicos. Además, entre otras informaciones relevantes, se concluye que se puede suponer la existencia de dos unidades acuíferas principales: el acuífero superior, de carácter libre, y el acuífero inferior, de carácter semiconfinado. Ambos acuíferos se encuentran separados por un acuitardo en la gran mayoría del área modelada, cuyas conductividades hidráulicas para el acuífero superior tienen un rango amplio, que está en función del grado de porosidad secundaria; el acuitardo tiene unos valores siempre inferiores y el acuífero profundo tiene un rango promedio inferior al superior. Se observó a través del análisis hidroquímico que la recarga de la gran cuenca de Calama proviene subterráneamente desde dos fuentes principales: la más importante provendría de la cuenca del río Salado, y otra fuente importante provendría desde aguas arriba del embalse Conchi. En relación al balance hídrico, las entradas al sistema se han evaluado en el rango 1200 l/s a 2000 l/s. El aporte principal al sistema procede de la entrada de agua por los contornos norte y este (75% del total de entradas). El resto de elementos de recarga incluyen la infiltración del Tranque Talabre, precipitación, los excedentes de riego y las pérdidas de redes urbanas y mineras. Las salidas del sistema oscilarían entre 1200 l/s y 2300 l/s. Las descargas del acuífero superior al río Loa y las descargas de las vertientes suponen la salida natural más importante (70% del total de salidas), mientras que las extracciones por pozos suponen entre el 10% - 15% de las descargas totales. El sistema presenta también una descarga subterránea a través del contorno oeste del modelo, y pérdidas por evaporación directa. El balance neto del sistema es deficitario, con una diferencia que oscilaría en el rango de 0 l/s y 300 l/s. La consecuencia directa de esta situación deficitaria es el descenso progresivo de los niveles piezométricos, especialmente concentrado en las zonas de extracción. Finalmente, se concluye que toda variación en el nivel del río Loa afectará directamente el gradiente con el acuífero superior y por lo tanto afectará la descarga desde el acuífero al río, afectando el balance global. A su vez, una variación en la descarga del acuífero al río afectará directamente la descarga registrada en las vertientes. En función del estado deficitario en el balance hídrico de la cuenca, y el uso intenso de los recursos hídricos en esta árida región del país, se propone realizar un estudio de recarga artificial sobre las avenidas por eventos meteorológicos esporádicos. Esto permitiría modificar el balance hídrico agregando recursos que naturalmente van a parar fuera del dominio modelado. Se recomienda realizar una gestión integrada a nivel de la cuenca, que permita gestionar los planes de alerta temprana de forma integrada entre los principales usuarios de los recursos hídricos.

Folio007584

58. DGA. 2013a. Análisis de la oferta hídrica del Salar de Atacama. (S.I.T. N° 339).

Esta minuta técnica se corrigió la determinación del balance hídrico del Salar de Atacama del último estudio realizado el año 2010 por GCF Ingenieros Limitada para la Dirección General de Aguas ("Actualización de la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las sub-cuencas afluentes al Salar de Atacama, II Región" S.I.T. N°210 de enero de 2010, "reporte DGA/GCF-2010"). En este reporte en el cálculo del balance hídrico no se descontó la precipitación sobre el Salar para la determinación de la evaporación neta sobre el mismo. Esto causó una sobreestimación de los recursos disponibles en la cuenca. La actualización del balance, considerada en el reporte DGA/GCF-2010, consideró nuevas metodologías para actualizar las áreas de las cuencas, calcular la precipitación efectiva y las pérdidas por evaporación y evapotranspiración de la zona de estudio. En esta minuta técnica, se describe sucintamente lo que se ha hecho en informes anteriores para analizar los cambios en los valores determinados para cada componente del balance hídrico. Las partes de este informe son un breve Análisis de Estudios Anteriores (Estudio de Evaporación de Leonardo Mardones, Minuta 60, Reporte DGA/GCF-2010), Análisis Crítico de la Metodología Anterior, Evaporación y Evapotranspiración (Evapotranspiración del Salar, de las Sub-Cuencas Aportantes y de las Áreas Sensibles), Actualización del Balance Hídrico (Subcuencas, Precipitación, Evapotranspiración del Salar, Evapotranspiración desde Áreas Sensibles del Salar, Recarga y Oferta Hídrica Actualizada). Como principales conclusiones de este estudio se tiene que la oferta hídrica en el Salar de Atacama ha disminuido con respecto a los resultados del reporte DGA/GCF-2010, debido principalmente a que en el presente informe técnico se ha considerado la precipitación sobre el salar para determinar la evaporación neta. Además, en el reporte DGA/GCF-2010 la determinación de la precipitación efectiva sobre las cuencas aportantes al Salar se realizó a través de coeficientes de precipitación efectiva cuyo valor no está claramente justificado. Para el presente informe técnico sí fue considerado y justificado este cálculo. También, como la demanda ecológica se consideró en la estimación de la oferta hídrica, es probable que el cálculo simple de caudales promedios anuales a nivel de sub-cuenca no fuere del todo adecuado para asegurar la completa protección de estas unidades ambientales. No sólo se debe considerar un cierto valor mínimo de caudales para una zona de demanda ecológica, sino que también es importante considerar el nivel freático mínimo que asegure la subsistencia de estas entidades que son objeto de protección. En este sentido se deberán desarrollar herramientas de gestión que consideren un nivel adecuado de la napa en cada área de protección. En síntesis, se recomienda que se desarrolle un PAT para el Salar de Atacama. Finalmente, la gestión de los recursos hídricos del salar debe considerar la disponibilidad dentro de las sub-cuencas aportantes, asegurando que las extracciones no superen la recarga descontadas las demandas ecológicas, considerando además, la disponibilidad a nivel de las zonas ecológicas del Salar aguas abajo que presentan demandas ecológicas adicionales lo cual resultará en una reducción de la disponibilidad en las sub-cuencas aportantes.

Folio007585

59. DGA. 2013b. Áreas de restricción propuestas por DGA.

Este documento corresponde a un listado de sitios en los cuales DGA ha interpuesto Áreas de restricción para la extracción de recursos hídricos.

60. Dobson_et_al. 2013. Effects of volcanism, crustal thickness, and large scale faulting on the he isotope signatures of geothermal systems in Chile.

En este estudio científico los autores describen las distintas zonas con actividad geotérmica en Chile (El Tatio, Tinguiririca, Chillán y Tolhuaca), y analizan los resultados de muestreo de gases desde fumarolas realizados de manera de diferenciar estos sitios y relacionarlos con su origen geológico y tectónico.

61. ECONAT. 2005. Analisis General del impacto económico de norma secundaria de calidad de aguas del Río Loa en el sector silvoagropecuario. Informe Final, Revision 5.

Este estudio técnico parte con análisis a nivel estratégico y caracterización de la economía de la II Región y de la cuenca del Río Loa con énfasis en el sector agropecuario por ser uso más afectado por problemas de calidad. Se caracteriza la calidad de aguas en la cuenca del Loa y realiza un análisis del impacto económico. El principal problema para uso agropecuario es la salinidad del agua, haciéndose más salino hacia zonas bajas de la cuenca. Se concluye “recomendable” la gestión integral de la cuenca del Río Loa y necesidad de fortalecer la capacidad de análisis-evaluación de servicios regionales (SEIA y RCA).

62. Figueroa_Deruelle. 2003. Licancabur, an Andesitic Volcano of the south-central Andes

En esta publicación científica los autores realizan una descripción geológica, petrográfica, mineralógica y geoquímica del Volcán Licancabur. Como conclusión principal más relevante se presenta que los datos geoquímicos confirman que los flujos de lava más antiguos son distintos de los flujos de lava que dieron origen al cono, puesto que las lavas antiguas son más básicas y ricas en elementos de transición que las que del cono. Los más antiguos son algo similares a las lavas más antiguas del volcán Sairecabur y también a lavas shoshoníticas” del noroeste de Argentina, las cuales hicieron erupción a lo largo del línea Calama-Olacapato-El Toro, y son reconocidas como el resultado de la mezcla de magma. Finalmente los autores proponen que las lavas que dieron origen al cono son el resultado de varios pasos de mezcla entre flujos de lavas antiguos y magmas dacíticos (K_2O – SiO_2).

63. Fox. 2013. Geothermal Resources Council Bulletin. Focus in Chile.

En esta revisión, se presenta una vista general del panorama geotérmico en Chile, su evolución histórica y su estado actual. Se presenta información histórica de exploración (generación de pozos), cesión de derechos de exploración, capacidad teorica de explotación, entre otros temas.

Folio007586

64. Garces_Lopez. 2012. Antecedentes hidroquímicos del Salar de Aguas Calientes I (Chile).

En esta publicación los autores realizan una descripción del Salar de Aguas Calientes I y entregan resultados de un estudio hidroquímico de las soluciones superficiales existentes en el salar, tanto de soluciones diluidas como concentradas en surgencias y acumulaciones lacustres, así como de la mineralogía de las sales precipitadas por evaporación de estas aguas lacustres. Los resultados del análisis químico indican que, a pesar de tratarse de aguas con grados de concentración variable y que oscilan entre muy diluidas y altamente concentradas, todas ellas pertenecen al tipo químico Na-Cl, debido a la interacción de las aguas con los depósitos salinos preexistentes en el salar, en los que predominan halita y yeso. Además, todas las soluciones mostraron elevados contenidos en elementos químicos asociados a actividad hidrotermal como son Li, B y As, encontrándose este último en rangos de toxicidad incluso en las muestras diluidas. El análisis mineralógico de las sales periféricas a las lagunas y el tratamiento de los datos fisicoquímicos de las aguas muestreadas, indican que los procesos activos de concentración por evaporación, dan lugar a la precipitación de halita y yeso.

65. Glennon_Pfaff. 2003. The extraordinary thermal activity of El Tatio Geyser Field, Antofagasta Region, Chile.

Los autores de esta publicación realizan una descripción del campo geotermal El Tatio, en particular del tipo de sistemas térmicos (geiseres, manantiales y cráteres). Describen la presencia de más de 100 manantiales en erupción y termas dispersas en un área de cerca de 35 km2, donde se incluyen manantiales hirvientes, pozas de barro, terreno humeante y algunas fumarolas y 80 geiseres activos. Dentro del campo los autores definen tres zonas delimitadas de géiseres: la Cuenca Superior, Media y la Cuenca Baja (o Grupo del Río) se encuentra a las orillas del Río Salado.

66. Hock. 2003. Licancabur: Exploring the highest lake on Earth.

En este trabajo se realiza una descripción del lago ubicado en el cráter del volcán Licancabur, y se busca responder interrogantes acerca de la temperaturas registradas anteriormente en la columna de agua de dicho lago. Se presentan análisis de la columna de agua (salinidad, temperatura y pH), de flujos conductivos de calor, y un balance de energía y masa.

67. Jimenez. 2012. Estudio de Cuencas Altiplánicas Endorreicas de la Segunda Región de Chile. Caracterización, Tipología y Potencialidades de uso.

En esta memoria se analiza y se clasifican los sistemas hidrológicos presentes en el Altiplano en tres partes etapas: descripción de las características de once cuencas altiplánicas (en base a información de diversas instituciones), propuesta para clasificación de cuencas (actualización de la clasificación hidrodinámica de Ferrando, 1993), y la tercera parte consistió en proponer algunos usos potenciales para estas cuencas, completamente distintos unos de otros. El autor concluye que uno de los usos está enfocado a la protección del medio ambiente y el otro a la explotación responsable de los recursos minerales existentes en las salmueras. A pesar de ser muy distintos y completamente opuestos, ambos son posibles de llevar a cabo de manera responsable y protegiendo el ecosistema altiplánico.

Folio007587

68. Johnson. 2009. Evaporación desde napas freáticas someras en cuencas endorreicas del altiplano Chileno.

En esta tesis se caracterizaron las descargas por evaporación desde napas someras en cuencas endorreicas del altiplano chileno, utilizando la metodología del domo. Se realizaron estimaciones de evaporación (49 puntos en 6 cuencas altiplánicas), sobre suelos de variadas características y composición. Los flujos estimados presentaron una alta relación con la profundidad del nivel del agua subterránea y textura del suelo, obteniéndose las mayores tasas en napas someras y suelos de granulometría gruesa. Las estimaciones en terreno se compararon con las obtenidas con metodologías alternativas en la zona, como lisímetros y tasas de Bowen. Adicionalmente se evaluó el desempeño del domo bajo condiciones controladas en laboratorio. En promedio, las mediciones realizadas con el domo resultaron menores que las reportadas con lisímetros y mayores que las obtenidas mediante tasas de Bowen. Además, se construyeron curvas de evaporación en función de la profundidad de saturación representativas para la zona de estudio (ajuste exponencial-potencial), proponiéndose ajustes a nivel regional y rangos factibles para todas las cuencas endorreicas del norte de Chile. Utilizando estos ajustes se determinaron las descargas por evaporación en las cuencas de los salares del Huasco y Pedernales.

69. ***Kampf. 2005. Evaporation and land surface energy budget at the Salar de Atacama, Northern Chile.***

En esta publicación científica se describen los sistemas de playa, se definen como sistemas que son modulados por procesos de evaporación, sin embargo, los mecanismos por los cuales ocurren estos procesos permanecen desconocidos. En este estudio se examinó la evaporación en las playas en lo que se refiere a los flujos superficiales de energía, las características de la costra de sal, el agua subterránea y el clima en el Salar de Atacama (un sistema con 3000 km2 de playa), el cual contiene una única amplia gama de tipos de costras de sal. Fueron realizadas mediciones del balance de energía superficial del terreno en ocho sitios representativos sobre la zona de playa durante las estaciones de invierno (Agosto, 2001) y de verano (Enero, 2002). Los valores medidos de la radiación neta total fueron más altos en los sitios de costra de halita con vegetación y rugosa, y más bajos sobre las costras salinas suaves y muy reflectantes. Sobre la mayor parte del Salar de Atacama, la radiación neta fue disipada principalmente por el suelo y sensibles flujos de calor. Las costras de sal secas se tienden a calentar y enfriar muy rápidamente, mientras que el calentamiento y enfriamiento del suelo ocurre más gradualmente en sitios con vegetación. El calentamiento sensible estuvo fuertemente relacionado con los patrones de viento, altos flujos de calor sensible se producen en los días de verano con fuertes vientos durante la tarde. Muy poca energía disponible en la superficie de la tierra se utiliza para evaporar el agua. Las mediciones de evaporación mostraron la variación entre las distintas superficies, desde valores nulos en el centro del salar, cercanos a 0 mm en las costras salinas suaves del borde del salar hasta valores de 2.8 mm en zonas con vegetación. Por tanto, estas costras de sal forman una barrera prácticamente impermeable a la evaporación.

70. Latorre_et_al. 2003. A vegetation history from the arid prepuna of northern Chile (22-23°S) over the last 13500 years.

En esta publicación los autores describen la historia de la vegetación en relación a los eventos paleoclimáticos y su variación en el tiempo, basados en registros de vegetación obtenidos a partir de depósitos fósiles de fecas de roedores, relacionando el tipo de vegetación hallada con las condiciones climáticas presentes. Registros de fecas de estas elevaciones identifican condiciones más húmedas que en la actualidad en 13.5 – 9.6, 7.6 – 6.3, 4.4 – 3.2 y posiblemente 1.8 – 1.2 miles de años antes del presente. Fases secas se produjeron en el 9.4 – 8.4 miles de años antes del presente y posiblemente en 5.1 mil años antes del presente. Las floras actuales y las condiciones hiperáridas modernas se establecieron después de 3.2 mil años antes del presente.

71. Lemus_Soto. 2011. Litio en el salar de Atacama. Report 1.

En este informe se investiga sobre los impactos del proceso productivo de la explotación minera no metálica del Litio en Chile, ubicada en el Salar de Atacama, en la Región de Antofagasta que forma parte del denominado triangulo del Litio que incluye Argentina y Bolivia; y que en conjunto poseen las principales reservas a nivel mundial. Los aspectos contemplados fueron los ambientales y particularmente los sociales, lo que conlleva la consideración de la situación económica y política, que sustentan su actual funcionamiento. Se verifica que los efectos que produce la explotación de este mineral en el Salar de Atacama, se han ido manifestando paulatina y progresivamente en el ecosistema de desierto en el cual se emplaza, con una directa influencia en sus comunidades. Esto fundamentalmente en la forma y cantidad de uso del agua de la cuenca del salar, lo que ha derivado en consecuencias visibles sobre la flora, fauna, suelo y disposición de agua para los asentamientos humanos ancestrales aledaños al salar. Finalmente, no se constatan acciones importantes en retorno o reinversión en el territorio.

72. Letelier_et_al. 2008. Diversidad vegetal de la Región de Atacama. Cap. 7. Libro rojo de flora nativa y áreas prioritarias para conservación.

Este documento corresponde a un extracto del Libro Rojo de la Flora nativa y de las áreas prioritarias para su conservación: Región de Atacama (F.A. Squeo, G. Arancio & J.R. Gutierrez, eds.). En este se describe la flora nativa (980 especies) e introducida naturalizada (119 especies), la cual comprende poco más del 19% de las especies presentes en la flora de Chile continental. Se destaca que las hierbas perennes y arbustos son las formas de vida con mayor proporción de especies en la flora nativa (40,4% y 29,8%, respectivamente). Esta relación se invierte al considerar la flora endémica (arbustos=38,7% y hierbas perennes=28,9). La mayor diversidad de especies nativas se concentra en los sectores costeros y hacia el sur de la región, y los menores en la porción intermedia norte de la región.

73. Luebert_Gajardo. 2000. Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile.

En esta publicación científica los autores realizan un estudio de la vegetación del Altiplano y Puna áridos de Chile (24-25º S) utilizando la metodología fitosociológica de Braun-Blanquet. Se proponen nuevos límites altitudinales de los pisos de vegetación en este territorio: supratropical (3.400-3.800 m), orotropical (3.800-4.200 m), criorotropical (4.200-4.700 m), atérmico (> 4.700 m). Como resultado del análisis fitosociológico, fueron

reconocidas las siguientes grandes unidades florísticas de vegetación: Ambrosio artemisioidis-Atriplicion imbricatae all. nov. (matorrales desérticos), Calamagrostietea vicunarum Rivas-Martínez & Tovar 1982 (pajonales y matorrales bajos xeromórficos), Anthochloo lepidulae-Dielsiochloetea floribundae Rivas-Martínez & Tovar 1982 (vegetación de roquedales y suelos con solifluxión) y, Plantagini rigidae-Distichietea muscoidis Rivas-Martínez & Tovar 1982 (vegas y bofedales alto-andinos). Se identificaron doce asociaciones florísticas, cada una de las cuales se describe en términos de su composición específica, fisionomía general, distribución geográfica, rango altitudinal y condiciones ambientales.

74. Marquet_et_al. 2010. Estudio de vulnerabilidad de biodiversidad terrestre en eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación a escenarios de cambio climático.

Análisis de vulnerabilidad de la biodiversidad al Cambio Climático a través de la comparación de distribución de especies y ecosistemas. Se modelaron 15 spp. anfíbios, 16 spp. reptiles, 36 spp. Mamíferos y 1447 spp. de plantas vascular terrestre y 36 ecosistemas (se evaluó ecosistemas claves, representados por los humedales altoandinos).

75. Martinez_et_al. 2013. Preliminary Hydrochemical Characterization of the Lagoons of "Los Flamencos" National Reserve (Salar de Atacama, Chile).

A partir de informacion proporcionada por DGA se realizo una caracterizacion de la hidroquimica del sistema lagunar. Mediante el uso de software se definio la calidad del agua, según su conformacion ionica, pH, solidos totales disueltos, entre otros

76. Messerli_et_al. 1993. Climate change and natural resource dynamics of the atacama altiplano during the last 18,000 years: a preliminary synthesis.

En esta publicación los autores realizan una descripción de la zona altiplánica de la región de Antofagasta enfocados en la dinámica experimentada por los recursos naturales disponibles a lo largo de la historia, con énfasis en el comportamiento del recurso hídrico y la importancia de su uso en la actualidad. Se describe como principales causas de las condiciones ambientales extremadamente secas sobre la pendiente oeste de los Andes de atacama a la interacción entre masa de aire anticiclónico, el efecto de la corriente fría de Humboldt, y la barrera a la humedad que ejerce la cadena de montañas. Es importante destacar que incluso las cumbres más altas por encima de 6.700 m en el zona de permafrost continuo se encuentran sin glaciares, por lo que la recarga moderna del ciclo del agua está restringida a pequeñas cuencas a gran altura. La vegetación entre los 3100 y los 4800 m.s.n.m. es muy escasa. Las temperaturas del ultimo máximo glacial (18 mil años a.p.) fueron probablemente 7°C más bajas que el presente. El periodo glacial tardío (17 – 11 a.p.) estuvo caracterizado por niveles de lagos entre 5 – 10 m más altos, lo que indica un gran incremento en las precipitaciones en la latitud 23 – 24 ° S. En el Holeoceno temprano (11 – 7 mil años a.p.) se experimentaron condiciones húmedas y temperaturas de verano de 3.5°C mayores que las del presente, junto con una significativa recarga de acuíferos. Aproximadamente 3000 años a.p. las condiciones se volvieron secas y se redujo la recarga de aguas subterráneas. Finalmente los autores concluyen que las políticas de manejo de recursos naturales deben ser tomada en cuenta en la dinámica de

Folio007590

un medioambiente cambiante, debido que en el presente la dependencia de la minería por el agua subterránea, la urbanización y la agricultura se cree que no podrán ser sostenidas por el agua fósil, o de lo contrario, debido a que la tasa de recarga es tan lenta que el uso actual puede exceder por mucho el reabastecimiento.

77. Minvielle_Garreaud. 2011. Projecting Rainfall Changes over the South American Altiplano.

En esta publicacion se modelan los cambios climaticos que ocurriran en el altiplano sudamericano, en particular en lo que respecta a la precipitacion, debido a un aumento constante en el flujo del oeste de los Andes centrales , lo que dificulta el transporte de humedad desde el interior del continente. Un análisis de regresión simple sugiere una reducción significativa (10 % - 30 %) en la precipitación en el altiplano bajo escenarios de moderadas emisiones de gases de efecto invernadero.

78. MMA. 2011. Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos.

La presente guía sistematiza, estandariza y define el marco conceptual para el manejo y seguimiento ambiental de los ecosistemas de humedales. Sistematiza información útil para que los Servicios competentes puedan utilizarla de manera simple y directa, y que del mismo modo, el Servicio de Evaluación Ambiental contemple dicha información en el marco de sus atribuciones. El uso de esta guía es además extensivo al sector privado y cualquier otro interesado. En este documento se sintetizan los conceptos que deben ser considerados en el manejo, evaluación y seguimiento ambiental de humedales. Esta guía entrega conceptos básicos sobre la estructura y funcionamiento de los humedales andinos, comprendidos entre las regiones de Arica-Parinacota y la Araucanía y de manera particular se incluye la zona per árida de las Regiones de Arica-Parinacota, Tarapacá y Antofagasta. En los primeros 3 capítulos se describen conceptos y lineamientos sobre aspectos relevantes de los humedales andinos y altoandinos. Posteriormente, se describen los aspectos mínimos que deben ser considerados en la evaluación y levantamiento de información de los humedales altoandinos, así como las metodologías y criterios que deben ser adoptados en el manejo y seguimiento ambiental de estos ecosistemas.

79. Montgomery_et_al. 2003. Interbasin underflow between closed altiplano basins in Chile.

En este estudio los autores analizaron el movimiento del agua subterránea entre cuencas interconectadas, calcularon un flujo de entre 200 y 240 L/s debajo de una divisoria de aguas de superficie montañosa que separa topográficamente la parte más alta Salar de Michincha de la parte más baja Salar de Coposa. En la región, el movimiento del agua subterránea entre cuencas usualmente no es considerado, pero se produce en cuencas determinadas, y en los sistemas donde ocurren es un componente importante del balance de agua subterránea. Con el desarrollo del agua para la industria minera y el potencial de exportación de las aguas subterráneas del Altiplano para su uso en las ciudades costeras, la demostración y cuantificación de movimiento entre cuencas es importante para la evaluación del desarrollo sostenible de aguas subterráneas en una región de extrema aridez. El reconocimiento y la cuantificación de flujo inferior entre cuencas de agua

subterránea ayudarán en la gestión de los recursos de agua subterránea en el ambiente árido Altiplano chileno.

80. Nunez_Grosjean. 1994. Cambios ambientales pleistoceno-holocénicos: Ocupación humana y uso de recursos en la Puna de Atacama (norte de Chile).

En esta publicación científica se presentan los datos de un estudio paleoambiental y cuyos datos indicaron que los recursos de agua, vegetación y fauna de la Puna de Atacama (>4000 m.snm), fueron abundantes durante la última edad glacial y Holoceno Temprano, mientras que las condiciones de aridez prevalecieron bajo los 3500 m. Los cazadores del Período Arcaico Temprano (ca. 10800 a 8500 AP) estaban adaptados a la alta Puna y su piedemonte, a lo largo del desagüe de los ríos provenientes de las tierras altas, en donde los recursos de diferentes alturas se explotaban óptimamente en forma trashumante dentro de distancias cortas. Los lagos se restringieron a los niveles actuales y el proceso pedogenésico concluyó en la alta Puna. Los recursos naturales decrecieron significativamente durante el Período Arcaico Medio (ca. 8500-5000 AP), de manera que las actividades humanas se restringieron a sitios más estables en términos de recursos, entre los ríos Loa y Puripica al norte de los 23° S. Los hábitats menos estables al sur de esta latitud (salares de Atacama y Punta Negra) fueron abandonados. Las relaciones entre puntuación de recursos, densidad ocupacional y cambios climáticos pueden ser revisados a la luz de los ajustes de los patrones de circulación subtropical, tal como se ha advertido con nuestro conjunto de datos provenientes de la Puna de Atacama.

81. RAMSAR. 2002. Resolución VIII.39 Los humedales altoandinos como sistema estratégico.

Este documentos corresponde a la Resolución VIII.39 de la Convención Ramsar, denominada: “Los humedales altoandinos como ecosistemas estratégicos”, en esta se establecen programas de acción específicos para los humedales alto andinos y cuencas que los alimentan para preservar Biodiversidad. Y como principal declaración se invita a las Partes Contratantes concernidas a establecer programas de acción específicos para los humedales altoandinos y las cuencas que alimentan, a fin de preservar su valiosa biodiversidad, su función como reguladores del agua y como espacio de vida de muchas comunidades locales y campesinas y pueblos indígenas; y las alienta a que para ello otorguen prioridad al examen de sus leyes, políticas e incentivos relacionados directa o indirectamente con los humedales altoandinos, y a que elaboren estrategias nacionales adicionales destinadas a asegurar su uso racional y conservación, debidamente integradas a sus Políticas Nacionales de Humedales, Estrategias Nacionales de Humedales y de Biodiversidad, Planes Nacionales de Desarrollo y otros instrumentos afines.

82. RAMSAR. 2005. Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos (Ramsar COP9 DOC.26).

Estrategia aprobada por Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Perú y Venezuela como marco para cooperación con proyección de 10 años (2005-2015) en ecosistema de páramo, jalca, puna y otros ecosistemas altoandinos de la convención de Ramsar.

Folio007592

83. RAMSAR. 2013. La Lista de Humedales de Importancia Internacional (24 de Octubre de 2013)

Este documento corresponde al listado actualizado a Octubre de 2013 de todos los sitios RAMSAR del mundo.

84. RAMSAR. 2010a. Manual Ramsar, 4ta edición, Vol. 1. Secretaria de la convención de Ramsar "Uso racional de los humedales: Conceptos y enfoques para el uso racional de los humedales."

Manuales Ramsar que sustituye la serie publicada en 2007 e incluye orientaciones de Conferencias de las Partes en reunión COP7 (1999), COP8 (2002), COP9 (2005) y COP10 (2008). Otros Manuales sobre los Lineamientos (8) y Manejo de agua (11), Inventarios (15), Evaluación e Impacto (16) y Manejo de Humedales (18).

85. RAMSAR. 2010b. Manual Ramsar, 4ta edición, Vol. 15. Secretaria de la convención de Ramsar "Inventarios de humedales: Marco de Ramsar para el inventario de los humedales".

Manuales Ramsar que sustituye la serie publicada en 2007 e incluye orientaciones de Conferencias de las Partes en reunión COP7 (1999), COP8 (2002), COP9 (2005) y COP10 (2008). Otros Manuales sobre los Lineamientos (8) y Manejo de agua (11), Inventarios (15), Evaluación e Impacto (16) y Manejo de Humedales (18).

86. RAMSAR. 2010c. Manual Ramsar, 4ta edición, Vol. 16. Secretaria de la convención de Ramsar "Evaluación del Impacto en humedales."

Manuales Ramsar que sustituye la serie publicada en 2007 e incluye orientaciones de Conferencias de las Partes en reunión COP7 (1999), COP8 (2002), COP9 (2005) y COP10 (2008). Otros Manuales sobre los Lineamientos (8) y Manejo de agua (11), Inventarios (15), Evaluación e Impacto (16) y Manejo de Humedales (18).

87. RAMSAR. 2010d. Manual Ramsar, 4ta edición, Vol. 18. Secretaria de la convención de Ramsar "Manejo de los humedales".

Manuales Ramsar que sustituye la serie publicada en 2007 e incluye orientaciones de Conferencias de las Partes en reunión COP7 (1999), COP8 (2002), COP9 (2005) y COP10 (2008). Otros Manuales sobre los Lineamientos (8) y Manejo de agua (11), Inventarios (15), Evaluación e Impacto (16) y Manejo de Humedales (18).

88. RAMSAR_EHAA. 2008. Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA. Estrategia regional para la conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos (Gobierno de Ecuador y Chile, CONDENSAN y TNC-Chile).

Este documento corresponde a la definición de la Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos que se define como un marco orientador para la cooperación regional entre los países involucrados, con una proyección de 10 años (2005-2015). Su propósito es la conservación y uso sostenible de los humedales y

Folio007593

complejos de humedales en ecosistemas de páramo, jalca y puna, y otros ecosistemas altoandinos. Dichos humedales incluyen glaciares, lagos, lagunas, pastos húmedos, bofedales, mallines, vegas de altura, salares y turberas, ríos, arroyos y otros cuerpos de agua, definidos como humedales dentro de la clasificación de la Convención de Ramsar, incluyendo sus cuencas de captación, que se encuentran en la Cordillera de los Andes y otros sistemas montañosos de América Latina. La estrategia propone de manera decidida la participación de los organismos gubernamentales nacionales y locales, las comunidades indígenas, campesinas y negras, el sector productivo, las organizaciones no gubernamentales e instituciones académicas y de investigación, en coordinación con instancias supranacionales como la Convención de Ramsar, el Convenio de la Diversidad Biológica (CDB), la Comunidad Andina de Naciones (CAN), la Corporación Andina de Fomento (CAF), el MERCOSUR, las organizaciones internacionales asociadas a la Convención de Ramsar, y las redes técnicas que trabajan en páramos y punas, entre otros actores interesados. Para su ejecución se requiere el compromiso de los gobiernos y una manifiesta voluntad política a fin de facilitar el intercambio de información y la construcción de capacidades destinadas a propiciar una gestión sostenible de los humedales altoandinos, de modo que éstos sean conservados y continúen proveyendo bienes y servicios indispensables, derivados de sus recursos hídricos y su biodiversidad, a millones de personas en esta región del mundo.

89. RIDES. 2005. Bienestar humano y manejo sustentable en San Pedro de Atacama, Chile.

Resumen Ejecutivo. Santiago, Chile: RIDES.En este informe se presenta una evaluación ecosistémica en la comuna de San Pedro de Atacama enmarcado en el proyecto denominado Evaluacion Ecosistemica del Milenio. Este es un programa de trabajo internacional cuyo objetivo es evaluar en un período de cinco años (2001-2005) la capacidad de los ecosistemas para seguir proporcionando bienestar humano y vida en la tierra, programa fue creado por ONU, y es financiado por el Banco Mundial, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), Naciones Unidas, países donantes y fundaciones privadas. La finalidad principal fue contribuir a un manejo más sustentable de los ecosistemas de la comuna, de manera de informar a los principales actores, tanto del sector público, como privado y de la comunidad en general, acerca de los servicios que prestan los ecosistemas en la comuna y sobre cómo se está afectando la capacidad de los mismos para seguir brindando estos bienes y servicios. En primer lugar se definieron los principales bienes y servicios: recursos hídricos, minerales, ecoturismo, observación astronómica, actividad agrícola, y biodiversidad, esta última como elemento básico para los demás bienes y servicios. El grupo asesor estuvo conformado por representantes de los diversos sectores relevantes: comunidades indígenas atacameñas, servicios públicos comunales y regionales, empresas mineras, empresarios turísticos, la universidad regional, y la asociación de regantes de San Pedro.

90. Risacher_Alonso. 1996. Geoquímica del Salar de Atacama, parte 2: evolución de las aguas.

En este segundo volumen los autores definen las vías de formación de las distintas composiciones de oligoelementos presentes en cada tipo de agua, y explican las razones de su presencia. Las aguas de aporte más diluidas al Salar de Atacama drenan terrenos volcánicos. Las aguas de aporte más concentradas, que deben su elevada salinidad a la redisolución de antiguas evaporitas de la Cordillera de la Sal (Oligoceno-Mioceno),

evolucionan desde el principio hacia la vía salina neutra. La total ausencia de salmueras básicas se debe a dos factores: redisolución del yeso de antiguas formaciones evaporíticas, lo que aporta un exceso de calcio en las aguas, y oxidación del azufre de las rocas volcánicas, lo que acidifica las aguas más diluidas. Ambos tipos de salmuera se encuentran en el núcleo del salar. Las salmueras cálcicas se encuentran al oeste del núcleo y están relacionadas con las rocas sedimentarias de la Cordillera de Domeyko del oeste de la cuenca. Las salmueras sulfatadas, al este del núcleo, están relacionadas con las rocas volcánicas de la Cordillera de los Andes, al oriente de la cuenca. Se sugiere que estas salmueras no son soluciones residuales producto del desecamiento de un antiguo lago salado, sino que se formaron por evaporación a través de la costra de sal.

91. Risacher_et_al. 2003. The origin of brines and salts in Chilean salars: a hydrochemical review.

En esta publicación los autores realizan una descripción de la hidroquímica de salares y salmueras en cuerpos de agua del norte de Chile. Sales provenientes de océano y el polvo del desierto que soplan hacia el este sobre la cordillera, constituyen una fracción apreciable de la carga de solutos de las aguas de estos sistemas (contenido de sal < 0,1 g/l). La erosión de las rocas volcánicas contribuye la mayoría de los componentes del flujo de entrada del agua con contenido de sales de 0,1 a 0,6 g/l. Los lagos salinos y salmueras del subsuelo están bajo un régimen de estado estacionario. El tiempo de residencia medio de los componentes conservados oscila desde unos pocos años a algunos miles de años, lo cual indica una fuga permanente de las salmueras a través de los sedimentos del fondo hacia acuíferos. Las salmueras infiltrantes son recicladas en el sistema hidrológico donde se mezclan con las aguas meteóricas diluidas. Un alto flujo de calor es la fuerza motriz probable que mueve las aguas profundas en esta región del arco magmático. Por esto, los salares chilenos activos no pueden ser considerados como los lagos terminales ni, en rigor, los lagos de la cuenca como sistemas cerrados. Este estudio se basó en gran medida en los análisis de las aguas de flujo de entrada 354 y 227 aguas de los lagos salobres y salmueras de salares chilenos.

92. Risacher_et_al. 1999a. Gequímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones - Chile. Volumen 1: Sintesis. (S.I.T. Nº 51).

La información contenida en este estudio tecnico esta relacionada con la composición química de las aguas afluentes a los salares, las aguas de las lagunas de los salares y las salmueras en las cuencas endorreicas de la II región. Se determina el origen y evolución de los componentes de las aguas y salmueras. La información que se entrega en este documento son: las principales características morfométricas y geomorfológicas, la composición de las principales aguas de aporte y el origen de los compuestos, las vías evolutivas y la relación con la geología, la calidad de las aguas superficiales y finalmente se realiza un balance hídrico anual para cada cuenca (con información contenida en otros estudios.

93. Risacher_et_al. 1999b. Gequímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones - Chile. Vol. 3. (S.I.T. Nº 51).

La información contenida en este estudio tecnico esta relacionada con la composición química de las aguas afluentes a los salares, las aguas de las lagunas de los salares y las

salmueras en las cuencas endorreicas de la II región. Se determina el origen y evolución de los componentes de las aguas y salmueras. La información que se entrega en este documento son: las principales características morfométricas y geomorfológicas, la composición de las principales aguas de aporte y el origen de los compuestos, las vías evolutivas y la relación con la geología, la calidad de las aguas superficiales y finalmente se realiza un balance hídrico anual para cada cuenca (con informacion contenida en otros estudios.

94. ***Rivera_Cruces. 2009. Diatomeas (Bacillariophyceae) de zonas andinas del norte de Chile: nueva localidad geográfica para Halorundia speciosa (Hustedt) Diaz et Maidana.***

En esta publicacion se reporta el primer hallazgo de Halorundia speciosa en una muestra recogida en el salar de Aguas Calientes, provincia de Loa, en el norte de Chile. Esta especie se restringe a las montañas de los Andes. Tambien se dan comentarios acerca de sus características morfológicas y distribución geográfica en las zonas andinas del norte.

95. ***Rodriguez. 2005. Flamencos altoandinos Phoenicopterus andinus (Philippi, 1854), Phoenicopterus jamesi (Sclater, 1886) y Phoenicopterus chilensis (Molina, 1782), en el Norte de Chile: Estado actual y plan de conservación. Corporación Nacional Forestal, CONAF. Antofagasta, Chile.***

En este informe se presentan resultados del trabajo que CONAF de la Región de Antofagasta ha realizado durante las últimas dos décadas, llevando a efecto acciones de conservación de las tres especies de flamencos en humedales altoandinos de Chile. Gracias a la articulación con los sectores privado minero, académico y las comunidades originarias, CONAF dispone para la totalidad de los ambientes utilizados por estas aves de información sobre abundancia en las estaciones de verano e invierno; estimaciones de la reproducción; información general y específica sobre la ecología, biología y conducta de estas aves; e investigaciones de vanguardia para el manejo de las especies y su hábitat. Los antecedentes compilados en este documento indican diversos estados de conservación para los tres flamencos: El Flamenco Andino o Parina Grande (Phoenicopterus andinus) es la especie que presenta la menor expresión poblacional e irregularidad en su reproducción. Se estima que su población global no supera los 40.000 individuos y utiliza casi exclusivamente los salares del territorio nacional para reproducirse. Entre los seis salares de nidificación y crianza registrados, el de mayor importancia corresponde al Salar de Atacama. El Flamenco de James o Parina Chica (Phoenicopterus jamesi), posee una población global estimada en torno a los 120.000 ejemplares. Sólo en cuatro salares del país se han registrado reproducciones de esta especie. Asociada a los Andes Centrales de América del Sur, el Flamenco Chileno posee una población estimada en torno a los 100.000 ejemplares. En siete salares del país se ha registrado reproducción, produciéndose un total de 47.459 polluelos de tres meses entre 1985 y 2005. La principal amenaza de estas especies corresponde a la alteración de hábitat por origen antrópico, en donde el turismo no controlado y la minería constituyen las actividades que en la actualidad condicionan en mayor grado el estado de conservación de estas especies. Sin embargo, la conservación actual de los flamencos también es consecuencia de la intensa extracción de huevos con fines comerciales registrada en la década de los 80, cuyo consumo tuvo cierta relevancia en centros

Folio007596

urbanos y rurales principalmente de las regiones de Tarapacá y Antofagasta. Esta amenaza en la actualidad se encuentra fuertemente controlada.

96. Roman _Valdovinos. 2001. Una aproximación al estudio integral de la contaminación del Río Loa, II Región, Chile. Periodo Marzo 1997 - Febrero 2000.

En esta publicación se muestra el efecto de episodios de contaminación durante 1997 y 2000 que han alterado la calidad las aguas del Río Loa. Además, se determinaron las variaciones espaciales y temporales de dicha contaminación. Para llevar a cabo el estudio, se establecieron estaciones de muestreos en diferentes sectores del río Loa y sus afluentes principales tomando en consideración las diferentes actividades que se desarrollan en su cuenca. Los muestreos fueron estacionales (verano, invierno y primavera). De acuerdo a los agentes químicos encontrados en distintos puntos del curso del río Loa y a sus concentraciones, se concluyó que el fenómeno correspondería a una contaminación de origen antropogénico, la cual es potenciada por el fenómeno natural de la crecida del río originada por las lluvias estivales del invierno altiplánico.

97. Romero_et_al. 2012. Enfoque ecológico-social de la variabilidad climática, extracciones de agua y demandas territoriales en las cuencas del desierto de Atacama.

En este trabajo se presentan en primer lugar, las características climáticas de macro y meso escala que determinan la escasez y alta variabilidad interanual de las precipitaciones en el Desierto de Atacama y las cuencas altiplánicas que lo bordean por el Este. Estos procesos alcanzan una relevancia aún mayor, tratándose del Desierto de Atacama y las cuencas altiplánicas que lo bordean por el Este, debido a que corresponde a uno de los paisajes más áridos del mundo, donde la marcada escasez de agua es interrumpida por años de abundantes precipitaciones, que provocan aluviones e inundaciones activando sus sistemas de cuencas con flujos superficiales y subterráneos. En una segunda sección se presentan cuencas seleccionadas, que localizan por un lado, grandes inversiones mineras, elevadas concentraciones de asentamientos indígenas, rurales y urbanos, y debido a ello, conflictos ecológico-sociales agudos causados por la propiedad y acceso a los recursos hídricos. En esta parte se presentan 4 zonas particularmente críticas. La primera de ellas se ubica al norte de la región e incluye a las cuencas de Salar de Ollagüe, Salar de Ascotán y cuenca alta del río Loa, donde se ubican 54 pozos, con una extracción total de 4.442 litros por segundo, muchos de los cuales, se localizan en “Areas Prioritarias de Conservación de la Biodiversidad”. La mayoría de estas aducciones abastecen del recurso hídrico a la División Norte de la Corporación Nacional del Cobre (CODELCO). Otro sector crítico es la Cuenca Grande del Salar de Atacama, que además de comprender la cuenca homónima, incluye la del río San Pedro y el Llano de la Paciencia. Si bien la extracción de aguas subterráneas es menor, existe una gran intervención del Salar por parte de las mineras El Litio y SQM, causando un gran impacto visual. Además, se sospecha que las empresas hoteleras situadas en la localidad extraen grandes cantidades de agua para el mantenimiento de sus piscinas e instalaciones de lujo. Un tercer sector de alta complejidad, son las cuencas situadas en la Puna de Atacama, muchas de las cuales pertenecen a la Reserva Natural Los Flamencos. En este sector se pueden apreciar dos sitios relevantes, como son el conjunto de cincuenta y dos pozos de extracción de agua subterránea, que suman 2.387 litros por segundo y que son

Folio007597

destinados a las faenas mineras de Zaldívar y La Escondida. Esta área constituye además una gran extensión de Zonas Sensibles por Cambio Climático. Según esta última clasificación, realizada de acuerdo con el estudio elaborado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile en el año 2006, en las próximas décadas se espera un aumento significativo de la temperatura y una disminución igualmente importante de las precipitaciones, lo cual, sumado a la extracción de aguas subterráneas, se constituye en una amenaza sustancial para la subsistencia de los ecosistemas de la zona. El último sector crítico corresponde a la cuenca del Salar Punta Negra, en la que se localiza el Parque Nacional Llullaillaco y del cual se extraen 1.211 litros por segundo, que pertenecen exclusivamente al yacimiento La Escondida.
En una tercera sección, se analizan las estrategias de adaptación ante la variabilidad climática e irregularidad de la disposición de agua, que han seguido las grandes compañías mineras y las comunidades indígenas, en un contexto de privatización de los derechos de acceso al agua, concluyéndose con algunos pronósticos que exigen evaluaciones ambientales estratégicas.

98. SAG. 2005. Descripción vegetacional del Salar del Huasco, I Región de Tarapaca, Chile.

En este estudio se caracterizó el estado actual de la vegetación de humedales asociada al Salar del Huasco y se propuso un monitoreo mediante la detección de formaciones vegetacionales críticas, para lo cual se detectó, delimitó y describieron las diferentes formaciones vegetacionales que actualmente se desarrollan en los bordes del Salar. Para llevar esto a cabo se recopiló la información vegetacional y taxonómica existente para la flora local (imágenes Quick Bird), luego se realizó la interpretación y análisis de las imágenes, de forma de detectar y delimitar las unidades vegetacionales existentes en el área, lo cual se realizó en dos etapas o niveles de detalle. A continuación se calculó el índice de vegetación (NDVI), realizando luego una clasificación asistida. De esta manera mediante la clasificación digital y la información de terreno disponible se estableció siete clases o capas de información de acuerdo con la escala de valores definidas para el índice de vegetación del área. Una vez asignada la información cartográfica en cada una de las zonas ambientales para cada una de las clases presentes, se intersectó la capa de zonas ambientales (con la información cartográfica) y la capa de unidades obtenida digitalmente extrapolando así la información a cada una de las unidades de esta última capa.

99. SAG. 2006a. Conceptos y criterios para evaluación ambiental de humedales.

En este informe se presenta una extensa guía para evaluación de humedales. En primer lugar se describen ampliamente las características estructurales y funcionales, se identifican las variables importantes (de estado) en el comportamiento interno. Se pone énfasis también en el rol de las perturbaciones al interior de estos sistemas y en el impacto en cada uno de los componentes. También se presentan los aspectos necesarios a considerar en el Diseño conceptual de los sistemas de alerta temprana. Luego se describen distintos tipos de humedales: Humedales en Cuencas Exorreicas Costeras, Ríos en Cuencas Exorreicas Andinas, Lagos en Cuencas Exorreicas Andinas, Bofedales y Vegas en Cuencas Endorreicas. Se describen haciendo referencia a sus propiedades fundamentales, variables de estado, factores forzantes, métodos de seguimiento ambiental, criterios y umbrales, sistemas de alerta y medidas de mitigación. El estudio concluye con una propuesta de Programa de Vigilancia Ambiental.

Folio007598

100. SAG. 2006b. Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hídricos del altiplano chileno I, II y III Regiones. Informe 2.

Resultados correspondientes a detección, delimitación y caracterización en terreno y propuesta de clasificación de formación azonal que se encuentra en los humedales altoandinos de las Primera, Segunda y Tercera regiones en el norte de Chile.

101. SAG. 2007. Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hidricos del altiplano. Informe Final.

El presente informe corresponde a los resultados finales obtenidos durante las tres primeras etapas del "Estudio de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos del Altiplano", que corresponde a la detección, delimitación y caracterización en terreno y propuesta de clasificación de las formaciones azonales que actualmente se desarrollan en el altiplano chileno, el que comprende la ecorregión que abarca la porción altoandina de las regiones Primera, Segunda y Tercera en la zona norte de Chile. Para cumplir con este objetivo, se generó material cartográfico en base a la interpretación de imágenes satelitales Landsat, Aster y otras de mayor resolución, se realizaron también líneas bases de composición florística de vegas y bofedales de mayor relevancia en el área de estudio, se propusieron criterios de clasificación de los ecosistemas húmedos altoandinos. Además, se identificaron los elementos críticos y se propuso planes de seguimiento de dinámica de cambio de la vegetación. Toda la información obtenida se complementó con información tomada en terreno.

102. Salas_et_al. 2010. Hidrogeología del sistema lagunar del margen este del Salar de Atacama (Chile).

En esta publicacion se presenta un modelo conceptual hidrogeológico del sistema lagunar del borde oriente del salar de Atacama, utilizando datos climáticos, geológicos y geomorfológicos, piezométricos, químicos e isotópicos. Se presenta tambien las vias evolutivas de los consituyentes del agua y los procesos que actuan sobre la composición del agua. Ademas, se relaciona con la caracterización hidrogeológica de los suelos (presencia de niveles de baja permeabilidad en el subsuelo).

103. Squeo_et_al. 1998. Biodiversidad de la Flora vascular de la región de Antofagasta, Chile.

En esta publicación científica los autores determinaron las áreas de máxima biodiversidad de la II Región de Antofagasta mediante criterios de riqueza taxonómica (especie, género y familia) y endemismos en base a información florística de 8.784 de la base de datos integrada de la Flora de la II Región de Chile (versión julio 1998). Dentro de la base de datos, se recopiló diversa información en relación a cada especie (endémica, nativas o adventicia; forma de vida: anual, bianual, hierba perenne, subarbusto, arbusto y árbol). Las áreas de mayor biodiversidad regional fueron localizadas en la zona costera, seguidas en importancia por las formaciones de prepuna y puna al norte de esta Región. En comparación a Chile Central, el Desierto Costero de Taltal, la formación vegetal con mayor biodiversidad en la Región de Antofagasta posee cerca del 70% de las especies que se esperaban para su área. También fueron las formaciones vegetacionales costeras

las que presentaron el mayor porcentaje de especies endémicas para Chile. El Desierto Estepario de la Sierras Costeras (60,5% de especies endémicas) superó el valor de endemismo para la flora de Chile (50%), mientras las formaciones vegetacionales de los Desierto Costero de Taltal y Tocopilla estuvieron alrededor del 50%. Poco más de dos tercios de la flora regional se encontraría dentro del Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado chileno (SNASPE). Sin embargo, las dos principales unidades del SNASPE se localizan en la zona andina, mientras la formación Desierto Costero de Taltal sólo está protegida legalmente en un 4,5% de su superficie. Esta situación podría cambiar si se incorporan los 300 km2 del proyecto Reserva Nacional Paposo. El Desierto Estepario de las Sierras Costeras sólo está marginalmente representado dentro del SNASPE en la Región.

104. Squeo_et_al. 2006. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes.

En esta publicación los autores realizan una revisión de las turberas de alta montaña (bofedales) situados en la estepa árida de los Andes centrales. Describen los bofedales en el norte de Chile como los humedales que están presentes en la parte más árida de su rango de habitabilidad. Las principales especies de plantas responsables de la formación de turba corresponden a miembros de Juncaceae. El agua fresca y medianamente salina de los bofedales proviene de agua subterránea asociada a riachuelos proveniente de glaciares, derretimiento de nieve y lluvia. Investigaciones paleoecológicas sugieren que algunos bofedales son integrantes recientes del paisaje, habiéndose desarrollado durante los últimos tres mil años o menos. Estos bofedales son entidades únicas, extremadamente frágiles por su dependencia del agua, sensibles a los cambios climáticos y vulnerables a la alteración humana tal como la actividad minera en la región. Finalmente, se sugiere más trabajo para desarrollar programas de manejo y conservación, con bases científicas, de las plantas y animales que viven en ellos, y para asegurar la capacidad futura de pastoreo de la cual dependen los pueblos indígenas.

105. Teiller_Becerra. 2003. Flora y Vegetación del Salar de Ascotan, Andes del Norte de Chile.

En este trabajo se caracterizó la flora y la vegetación del salar de Ascotán, situado en la Cordillera de los Andes de la Región de Antofagasta (II), al nororiente de la ciudad de Calama (21°29’ S, 68°19’W) a una elevación de 3.800 m.s.n.m. El área del estudio fue visitada varias veces entre los años 1993 y 1998. El registro de la flora que forma la vegetación del salar (flora azonal) y de las laderas aledañas al salar (flora zonal) se estableció mediante rastreos intensivos en cada sector. Para cada levantamiento se registró la composición de las especies de plantas vasculares y el porcentaje de cobertura para cada una por medio de estimación visual. Para caracterizar los espectros de formas de vida de las laderas aledañas al salar, del salar y de las unidades vegetacionales de éste, se asignó a cada especie registrada una forma de vida según Raunkiaer (1934). Los espectros del salar y flora zonal se determinaron sólo con el número y porcentaje de especies por forma de vida, mientras que los espectros de las unidades de vegetación se establecieron, además, por la cobertura total de las especies de cada forma de vida. Los resultados mostraron que la flora del salar, estuvo compuesta por 21 especies, y fue completamente diferente de la flora aledaña a él. También difirieron los espectros de formas de vida del salar, dominado por hemicriptófitas (hierbas perennes), con la vegetación que lo rodea, dominada por nanofanerófitas (arbustos). En el salar se

encontraron dos unidades de vegetación diferenciadas a partir por la composición de especies. Ambas unidades difirieron, tanto en su flora como en sus espectros biológicos. Se propusieron factores edáficos para explicar las diferencias vegetacionales entre el salar y sus alrededores, como la presencia de dos unidades vegetacionales dentro del salar.

106. Teillier. 1998. Flora y vegetación alto-andina del área de Collaguasi-salar de Coposa, Andes del norte de Chile.

Determinación de la riqueza específica y fitogeografía de relaciones de flora-vegetación del área de Collaguasi-Salar de Coposa. Incluye listado de las especies con su distribución latitudinal y endemismo.

107. Villagran_et_al. 1981. Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro León in Northern Chile.

Análisis fitosociológico y gradientes altitudinales de la vegetación desde cerro Turi (3100 m) a cerro León (4250 m) en norte de Chile.

108. Zúñiga_et_al. 1991. A limnological reconnaissance of Lake Tebenquiche, Salar de Atacama, Chile.

Las características biológicas y químicas del lago Tebenquiche, situado en el interior del salar. Químicamente, Tebenquiche es hipersalina, con aguas anóxicas prácticamente dominado por el sodio y cloruro iones, pero con altas concentraciones de sulfato también. El lago está dominado por macrófitas especialmente por *Scirpus olmey*i y *Juncus*, que proporcionan material orgánico para la formación de bacterias . La fauna de crustáceos limnéticos esta conformado casi exclusivamente por *Artemia salina*. Los géneros más importante de bacterias son: *Marinomonas, Halobacterium*, *Acinetobacter* y los azufre reductores *Vibrio* y *Bacillu*s. Las cianobacterias están representados exclusivamente por *Oscillatoria*.

2.2 CATASTRO DE INFORMACIÓN

En este capítulo se describe el catastro de información realizado, el cual ha sido montado sobre una plataforma SIG, que se adjunta en formato digital a este informe. La información que se presenta corresponde a información sobre: topografía, red hídrica y cuerpos de agua, cobertura vegetacional, áreas protegidas, estaciones fluviométricas de calidad de aguas y meteorológicas y, ubicación de los derechos de agua y actividades productivas. La información es separada según corresponda al sector público o al sector privado. Además, al final de la sección se detallan los planes de seguimiento ambiental de humedales altoandinos realizados por privados (con o sin RCA).

2.2.1 Objetivos

Objetivo general

El objetivo principal a cumplir corresponde a la generación de un catastro de información ambiental sobre una plataforma SIG, el cual facilite el diagnóstico y análisis global de los humedales altoandinos de la región de Antofagasta.

Objetivos específicos

1. Recopilar la información disponible relacionada con los planes de seguimiento del sector público, relacionado con geomorfología, meteorología, hidrología, hidrogeología, flora y vegetación, biota acuática y fauna terrestre.
2. Recopilar la información disponible relacionada con los planes de seguimiento del sector privado, relacionado con geomorfología, meteorología, hidrología, hidrogeología, flora y vegetación, biota acuática y fauna terrestre.
3. Recopilar la información disponible relacionada con la información de derechos de agua otorgados, superficiales y subterráneos, consuntivos y no consuntivos. Además de iidentificar los derechos de agua actualmente operativos dentro de la zona de estudio.

Folio007602

2.2.2 Derechos de agua

Con el objetivo de conocer las demandas hídricas, se solicitó información directa a laa oficina regional de la DGA y vía Ley de Transparencia a la Dirección General de Aguas (DGA), de los derechos de agua otorgados, superficiales y subterráneos, consuntivos y no consuntivos, con sus caudales y sus coordenadas de extracción.

A partir de esta información, se seleccionaron aquellos derechos que estuvieran sobre los 2.000 m.s.n.m, cruzándolos con la infomación de patentes de no aprovechamiento de agua para el periodo 2013-2014, logrando identificar el estado del derecho (Operativo, Parcialmente Activo e Inactivo).

A continuación, se presentan los resultados del catastro y el análisis de los derechos subterráneos y superficiales, consuntivos y no consuntivos, presentes en la zona de estudio (>2.000 m.s.n.m.).

2.2.2.1 Derechos de agua superficiales

El análisis de los derechos superficiales se enfocó en dos puntos: el primero, la selección de los derechos superficiales sobre los 2.000 m.s.n.m; y el segundo, la revisión de los derechos que cuentan con patente por no utilización del agua.

La revisión de la información sobre derechos de agua superficiales entregada a través de Ley de Transparencia (DGA) y patentes de no aprovechamiento de agua, arrojó que 149 derechos superaban los 2.000 m.s.n.m, De estos, los titulares Sendos y Minera Escondida, presentaban patentes de no aprovechamiento para el periodo 2013 -2014, con 800 y 132 litros por segundo (l/s), según las resoluciones DGA Nº214 del 13/06/1986 y Nº 76 del 15/03/1992, respectivamente. Un aspecto importante que se evidenció en la revisión de la documentación, fue la falta de información en aspectos como: resoluciones, códigos de expediente y coordenadas de algunos derechos. La falta de información se debe a no contar con respuesta sobre ella por parte de la DGA, lo cual se cree es debido a que estos registros o documentación están asociados a derechos de larga data y sin respaldo físico.

A modo de resumir la información analizada, se presenta en la Tabla 2.1un ranking con los treinta titulares con mayor caudal otorgado en la zona de estudio, contrarrestados con el caudal total patentado. Cabe señalar que la información en detalle, se adjunta en el anexo digital, sección b_actores públicos.

Folio007603

Tabla 2.1. Ranking de titulares, según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos de agua superficiales en la zona de estudio.

Nº Ranking	Titular	Caudal Inactivo (Total Patentado)	Caudal Operativo	Total Caudal Otorgado
1	Sendos	800	1511,37	**2311,37**
2	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	0	1157,00	**1157,00**
3	Comunidad Atacameña de Toconao	0	330,00	**330,00**
4	Ferrocarril Antofagasta a Bolivia	0	294,38	**294,38**
5	As. Atacameña de Regantes y Agric., Río Vilama	0	221,00	**221,00**
6	Juan Trecaman Trecaman	0	201,70	**201,70**
7	Comunidad Atacameña de Talabre	0	181,30	**181,30**
8	Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	0	164,70	**164,70**
9	Comunidad Atacameña de Socaire	0	155,33	**155,33**
10	Minera Escondida Limitada	132,5	0,00	**132,50**
11	As. Atacameña de Regantes y Agric., Aguas Blancas	0	110,00	**110,00**
12	Comunidad Atacameña de Toconce	0	100,00	**100,00**
13	Prelatura de Calama	0	85,00	**85,00**
14	Comunidad Atacameña de Peine	0	65,60	**65,60**
15	Agricultores Pueblo de Caspana	0	65,00	**65,00**
16	As. Atacameña de Regantes y Agric. Toconao	0	60,00	**60,00**
17	Lucila Menanteau	0	45,00	**45,00**
18	Comunidad Atacameña de Caspana	0	42,60	**42,60**
19	Codelco	0	41,00	**41,00**
20	Benjamín Gómez Mamani	0	30,00	**30,00**
21	Comunidad Quechua de Ollagüe	0	29,00	**29,00**
22	Comunidad Atacameña de Camar	0	26,60	**26,60**
23	Usuarios y Agric., Valle de Zapar	0	20,00	**20,00**
24	Explora S.A.	0	18,00	**18,00**
25	María Amunategui Spacek	0	17,00	**17,00**
26	Comunidad Atacameña de Cupo	0	17,00	**17,00**
27	Comunidad Atacameña de Machuca	0	13,80	**13,80**
28	As. Atacameña de Regantes y Agric., de Soncor	0	12,30	**12,30**
29	Agricultores de Toconao	0	10,00	**10,00**
30	Matias Villada Palacios	0	10,00	**10,00**

Folio007604

A continuación, en la Figura 2.1 se presenta la distribución de los derechos superficiales otorgados sobre los 2.000 m.s.n.m.

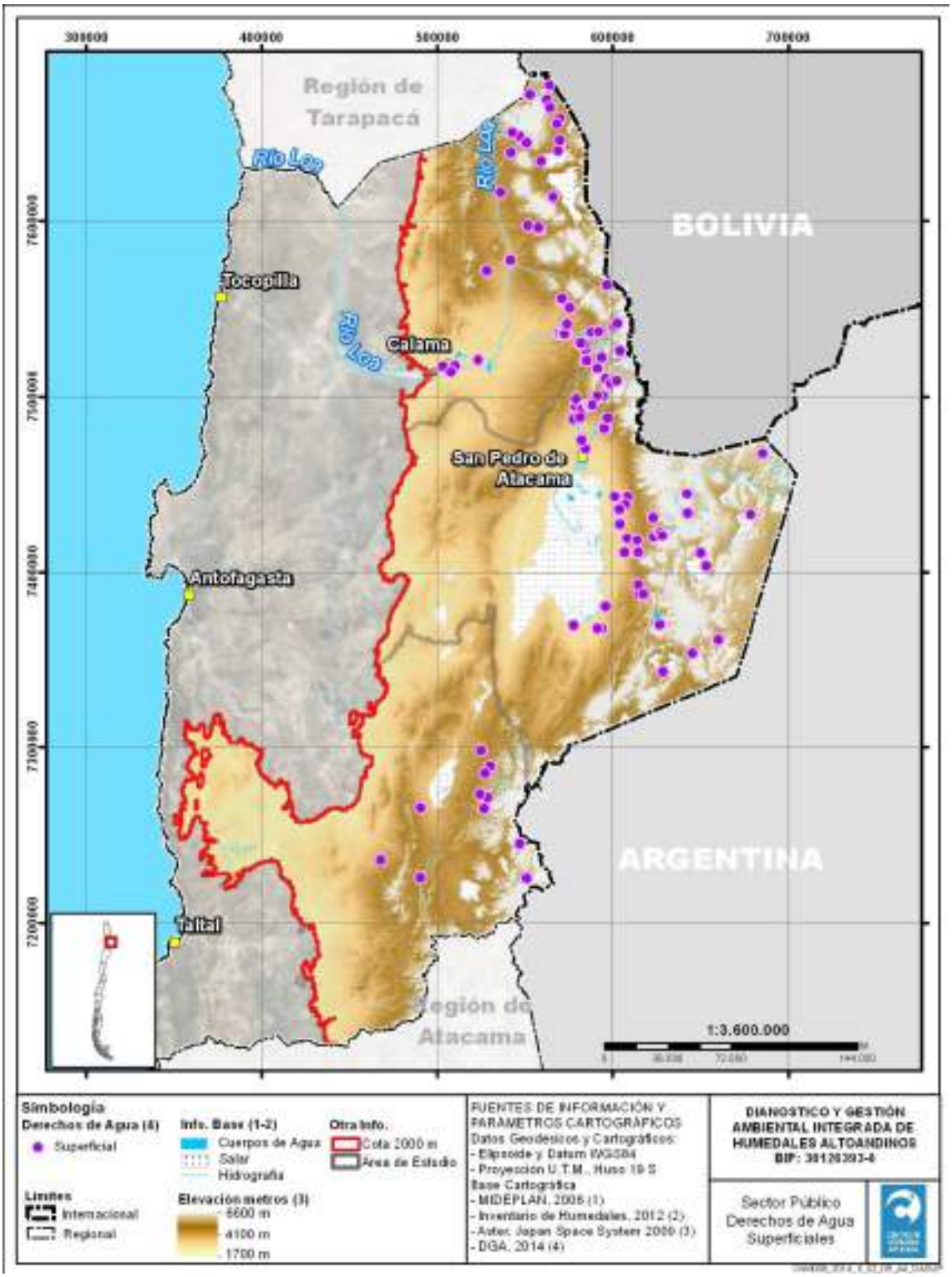


Figura 2.1. Distribución de derechos de agua superficiales, otorgados sobre los 2.000 m.s.n.m.

2.2.2.2 Derechos de agua subterráneos

Al igual que en el punto anterior, los derechos de agua subterráneos fueron contrarrestados tanto en criterios geográficos (sobre 2.000 m.s.n.m.), como en el pago de patentes.

El análisis de la información adquirida (transparencia DGA) permitió identificar 394 derechos de agua subterráneos sobre los 2.000 m.s.n.m. De estos el 58% presentan una condición de derecho operativo, 20% son derechos parcialmente activos (pagan una parte del caudal otorgado), y un 18% presentan condición de inactividad. El 4% restante corresponde a derechos que están en condición de revisión, ya que el pago de patente correspondiente a la resolución Nº 169 del 03/05/1985 perteneciente a Minera Escondida (87 l/s), supera a la sumatoria (63 l/s) de los derechos constituidos para aquella resolución en la información adquirida vía transparencia. Esta situación se ha consultado a DGA, encontrándose a la fecha en estado de solicitud.

Paraleleamente, se identificó que el caudal total patentado (no aprovechamiento de agua) en la región corresponde a 5.570,84 l/s, de los cuales 5.373 l/s se encuentra en la zona de estudio. El detalle del caudal patentado se presenta en la Tabla 2.2, donde se se detalla a partir de un ranking de titulares, el caudal total otorgado contrarrestado con el caudal total patentado.

El detalle de la situación global de los derechos subterráneos se adjunta en el anexo digital, sección b_actores públicos.

Tabla 2.2. Ranking de titulares, según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos subterráneos en la zona de estudio.

Nº Ranking	Titular	Caudal Inactivo (Total Patentado)	Caudal Operativo	Total Caudal Otorgado
1	Codelco	1751,00	3420,00	**5171,00**
2	Minera Escondida Limitada	324,20	3509,89	**3834,09**
3	Exploraciones Mundo S.A	1022,00	5,00	**1027,00**
4	Minera Leonor	300,00	294,80	**594,80**
5	El Abra	465,00	109,00	**574,00**
6	Minera Zaldivar	73,00	446,15	**519,15**
7	Minera Spence S.A.	450,00	0,00	**450,00**
8	Aguas Amarilla Ltda	352,00	0,00	**352,00**
9	Aguas de La Sierra	319,00	0,00	**319,00**
10	SQM Salar S.A.	0,00	242,00	**242,00**
11	Exploraciones San Pedro	150,00	0,00	**150,00**
12	Cía. Minera Quebrada Blanca	120,30	0,00	**120,30**
13	Fisco-Ejército de Chile	0,00	60,00	**60,00**
14	Comunidades Atacameñas	0,00	45,00	**45,00**
15	Comité APR San Pedro de Atacama	0,00	40,00	**40,00**
16	Obras Públicas	0,00	40,00	**40,00**
17	Xstrata Lomas Bayas	0,00	35,00	**35,00**
18	Inv. Aqualama Ltda	0,00	31,00	**31,00**
19	Inversiones Arlequín Ltda	30,00	0,00	**30,00**
20	Antofagasta Minerals	16,50	0,00	**16,50**
21	Leasing Andino S.A.	0,00	15,00	**15,00**
22	Soc. Chilena del Litio	0,00	15,00	**15,00**
23	Minera Meridian	0,00	14,80	**14,80**
24	Guanaco Cía.Minera Ltda	0,00	16,46	**16,46**
25	ESSAN S.A.	0,00	6,00	**6,00**
26	Cía. Minera Providencia	0,00	5,00	**5,00**
27	Walter Romang	0,00	4,80	**4,80**
28	Alto Atacama S.A.	0,00	4,00	**4,00**
29	Sta. Adriana Limitada	0,00	4,00	**4,00**
30	Tomás Poblete Alay	0,00	3,80	**3,80**

A continuación, en la Figura 2.2 se presenta la distribución de derechos de agua subterráneos otorgados en la zona de estudio.

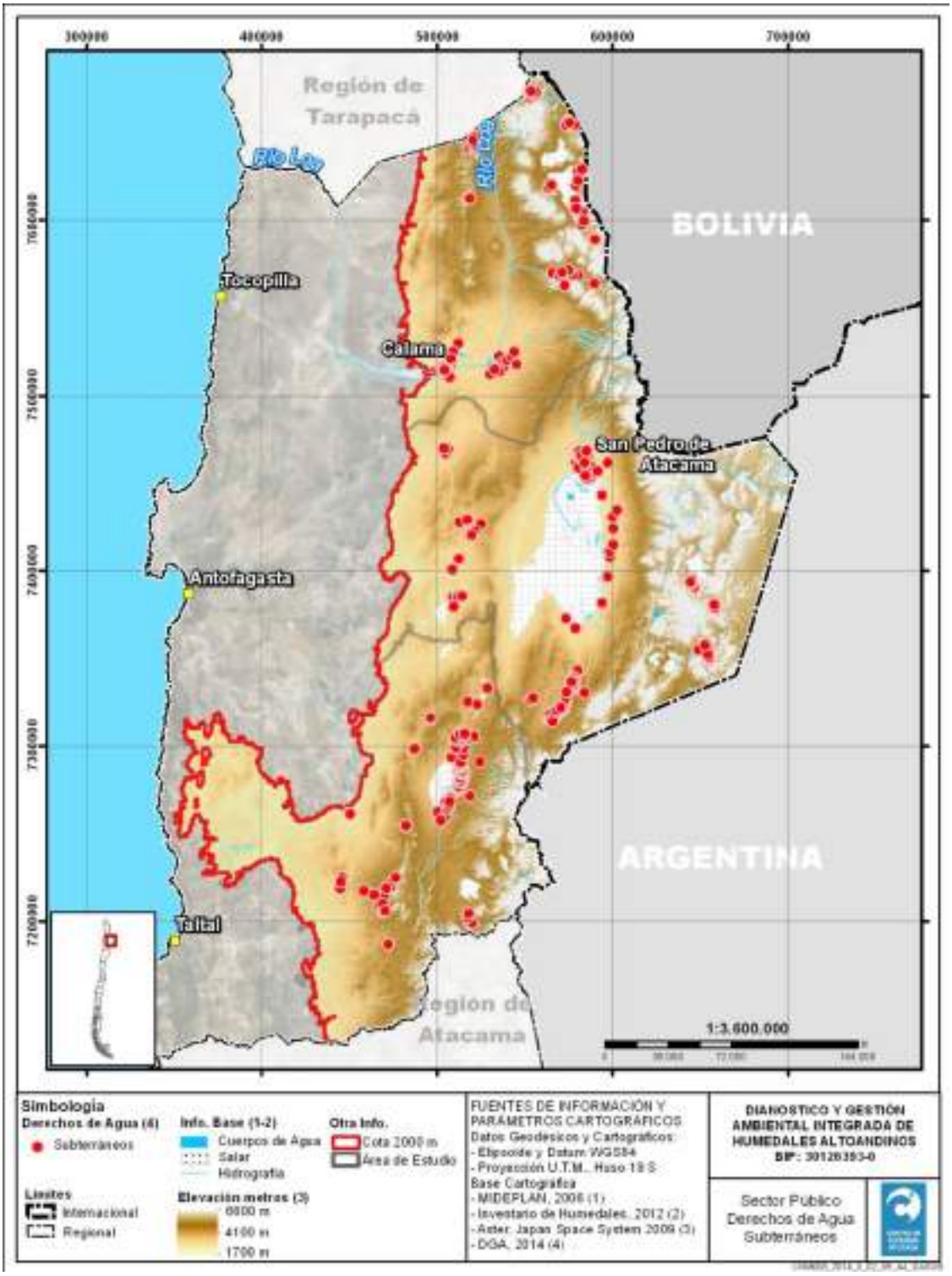


Figura 2.2. Distribución de derechos de agua subterráneos, otorgados sobre los 2.000 m.s.n.m.

2.2.3 Planes de seguimiento sector público

Con el fin de caracterizar y sistematizar la información levantada por los distintos organismos estatales, se orientó la recopilación de información en los siguientes tópicos: Geomorfología, Meteorología, Calidad de Agua, Hidrología, Hidrogeología y Flora y Vegetación. A continuación se presenta una síntesis de la información recopilada.

2.2.3.1 Geomorfología

La sistematización de la información relacionada a geología y geomorfología, está orientada a partir de la cotización de todas las cartas geológicas dispuesta en la plataforma E-MAPS de SERNAGEOMIN. De acuerdo a este catalogo se discriminó por extensión territorial y escala, seleccionando las cartografías geológicas de escala 1:250.000, ya que cumplían con la mayor superficie abarcada.

A continuación, en laTabla 2.3, se presenta el listado de cartas geológicas seleccionadas, junto con esto, se detalla en la Figura 2.3, la cobertura territorial de las mismas. Como anexo digital, se adjuntan las cartas geológicas seleccionadas.

Tabla 2.3. Listado de cartografías geológicas, seleccionadas para el estudio.

ID	Nombre Cartografía	Escala 1:	Tipo	Código	Año	Ubicación
4	Hoja Antofagasta : región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1735	1978	E-Maps
9	Geología y yacimientos metalíferos de la región Antofagasta	250.000	Análoga	6-13-PROD-1780	1990	E-Maps
16	Geología de la hoja Toconao : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1824	1982	E-Maps
17	Geología de la hoja Ollagüe : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1826	1981	E-Maps
18	Hoja Calama : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1829	1984	E-Maps
20	Hoja Aguas Blancas : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1834	1995	E-Maps
21	Hojas Taltal y Chañaral : Regiones de Antofagasta y Atacama	250.000	Análoga	2-2-PROD-1838	1984	E-Maps
24	Geología de la hoja Quillagua : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1842	1981	E-Maps
65	Avance geológico, Hoja Tocopilla, Región de Antofagasta. 1978. Ferraris, F. 32 p., 1	250.000	Análoga	s/c	1985	Biblioteca

Folio007609

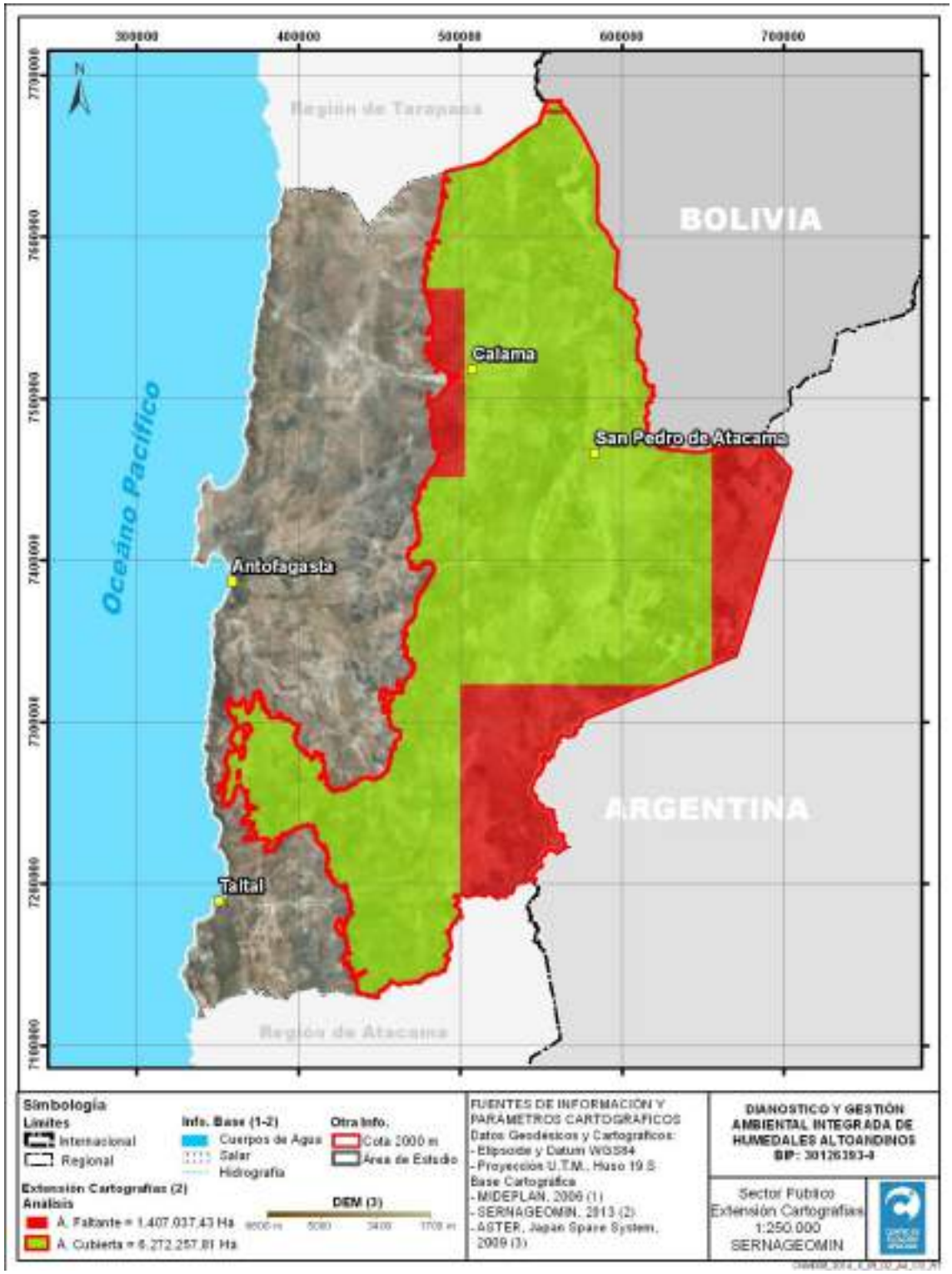


Figura 2.3. Cobertura territorial de las cartografías geológicas seleccionadas.

Folio007610

2.2.3.2 Meteorología

La información relacionada al componente meteorológico, se sistematizó a partir de información entregada por la Dirección General de Aguas (DGA) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), dependiente del Ministerio de Agricultura. Se consultó, tanto por el sistema de Transparencia como vía Web, la información sobre todas las variables medidas por sus estaciones, sin importar el estado de medición de estas.
La información recopilada sobre las variables meteorológicas, se detalla en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Variables meteorológicas consultadas.

Organismo	Variable	Codificación	Unidad
DGA	Precipitación diaria	***Ppd***	**mm**
	Temperaturas diarias Extremas	***TdE***	ºC
	Temperaturas diarias en horas Sinópticas	***TdhS***	ºC
	Humedad Relativa diaria Extrema	***HRdE***	%
	Humedad Relativa diaria en horas Sinópticas	***HRdhS***	%
	Evaporación y recorrido del Viento diario	***ERVd***	mm - km
	Velocidad y Dirección del Viento diarias en horas Sinópticas	***VDVdhS***	km/hr
	Velocidad media diaria del Viento	***VmdV***	km/hr
	Horas de Sol diaria	***HSd***	Hrs
	Nubosidad diaria en horas Sinópticas	***NdhS***	-
	Evaporación diaria	***Ed***	mm
INIA	Dirección del Viento	**DV**	Moda
	Humedad Relativa	**HR**	%
	Precipitación Acumulada	**PA**	mm
	Radiación Solar	**RS**	W/m2
	Temperatura del Aire	**TA**	ºC
	Temperatura del Superficial	**TS**	ºC
	Temperatura del Suelo a 10 cm	**TSl**	ºC
	Velocidad del Viento Horario	**VV**	km/hr

De la información sistematizada, se desprende que la DGA cuenta con 42 estaciones de medición, de las cuales a la fecha, 29 están vigentes y 13 suspendidas. En el caso de las estaciones de medición INIA, estas suman 7 y todas están vigentes.

El resultado de la sistematización, agrupó la totalidad de variables por estación DGA, añadiendo la componente hidrológica y de calidad de agua, a la ya mencionada. Esta situación, se explica ya que hay estaciones que presentan medición en todas las variables. Esta documentación se entrega en el anexo digital, en la Sección b_actores públicos, y se codifica por codigo BNA (DGA).

A continuación se presentan las características generales de las estaciones meteorológicas por organismo.

Tabla 2.5. Estaciones Meteorológicas pertenecientes a DGA, sobre los 2.000 m.s.n.m.

ID MT	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
MT - 2	02105031-8	AMINCHA	568562	7655483	3860	S	OLLAGUE	1/11/78	27/1/10
MT - 4	02020002-2	ASCOTAN	574925	7597374	3970	V	OLLAGUE	1/8/74	
MT - 5	02105018-0	AYQUINA	570229	7536512	3031	V	CALAMA	1/9/67	
MT - 7	02810001-9	CACHINAL DE LA SIERRA	447507	7239220	2640	S	TALTAL	1/11/86	23/11/06
MT - 8	02110013-7	CALAMA	509832	7517389	2300	V	CALAMA	1/8/63	
MT - 9	02500017-K	CAMAR	605954	7411015	2700	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/79	
MT - 10	02105021-0	CASPANA	581126	7529664	3260	S	CALAMA	1/1/71	30/4/12
MT - 11	02020001-4	CEBOLLAR	568495	7618895	3730	S	OLLAGUE	1/12/69	30/4/12
MT - 12	02104010-K	CHIU-CHIU	537415	7529707	2524	V	CALAMA	1/8/74	
MT - 13	02104008-8	CONCHI EMBALSE	538788	7564326	3010	V	CALAMA	1/9/67	
MT - 14	02104009-6	CONCHI MURO EMBALSE	539132	7564141	3000	S	CALAMA	1/2/78	27/1/10
MT - 15	02104007-K	CONCHI VIEJO	528511	7572650	3491	V	CALAMA	1/7/73	
MT - 17	02105014-8	CUPO	570481	7554284	3370	V	CALAMA	1/11/78	
MT - 18	02105022-9	EL TATIO	601585	7525730	4370	V	CALAMA	1/6/77	
MT - 19	02640001-5	IMILAC	522066	7327668	3000	S	ANTOFAGASTA	1/11/72	23/11/06
MT - 20	02103010-4	INACALIRI	596385	7563772	4040	V	CALAMA	1/1/69	
MT - 21	02101003-0	LEQUENA	535065	7605259	3320	V	CALAMA	1/11/73	
MT - 22	02105016-4	LINZOR	600714	7541388	4100	V	CALAMA	1/11/73	
MT - 23	02660001-4	MONTURAQUI	557288	7307823	3430	S	ANTOFAGASTA	1/11/74	13/12/10
MT - 24	02103009-0	OJOS SAN PEDRO	570954	7570241	3800	V	CALAMA	1/3/69	
MT - 25	02000001-5	OLLAGUE	577892	7652920	3700	V	OLLAGUE	1/11/71	
MT - 26	02103008-2	PARSHALL N 2	549826	7573397	3318	V	CALAMA	1/2/69	

ID MT	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
MT - 27	02500020-K	PEINE	596045	7380388	2460	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/11/74	
MT - 29	02102005-2	QUINCHAMALE	541690	7577571	3080	V	CALAMA	1/1/95	
MT - 30	02510007-7	RIO GRANDE	585709	7494705	3250	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/77	
MT - 31	02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	534950	7605197	3315	V	CALAMA	1/12/67	
MT - 32	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	539132	7564018	2950	V	CALAMA	1/1/00	
MT - 33	02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	578012	7536045	3080	V	CALAMA	1/12/75	
MT - 34	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	567504	7534956	2980	V	CALAMA	1/1/61	
MT - 35	02103014-7	RIO SILOLI ANTES B.T. FCAB	600440	7565684	4000	V	OLLAGUE	1/1/01	
MT - 36	02105020-2	SALADO EMBALSE	582129	7535316	3200	V	CALAMA	1/10/75	
MT - 37	02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	582019	7466710	2450	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/9/58	
MT - 38	02103007-4	SAN PEDRO DE CONCHI	547879	7574448	3217	S	CALAMA	1/2/70	13/12/10
MT - 41	02105019-9	SIFON AYQUINA	566991	7535635	3000	S	CALAMA	1/6/75	23/11/06
MT - 42	02103012-0	SILALA	600236	7565285	4305	V	OLLAGUE	1/1/00	
MT - 43	02500019-6	SOCAIRE	613011	7391031	3251	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/8/74	
MT - 45	02500021-8	TALABRE	613727	7421415	3300	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/95	
MT - 46	02500016-1	TOCONAO EXPERIMENTAL	602573	7435183	2500	S	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/11/75	30/4/12
MT - 47	02500015-3	TOCONAO RETEN	601376	7434668	2460	S	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/8/74	23/11/06
MT - 48	02105017-2	TOCONCE	585178	7538221	3310	V	CALAMA	1/3/72	
MT - 51	02105015-6	TURI	573367	7540311	3070	S	CALAMA	1/6/80	30/4/12
MT - 52	02941001-1	VAQUILLAS	469963	7191149	3250	S	TALTAL	1/12/86	30/4/12

Tabla 2.6. Estaciones Meteorológicas pertenecientes a INIA, sobre los 2.000 m.s.n.m.

ID	COD	Nombre Estación	Fecha de Inicio	UTM Este	UTM Norte
1	INIA-1	Ollague_INIA	28/04/2011	577249,515	7652886,642
2	INIA-2	Calama Rural_INIA	21/03/2011	505866,019	7515034,004
3	INIA-3	Chiu Chiu_INIA	28/04/2011	535989,964	7531685,693
4	INIA-4	Caspana_INIA	28/04/2011	580983,254	7529935,512
5	INIA-5	San Pedro de Atacama_INIA	19/04/2011	580648,003	7463769,946
6	INIA-6	Toconao_INIA	28/04/2011	601607,027	7435044,998
7	INIA-7	Socaire_INIA	28/04/2011	613252,012	7390661,709

Folio007614

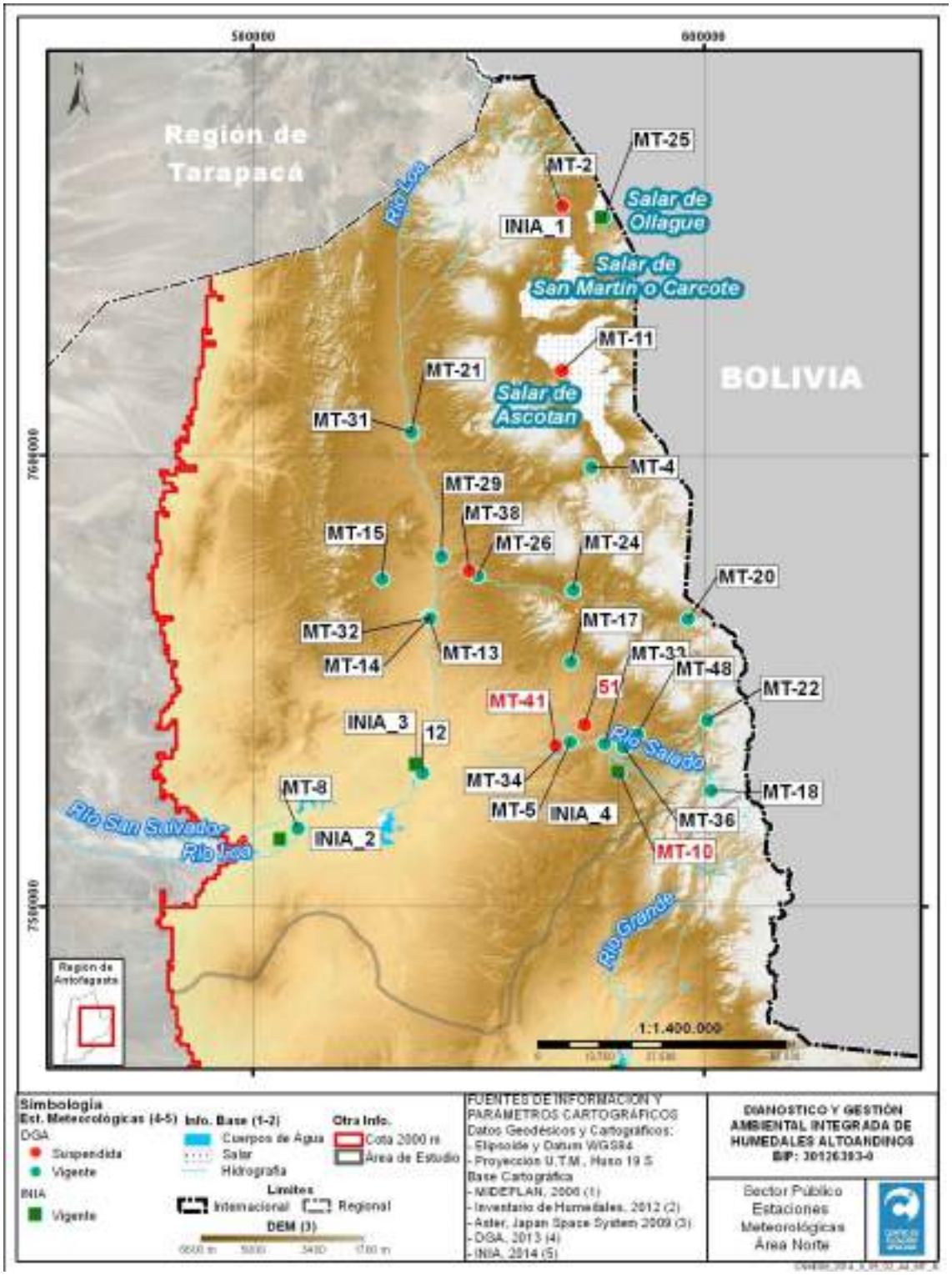


Figura 2.4. Estaciones Meteorológicas presente en la zona de estudio, sector norte.

Folio007615

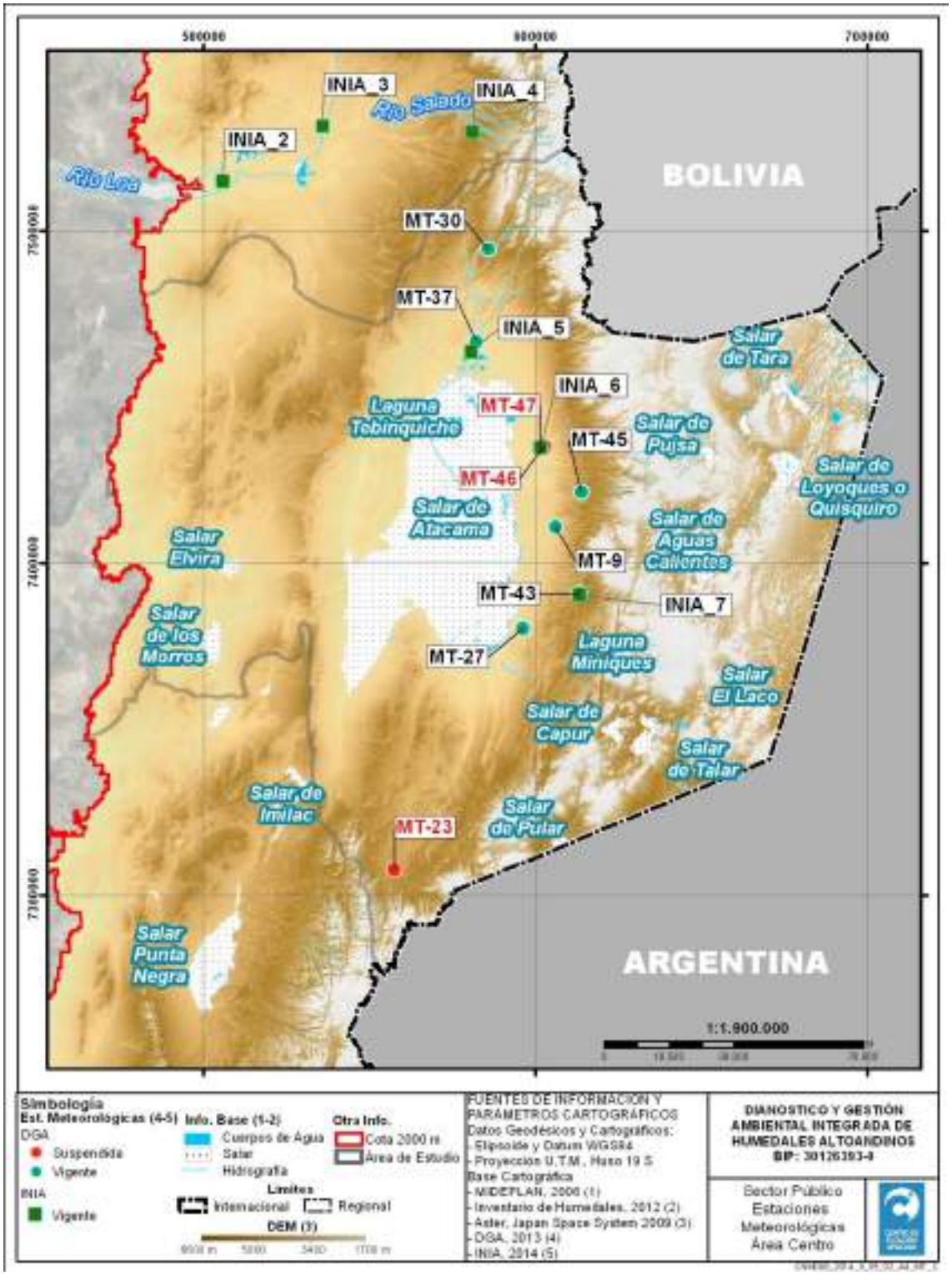


Figura 2.5. Estaciones Meteorológicas presente en la zona de estudio, sector centro

Folio007616

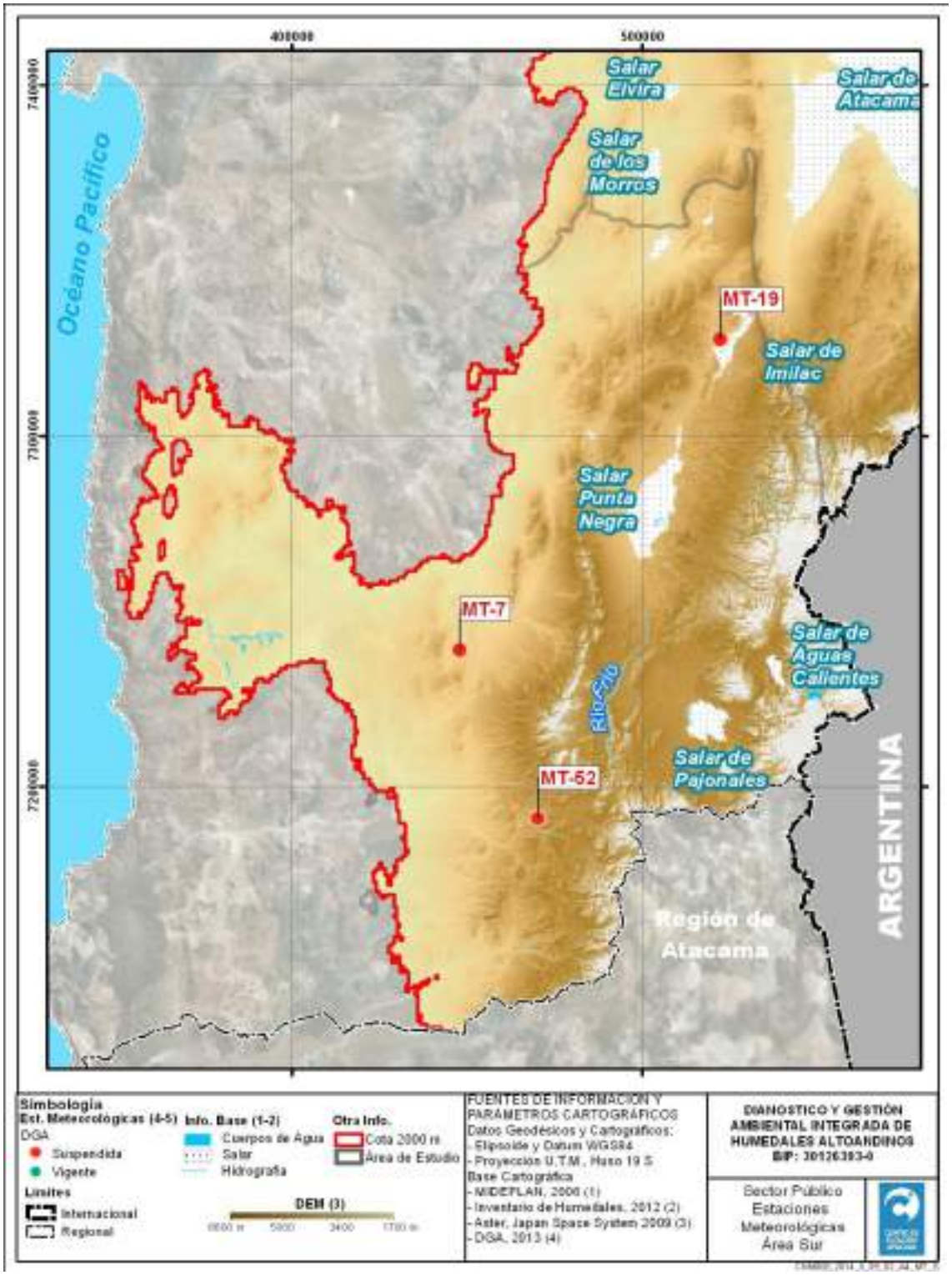


Figura 2.6. Estaciones Meteorológicas presente en la zona de estudio, sector Sur.

Folio007617

2.2.3.3 Hidrología

El componente hidrológico, se centró en la recopilación de información de estaciones fluviométricas pertenecientes a la DGA. Del total regional, 72 estaciones están presentes en la zona de estudio, de las cuales 61 tienen la condición de operativa, y 11 suspendidas. Se consultó sobre las variables Caudal medio diario (Qmd), Caudal medio mensual (Qmm) y Altura y caudal instantáneo (ACi). La documentación bruta, enviada por la DGA, se adjunta en el Anexo Digital, Sección b_actores públicos. Además, también se entrega el procesamiento sistemático de esta información.

A continuación se detallan las características generales de las estaciones en estudio.

Tabla 2.7. Estaciones Fluviométricas pertenecientes a DGA, sobre los 2.000 m.s.n.m.

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
FL -1	02500002-1	CANAL AGUAS BLANCAS	600918	7425937	2415	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/2/97	
FL -2	02104020-7	CANAL BUEN RETIRO	539214	7539788	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -3	02110023-4	CANAL CHUNCHURI BAJO	507486	7513977	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -4	02500005-6	CANAL CUNO EN SOCAIRE	617637	7388227	3600	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/2/97	
FL -5	02110024-2	CANAL DUPONT	504543	7512164	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -6	02110025-0	CANAL EL TRONCO	504544	7518098	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -7	02104014-2	CANAL GRANDE	537515	7535396	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -8	02104017-7	CANAL LA BANDA	537486	7535426	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -9	02110026-9	CANAL LA PRENSA	506029	7513086	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -10	02110027-7	CANAL LAY LAY	510317	7516497	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -11	02104015-0	CANAL LOS PERALES	538581	7538283	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -12	02104022-3	CANAL LOS RAMIREZ	539243	7539758	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -13	02110028-5	CANAL NUÑEZ	507887	7514376	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -14	02104016-9	CANAL PONA	538581	7538253	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -15	02104018-5	CANAL PUEBLO	536132	7531186	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -16	02104021-5	CANAL QUILCHIRE	539214	7539788	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -18	02104019-3	CANAL SAN ANTONIO	539991	7541262	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -19	02500006-4	CANAL TILOMONTE ANTES REPRESA	592170	7367957	4000	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/97	
FL -20	02110029-3	CANAL TOPATER	510374	7516527	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -21	02500003-K	CANAL TULAN EN TILOMONTE	590873	7368734	2450	S	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	25/6/02
FL -22	02500004-8	CANAL VILAMA EN VILAMA	584206	7470634	2550	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/68	

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
FL -23	02110030-7	CANAL YALQUINCHA 1	513204	7516833	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -24	02110009-9	CANAL YALQUINCHA O.D. N* 1	515434	7517323	2300	S	CALAMA	1/1/92	11/2/10
FL -25	02110010-2	CANAL YALQUINCHA O.I. N* 2	517063	7516891	2300	S	CALAMA	1/1/92	11/2/10
FL -26	02101004-9	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN LEQUENA	536097	7616786	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -27	02110020-K	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN PUENTE NEGRO	510261	7518003	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -28	02102007-9	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN QUINCHAMALE	541657	7576003	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -29	02105033-4	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN TOCONCE	585436	7538158	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -30	02103016-3	CAPTACION DE CODELCO EN COLANA	585657	7573520	4070	V	CALAMA	1/12/07	
FL -31	02103017-1	CAPTACION DE CODELCO EN INACALIRI	596009	7563313	4004	V	CALAMA	1/12/07	
FL -32	02105035-0	CAPTACION DE CODELCO EN LINZOR (TOCONCE)	600257	7541545	4088	V	CALAMA	1/12/07	
FL -33	02103015-5	CAPTACION DE FCAB EN SILOLI	599197	7564216	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -37	02105034-2	CAPTACIONES CODELCO EN SALADO-HOJALAR	578985	7536163	3086	V	CALAMA	1/12/07	
FL -38	02104011-8	EMBALSE CONCHI (LM)	539420	7564601	0	V	CALAMA	1/8/75	
FL -39	02500009-9	QUEBRADA DE CAMAR - VERTIENTE 1	606469	7411535	2755	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	
FL -40	02500010-2	QUEBRADA DE CAMAR - VERTIENTE 2	606697	7411656	2730	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/97	
FL -41	02500007-2	QUEBRADA DE JEREZ	603030	7435488	2550	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	
FL -42	02500008-0	QUEBRADA DE TALABRE EN TUMBRE	623435	7420476	3570	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	
FL -43	02104005-3	RIO LOA ANTES JUNTA RIO	536036	7527190	2505	V	CALAMA	1/12/88	

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
		SALADO							
FL -45	02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	534950	7605197	3315	V	CALAMA	1/12/67	
FL -49	02110008-0	RIO LOA DESPUES JUNTA RIO SALADO (CA)	535290	7525777	2500	V	CALAMA	1/1/61	
FL -50	02104004-5	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"1	540609	7569980	2975	S	CALAMA	1/1/61	1/8/79
FL -51	02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"2	540523	7569795	2932	V	CALAMA	1/1/00	
FL -52	02110031-5	RIO LOA EN ANGOSTURA	527123	7516384	2470	V	CALAMA	1/3/11	
FL -53	02102006-0	RIO LOA EN CATUNCALLA	540256	7589166	3225	V	CALAMA	1/2/07	
FL -54	02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE	502342	7511488	2200	S	CALAMA	1/1/66	1/12/82
FL -55	02104001-0	RIO LOA EN CONCHI	540605	7568412	3010	S	CALAMA	1/12/58	1/8/86
FL -57	02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL	511462	7518218	2450	V	CALAMA	1/1/66	
FL -58	02110004-8	RIO LOA EN FINCA	501142	7511120	2100	V	CALAMA	1/1/71	
FL -60	02102001-K	RIO LOA EN QUEBRADA QUINCHAMALE	540969	7576005	3027	V	CALAMA	1/2/94	
FL -62	02101002-2	RIO LOA EN REPRESA LEQUENA	535264	7604060	3250	V	CALAMA	1/8/88	
FL -63	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	539132	7564018	2950	V	CALAMA	1/1/00	
FL -64	02104013-4	RIO LOA EN VADO SANTA BARBARA (DOH)	540438	7570195	2950	V	CALAMA	1/3/06	
FL -65	02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA	512605	7517664	2300	V	CALAMA	1/1/64	
FL -66	02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	578012	7536045	3080	V	CALAMA	1/12/75	
FL -67	02105005-9	RIO SALADO A. J. LOA	536865	7526665	2500	V	MARIA ELENA	1/1/61	
FL -68	02105003-2	RIO SALADO ANTES REPRESA CHILEX	584044	7534784	3340	S	CALAMA	1/1/67	1/7/79
FL -69	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	567504	7534956	2980	V	CALAMA	1/1/61	
FL -70	02103003-1	RIO SAN PEDRO EN CAMINO INTERNACIONAL	548222	7574048	3320	S	CALAMA	1/1/68	1/3/89

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
FL -71	02510001-8	RIO SAN PEDRO EN CUCHABRACHI	582268	7475873	2585	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/67	
FL -72	02103018-K	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL 2 (CODELCO)	550140	7573057	3312	V	CALAMA	2/1/08	
FL -73	02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N"1	565449	7570727	3700	V	CALAMA	1/1/00	
FL -74	02103002-3	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N"2 (BT. CHILEX)	550371	7573426	3318	V	CALAMA	1/1/91	
FL -75	02103004-K	RIO SAN PEDRO EN SAN PEDRO	545412	7574671	0	S	CALAMA	1/12/16	1/4/31
FL -77	02111005-1	RIO SAN SALVADOR EN NACIMIENTO	504230	7518037	2210	V	CALAMA	1/3/11	
FL -78	02103014-7	RIO SILOLI ANTES B.T. FCAB	600440	7565684	4000	V	OLLAGUE	1/1/01	
FL -79	02103013-9	RIO SILOLI ANTES REPRESA INACALIRI	596732	7564232	4000	V	OLLAGUE	1/1/01	
FL -80	02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS	588204	7536667	0	V	CALAMA	1/1/68	
FL -81	02500001-3	RIO VILAMA EN VILAMA	583780	7470975	2550	S	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/71	29/8/01
FL -82	02111001-9	VERTIENTE OJOS DE OPACHE	500028	7513948	2135	V	CALAMA	1/1/61	
FL -83	02500011-0	VERTIENTE PEINE EN PEINE	596190	7380879	2430	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	
FL -84	02105008-3	VERTIENTE TURI TURI	574117	7541630	0	S	CALAMA	1/6/79	1/8/81

Folio007622

En las siguientes figuras se detalla la ubicación de cada una de las estaciones.

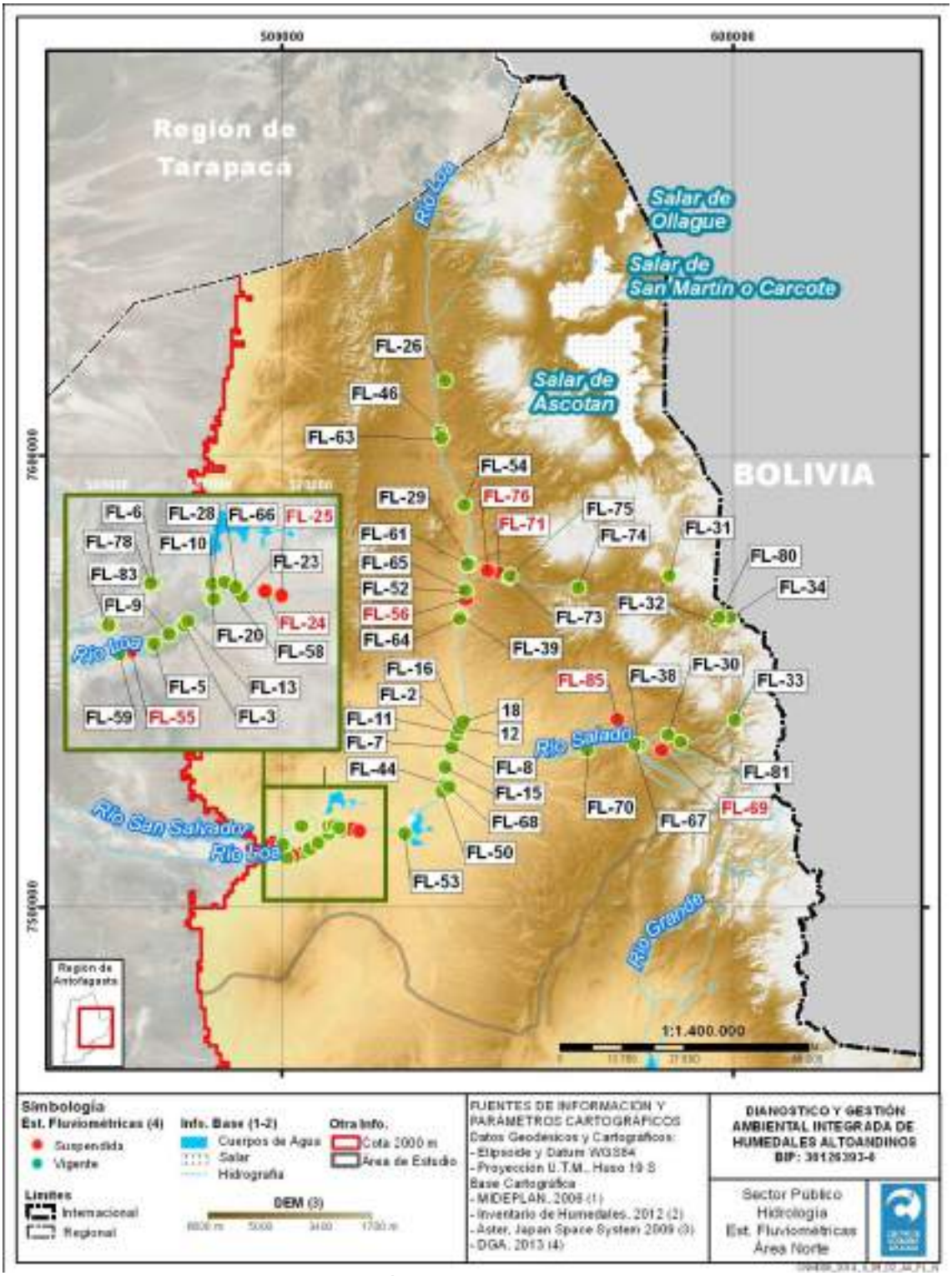


Figura 2.7. Estaciones Fluviométricas presente en la zona de estudio, sector norte.

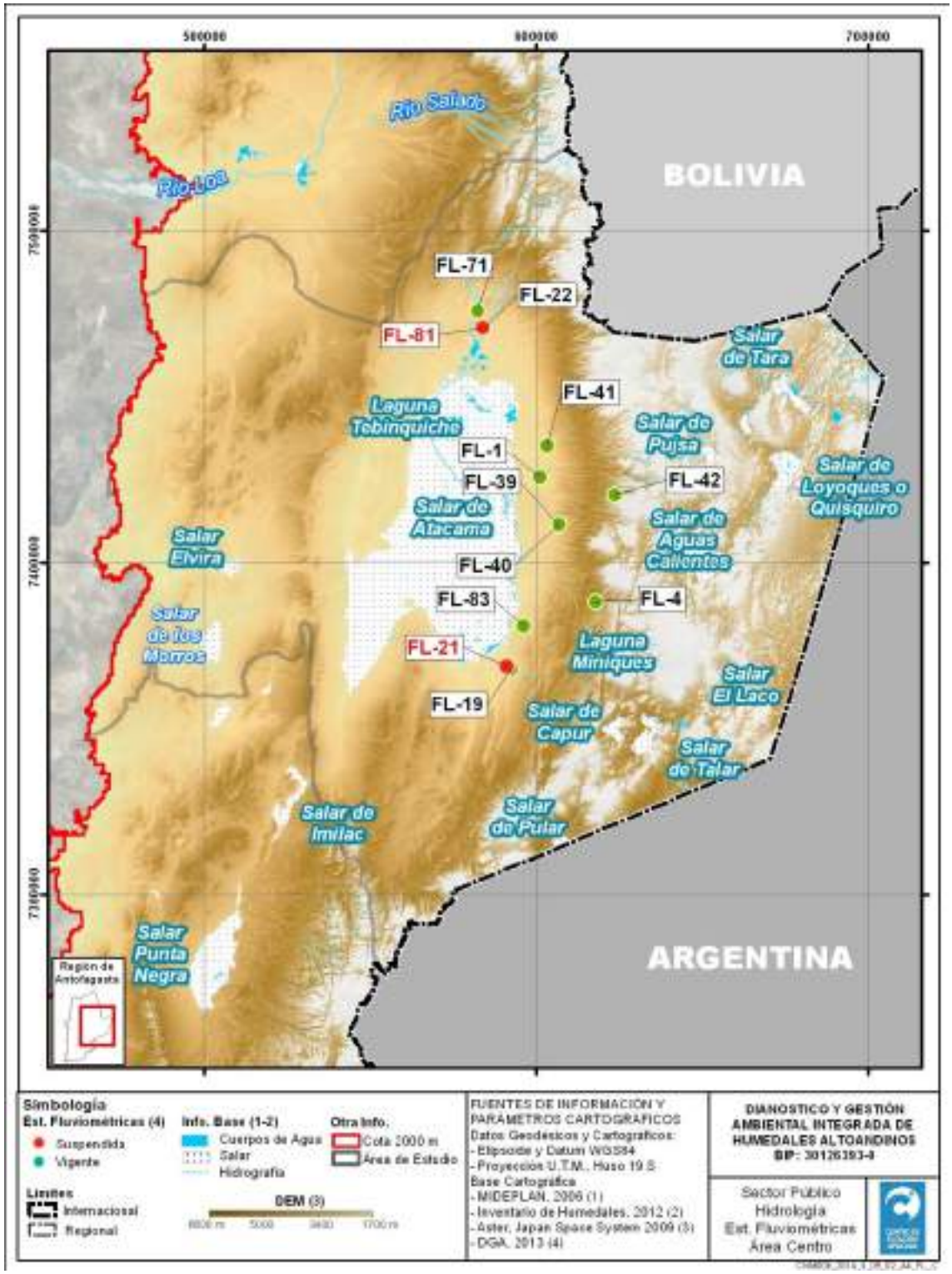


Figura 2.8. Estaciones Fluviométricas presente en la zona de estudio, sector centro.

Folio007624

2.2.3.4 Calidad de Agua

La recopilación de información referente a estaciones de medición de calidad de agua, estuvo orientada en solicitar a la dirección general de aguas (DGA), información relacionada a los parámetros hidroquímicos, de estaciones que se encuentren por sobre los 2.000 m.s.n.m. La síntesis de esta información, arrojó que hay 30 estaciones presentes en la zona de estudio, de las cuales 22 están operativas y 8 suspendidas. De igual forma que los puntos anteriores, la información bruta, como procesada, es adjuntada en el Anexo Digital, Sección b_actores públicos.

Tabla 2.8. Estaciones de Calidad de Agua pertenecientes a DGA, sobre los 2.000 m.s.n.m.

ID	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Fecha Inicio	Fecha Suspensión	Provincia	Comuna
CA -2	02110012-9	AGUA POTABLE CALAMA (CA)	506487	7516775	S/I	V	01/03/1997		EL LOA	OLLAGUE
CA -4	02500002-1	CANAL AGUAS BLANCAS	600918	7425937	2415	V	01/02/1997		EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -5	02500005-6	CANAL CUNO EN SOCAIRE	617637	7388227	3600	V	01/02/1997		EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -7	02500006-4	CANAL TILOMONTE ANTES REPRESA	592170	7367957	4000	V	01/03/1997		EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -8	02500004-8	CANAL VILAMA EN VILAMA	584206	7470634	2550	V	01/01/1968		EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -10	02104012-6	POZO CHIU-CHIU	541478	7529912	S/I	V	01/01/2000		EL LOA	CALAMA
CA -11	02104005-3	RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	536036	7527190	2505	V	01/12/1988		EL LOA	CALAMA
CA -13	02102004-4	RIO LOA ANTES RIO SAN PEDRO (CA)	541295	7568932	3000	S	01/01/1960	23/01/2003	EL LOA	CALAMA
CA -16	02110008-0	RIO LOA DESPUES JUNTA RIO SALADO (CA)	535290	7525777	2500	V	01/01/1961		EL LOA	CALAMA
CA -17	02104006-1	RIO LOA DESPUES RIO SAN PEDRO (CA)	541304	7572622	2995	V	01/01/1966		EL LOA	CALAMA
CA -18	02104004-5	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"1	540609	7569980	2975	S	01/01/1961	01/08/1979	EL LOA	CALAMA
CA -19	02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"2	540523	7569795	2932	V	01/01/2000		EL LOA	CALAMA
CA -20	02110011-0	RIO LOA EN ANGOSTURA (CA)	529154	7517303	2450	S	01/01/1964	23/01/2003	EL LOA	CALAMA
CA -21	02110005-6	RIO LOA EN CALAMA (CA)	510289	7517327	2270	S	01/01/1967		EL LOA	CALAMA
CA -23	02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE	502342	7511488	2200	S	01/01/1966	01/01/1976	EL LOA	CALAMA
CA -25	02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL	511462	7518218	2450	V	01/01/1966		EL LOA	CALAMA

Folio007626

ID	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Fecha Inicio	Fecha Suspensión	Provincia	Comuna
CA -26	02110004-8	RIO LOA EN FINCA	501142	7511120	2100	V	01/01/1971		EL LOA	CALAMA
CA -28	02101002-2	RIO LOA EN REPRESA LEQUENA	535264	7604060	3250	V	01/08/1988		EL LOA	CALAMA
CA -29	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	539132	7564018	2950	V	01/01/2000		EL LOA	CALAMA
CA -30	02104013-4	RIO LOA EN VADO SANTA BARBARA (DOH)	540438	7570195	2950	V	01/03/2006		EL LOA	CALAMA
CA -31	02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA	512605	7517664	2300	V	01/01/1964		EL LOA	CALAMA
CA -32	02500013-7	RIO PURIPICA EN HUATIN (CA)	595831	7483820	3210	V	01/01/1966		EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -33	02500012-9	RIO PURITAMA EN HUATIN (CA)	594120	7483830	3200	S	01/01/1966	23/01/2003	EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -34	02105005-9	RIO SALADO A. J. LOA	536865	7526665	2500	V	01/01/1961		TOCOPILLA	MARIA ELENA
CA -35	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	567504	7534956	2980	V	01/01/1961		EL LOA	CALAMA
CA -36	02510001-8	RIO SAN PEDRO EN CUCHABRACHI	582268	7475873	2585	V	01/01/1967		EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -37	02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N"1	565449	7570727	3700	V	01/01/2000		EL LOA	CALAMA
CA -39	02103005-8	RIO SILOLI (CA)	598032	7561302	4100	S	01/01/1968	01/02/1976	EL LOA	CALAMA
CA -40	02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS	588204	7536667	S/I	V	01/01/1968		EL LOA	CALAMA
CA -41	02105006-7	RIO TOCONCE EN REPRESA SENDOS (CA)	587589	7539223	3240	S	01/01/1968	01/09/1983	EL LOA	CALAMA

Folio007627

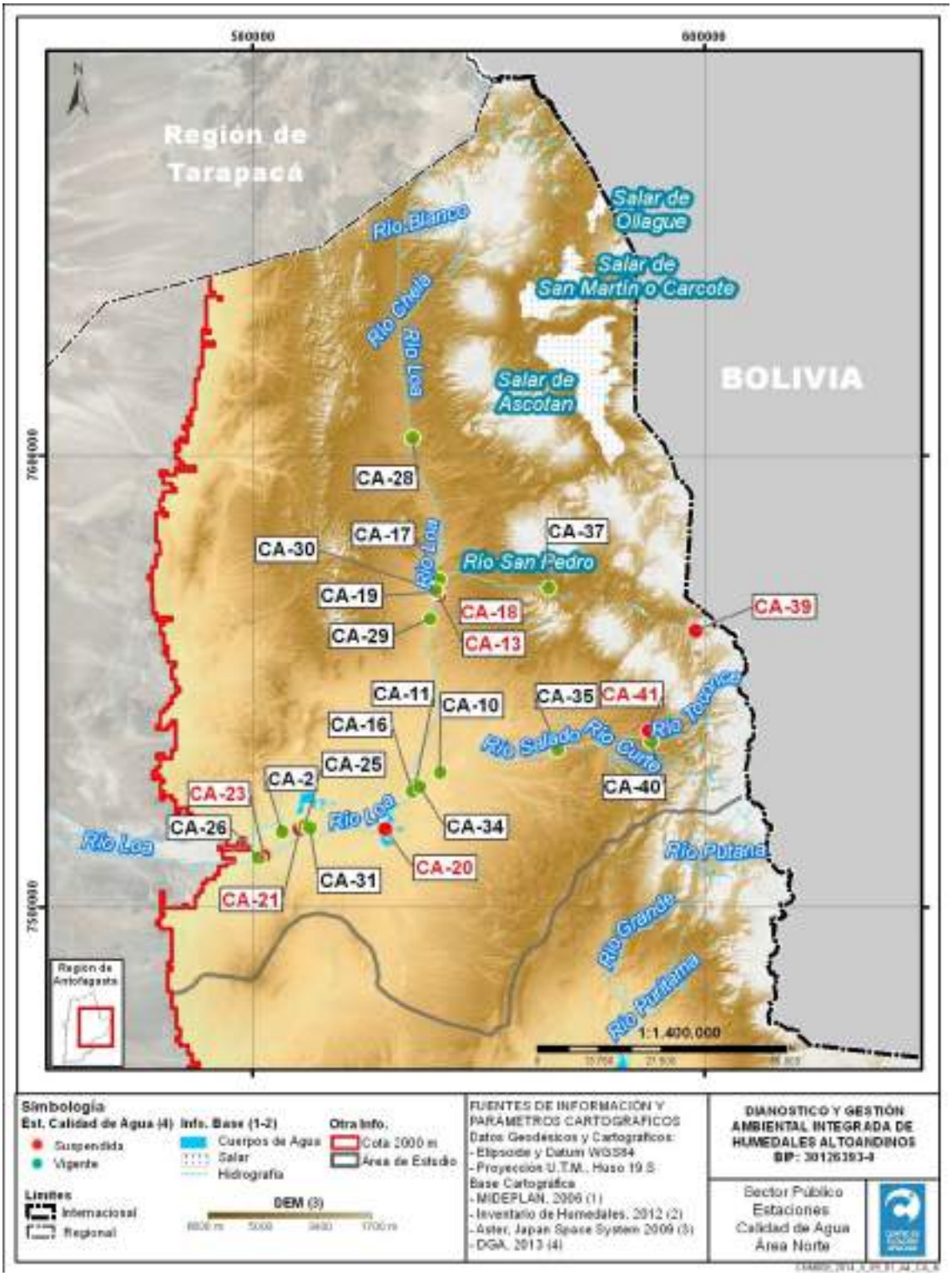


Figura 2.9. Estaciones de Calidad de Agua presente en la zona de estudio, sector norte.

Folio007628

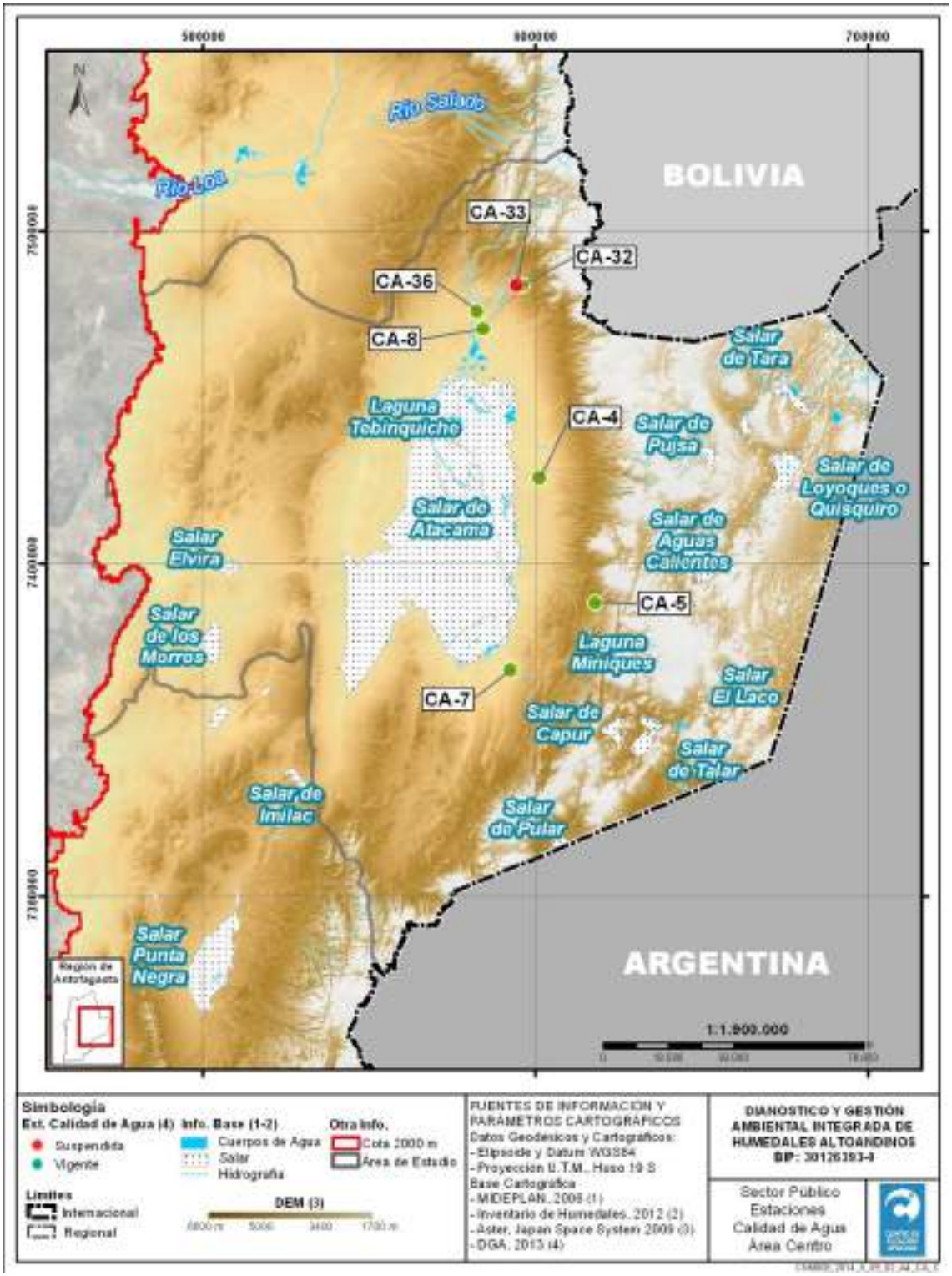


Figura 2.10. Estaciones de Calidad de Agua presente en la zona de estudio, sector centro.

.

Folio007629

2.2.3.5 Hidrogeología

El componente hidrogeológico, se definió a partir de la síntesis de los derechos de agua subterráneos otorgados en la zona de estudio. Se solicitó por medio del sistema de transparencia, el expediente asociado a cada derecho, haciendo énfasis en el componente estratigráfico, pruebas de bombeo, parámetros hidrogeológicos, porosidad, etc.
El total de expedientes recopilados, está en relación directa con el número de derechos de agua subterráneos otorgados en la zona de estudio, de los cuales a la fecha se cuenta con la totalidad descargado. Cabe destacar que hay casos en los cuales, el expediente establecido en tabla (Transparencia), no se encuentra en el registro online de expedientes, situación que se puede dar por la antigüedad del registro, la modificación o archivo de este. En aquellos casos, se recurrió al campo *Observación* de la tabla entregada, evidenciando en muchos casos el expediente de modificación del derecho, y además se apoyó la búsqueda de los derechos más antiguos, con la descarga de las resoluciones de constitución del derecho.

A continuación se entrega el listado de expedientes recopiladosa partir de la información entregada vía transparencia DGA. Además, se entrega como anexo digital en la sección b_actores públicos, la documentación correspondiente a cada Expediente y Nº de Resolución.

Tabla 2.9. Listado de expedientes, asociados a derechos de agua subterráneos, en la zona de estudio. *Donde **Res** corresponde a Resolución, **Exp** a Expediente y **Exp** Nvo a Expediente Nuevo.*

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
73	07/03/1988	D-II-111/84	D-II-111/84	Comunidad Atacameña de Toconao	1		
103	28/02/1986	D-II-145/85	ND-0203-2672	Minera Escondida Limitada	1		
167	07/04/1987	D-II-187/85	D-II-187/85	Cía. Minera Amax Guanaco		1	
532	29/12/1986	D-II-223/86	ND-0203-5046	Cía. Minera Amax Guanaco			1
737	12/11/1999	D-II-239/86	VPC-0203-1688	Minera Escondida Limitada			1
6	05/01/1987	D-II-259/86	ND-0203-2674	Minera Escondida Limitada			1
64	02/03/1988	D-II-299/86	D-II-299/86	SQM Salar S.A.	1		
359	30/08/1985	D-II-71/84	D-II-71/84	Cía. Minera Amax Guanaco		1	
127	24/06/1975	M-2-16	M-2-16	CODELCO		1	
116	05/04/1984	M-2-59	ND-0202-2736	Cía. Minera Quebrada Blanca	1		
262	29/07/1983	M-2-64	ND-0202-2727	Fisco-Ejército de Chile	1		

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
655	28/09/1998	M-2-68	M-2-68	Sta. Adriana Limitada		1	
183	19/05/1995	M-2-70	M-2-70	ESSAN S.A.		1	
184	19/05/1995	M-2-71	M-2-71	ESSAN S.A.		1	
194	09/10/1996	M-2-75	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
122	06/04/2004	ND-0202-1045	ND-0202-1045	El Abra		1	
647	04/10/2001	ND-0202-1055	VPC-0203-2079	Minera Escondida Limitada		1	
315	11/07/1995	ND-0202-1057	VPC-0202-1832	Minera Leonor		1	
319	11/07/1995	ND-0202-1058	ND-0202-1058	Minera Leonor		1	
316	11/07/1995	ND-0202-1059	VPC-0202-1832	Minera Leonor		1	
322	11/07/1995	ND-0202-1060	ND-0202-1060	Minera Leonor		1	
219	13/02/1998	ND-0202-1061	ND-0202-1061	Minera Leonor		1	
713	26/09/1997	ND-0202-1073	ND-0202-1073	SQM Salar S.A.		1	
122	06/04/2004	ND-0202-1081	ND-0202-1081	El Abra		1	
122	06/04/2004	ND-0202-1082	ND-0202-1082	El Abra		1	
122	06/04/2004	ND-0202-1083	ND-0202-1083	El Abra		1	
185	11/05/1994	ND-0202-1084	ND-0202-1084	Codelco		1	
185	11/05/1994	ND-0202-1085	ND-0202-1085	Codelco		1	
185	11/05/1994	ND-0202-1086	ND-0202-1086	Codelco		1	
185	11/05/1994	ND-0202-1087	ND-0202-1087	Codelco		1	
185	11/05/1994	ND-0202-1088	ND-0202-1088	Codelco		1	
141	07/04/2004	ND-0202-1105	ND-0202-1105	Codelco Norte		1	
141	07/04/2004	ND-0202-1106	ND-0202-1106	Codelco Norte		1	
453	10/07/1996	ND-0202-1125	ND-0202-1125	Soc. Chilena del Litio		1	
604	29/09/2000	ND-0202-1153	ND-0202-1153	Minera Zaldivar		1	
264	19/06/2003	ND-0202-1169	ND-0202-1169	Codelco Norte		1	
141	07/04/2004	ND-0202-1170	ND-0202-1170	Codelco Norte		1	
10	18/04/2008	ND-0202-1191	ND-0202-1191	Codelco		1	
648	04/10/2001	ND-0202-1216	VPC-0203-2080	Minera Escondida Limitada		1	
382	05/06/1996	ND-0202-1219	ND-0202-1219	Minera Zaldivar		1	
853	28/11/1997	ND-0202-1372	ND-0202-1372	Leasing Andino S.A.		1	
122	06/04/2004	ND-0202-1402	ND-0202-1402	El Abra		1	
122	06/04/2004	ND-0202-1403	ND-0202-1403	El Abra		1	
981	24/12/1999	ND-0202-1454	ND-0202-1454	Xstrata Lomas Bayas		1	
584	22/09/2000	ND-0202-1509	ND-0202-1509	Soc. Chilena del Litio		1	
222	02/05/2000	ND-0202-1572	ND-0202-1572	Minera Spence S.A.		1	
80	03/03/2003	ND-0202-1586	ND-0202-1586	Codelco Norte		1	

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
378	21/06/2001	ND-0202-1595	ND-0202-1595	Obras Públicas		1	
267	07/08/2006	ND-0202-1642	ND-0202-1642	Antofagasta Minerals		1	
617	06/11/2003	ND-0202-1807	ND-0202-1807	Inversiones Arlequín Ltda		1	
48	05/02/2004	ND-0202-1864	ND-0202-1864	Minera Leonor		1	
859	03/10/2002	ND-0202-1880	ND-0202-1880	Codelco Norte		1	
80	03/03/2003	ND-0202-2066	ND-0202-2066	Codelco Norte		1	
122	06/04/2004	ND-0202-2067	ND-0202-2067	El Abra		1	
859	03/10/2002	ND-0202-2068	ND-0202-2068	Codelco Norte		1	
2	19/01/2004	ND-0202-2090	ND-0202-2090	Aguas de La Sierra		1	
1	19/01/2004	ND-0202-2105	ND-0202-2105	Aguas de La Sierra		1	
40	12/01/1990	ND-0202-215	ND-0202-215	Codelco		1	
210	15/06/2005	ND-0202-2212	ND-0202-2212	Inversiones D'Etigny S.A.		1	
122	06/04/2004	ND-0202-2234	ND-0202-2234	El Abra		1	
5	19/01/2004	ND-0202-2244	ND-0202-2244	Aguas de La Sierra		1	
3	19/01/2004	ND-0202-2260	ND-0202-2260	Aguas de La Sierra		1	
859	03/10/2002	ND-0202-2265	ND-0202-2265	Aguas de La Sierra		1	
6	19/01/2004	ND-0202-2310	ND-0202-2310	Aguas de La Sierra		1	
162	27/05/2005	ND-0202-2350	ND-0202-2350	Hotelera Atacama Ltda		1	
347	12/12/2008	ND-0202-2362	ND-0202-2362	Exploraciones San Pedro		1	
137	25/04/2006	ND-0202-2370	ND-0202-2370	Exploraciones Mundo S.A		1	
45	07/02/2006	ND-0202-2371	ND-0202-2371	Exploraciones Mundo S.A		1	
47	07/02/2006	ND-0202-2374	ND-0202-2374	Exploraciones Mundo S.A		1	
163	30/05/2005	ND-0202-2382	ND-0202-2382	Juan Carlos Riquelme		1	
436	30/12/2005	ND-0202-2398	ND-0202-2398	Exploraciones Mundo S.A		1	
429	30/12/2005	ND-0202-2399	ND-0202-2399	Exploraciones Mundo S.A		1	
180	01/06/2006	ND-0202-2400	ND-0202-2400	Exploraciones Mundo S.A		1	
434	30/12/2005	ND-0202-2401	ND-0202-2401	Exploraciones Mundo S.A		1	
438	30/12/2005	ND-0202-2402	ND-0202-2402	Exploraciones Mundo S.A		1	
134	25/04/2006	ND-0202-2403	ND-0202-2403	Exploraciones Mundo S.A		1	

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
132	25/04/2006	ND-0202-2404	ND-0202-2404	Exploraciones Mundo S.A		1	
161	27/05/2005	ND-0202-2410	ND-0202-2410	Tomás Poblete Alay		1	
432	30/12/2005	ND-0202-2412	ND-0202-2412	Exploraciones Mundo S.A		1	
435	30/12/2005	ND-0202-2413	ND-0202-2413	Exploraciones Mundo S.A		1	
439	30/12/2005	ND-0202-2414	ND-0202- 2414	Exploraciones Mundo S.A		1	
131	25/04/2006	ND-0202-2415	ND-0202-2415	Exploraciones Mundo S.A		1	
430	30/12/2005	ND-0202-2416	ND-0202-2416	Exploraciones Mundo S.A		1	
135	25/03/1991	ND-0202-248	ND-0202-248	Codelco		1	
108	25/04/2005	ND-0202-2507	ND-0202-2507	Inversiones Solcor Ltda		1	
125	18/04/2006	ND-0202-2513	ND-0202-2513	Valles del Sur S.A.		1	
376	08/11/2005	ND-0202-2542	ND-0202-2542	Alto Atacama S.A.		1	
83	23/03/2006	ND-0202-2551	ND-0202-2551	Inm. Cabo de Hornos Ltda		1	
91	27/03/2006	ND-0202-2602	ND-0202-2602	Ricardo Quiroz Nilo		1	
95	27/03/2006	ND-0202-2628	ND-0202-2628	Kimal S.A.		1	
14	25/09/2008	ND-0202-2697	ND-0202-2697	Ricardo Vilca		1	
246	18/07/2007	ND-0202-2699	ND-0202-2699	Walter Romang		1	
247	18/07/2007	ND-0202-2700	ND-0202-2700	Walter Romang		1	
384	05/11/2007	ND-0202-2702	ND-0202-2702	Inversiones Katari S.A.		1	
250	27/04/2012	ND-0202-2735	ND-0202-2735	SQM Salar S.A.		1	
15	25/09/2008	ND-0202-2738	ND-0202-2738	Steffen Welsch		1	
16	25/09/2008	ND-0202-2808	ND-0202-2808	Terrantai Limitada		1	
17	25/09/2008	ND-0202-2840	ND-0202-2840	Takha Takha S.A.		1	
18	25/09/2008	ND-0202-2845	ND-0202-2845	Humberto Urdangarín		1	
617	30/12/1992	ND-0202-466	ND-0202-466	Codelco		1	
19	25/09/2008	ND-0202-5017	ND-0202-5017	Inv. Principado Ltda		1	
20	25/09/2008	ND-0202-5020	ND-0202-5020	Antonio Ivanovic		1	
242	18/07/2007	ND-0202-5029	ND-0202-5029	Inm. del Inca S.A.		1	
22	19/12/2008	ND-0202-5036	ND-0202-5036	Comité APR San Pedro de Atacama		1	
122	06/04/2004	ND-0202-542	ND-0202-542	El Abra		1	
34	13/01/1994	ND-0202-692	ND-0202-692	Codelco		1	
50	15/02/1993	ND-0202-723	ND-0202-723	Codelco		1	
660	13/09/1996	ND-0202-728	ND-0202-728	Comunidades Atacameñas		1	

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
122	06/04/2004	ND-0202-787	ND-0202-787	El Abra		1	
648	04/10/2001	ND-0202-842	VPC-0203-2080	Minera Escondida Limitada		1	
141	07/04/2004	ND-0202-883	ND-0202-883	Codelco Norte		1	
548	30/07/1996	ND-0202-896	ND-0202-896	Inv. Aqualama Ltda		1	
13	25/09/2008	ND-0203-1032	VPC-0203-5004	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
11	18/04/2008	ND-0203-1033	ND-0203-1033	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
71	10/02/2003	ND-0203-1144	ND-0203-1144	Minera Zaldivar		1	
605	29/09/2000	ND-0203-1455	ND-0203-1455	Minera Escondida Limitada		1	
606	29/09/2000	ND-0203-1456	ND-0203-1456	Minera Escondida Limitada		1	
96	22/02/1991	ND-0203-16	ND-0203-16	Inm. Casamar Ltda		1	
165	03/05/2004	ND-0203-1877	ND-0203-1877	Minera Escondida Limitada		1	
716	05/12/2003	ND-0203-1990	ND-0203-1990	Codelco		1	
356	23/07/2003	ND-0203-1991	ND-0203-1991	Codelco		1	
2	10/01/2003	ND-0203-2033	ND-0203-2033	Codelco		1	
408	14/08/2003	ND-0203-2035	ND-0203-2035	Codelco		1	
408	14/08/2003	ND-0203-2036	ND-0203-2036	Codelco		1	
622	06/11/2003	ND-0203-2159	ND-0203-2159	Aguas Amarilla Ltda		1	
143	21/02/1990	ND-0203-245	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
142	21/02/1990	ND-0203-280	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
194	09/10/1996	ND-0203-293	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
194	09/10/1996	ND-0203-317	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
7	10/01/2008	ND-0203-5004	ND-0203-5004	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
6	10/01/2008	ND-0203-5006	ND-0203-5006	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
5	10/01/2008	ND-0203-5008	ND-0203-5008	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
4	10/01/2008	ND-0203-5011	VPC-0203-5004	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
1	10/01/2008	ND-0203-5018	ND-0203-5018	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
2	10/01/2008	ND-0203-5042	ND-0203-5042	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
3	10/01/2008	ND-0203-5043	ND-0203-5043	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
173	18/08/2010	ND-0203-5058	ND-0203-5058	Minera Meridian		1	
175	18/08/2010	ND-0203-5059	ND-0203-5059	Minera Meridian		1	
469	04/10/1994	ND-0203-509	ND-0203-509	Minera Escondida Limitada		1	
181	25/05/1992	ND-0203-510	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
539	12/11/1992	ND-0203-524	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
1113	24/11/1998	ND-0203-545	ND-0203-545	Soquimich S.A.		1	
71	25/02/1992	ND-0203-557	ND-0203-557	Minera Escondida Limitada		1	
693	13/11/2002	ND-0203-597	VPC-0203-2233	Minera Escondida Limitada		1	
77	05/03/1992	ND-0203-604	ND-0203-604	Minera Escondida Limitada		1	
138	28/03/1994	ND-0203-614	VPC-0203-2079	Minera Escondida Limitada		1	
693	13/11/2002	ND-0203-615	VPC-0203-2233	Minera Escondida Limitada		1	
648	04/10/2001	ND-0203-652	ND-0203-652	Minera Escondida Limitada		1	
648	04/10/2001	ND-0203-653	VPC-0203-2080	Minera Escondida Limitada		1	
648	04/10/2001	ND-0203-654	VPC-0203-2233	Minera Escondida Limitada		1	
184	05/09/2011	ND-0203-675	ND-0203-675	Cía. Minera Providencia		1	
648	04/10/2001	ND-0203-800	VPC-0203-2080	Minera Escondida Limitada		1	
55	26/01/2001	VPC-0202-1832	VPC-0202-1832	Minera Leonor		1	
693	13/11/2002	VPC-0202-2233	VPC-0202-2233	Minera Escondida Limitada		1	
737	12/11/1999	VPC-0203-1688	VPC-0203-1688	Minera Escondida Limitada		1	
647	12/11/1999	VPC-0203-2079	VPC-0203-2079	Minera Escondida Limitada		1	
648	04/10/2001	VPC-0203-2080	VPC-0203-2080	Minera Escondida Limitada		1	
693	13/11/2002	VPC-0203-2233	VPC-0203-2233	Minera Escondida Limitada		1	
656	26/11/2012	VPC-0203-5004	VPC-0203-5004	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
194	09/10/1996	VT-0203-1348	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	

2.2.3.6 Flora y vegetación

La componente flora y vegetación se sistematizó a partir de la información disponible en la plataforma de información territorial de humedales Altoandinos, SITHA, perteneciente al Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN. Como sustento a esta información, la Dirección General de Aguas (DGA) en el estudio "Diagnóstico plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos, Región de Antofagasta", se levantó información del mismo tipo, llegando a resultados similares en cuanto al número y ubicación de los sistemas vegetacionales identificados.

Los resultados de la sistematización, determinaron que del total de sistemas catastrados en los estudios mencionados, 264 sistemas se sitúan por sobre los 2.000 m.s.n.m. A continuación, en la Tabla 2.10, se clasifican estos sistemas por el tipo de alimentación que presentan. El contenido total del catastro, es adjuntado en el Anexo Digital, Sección b_actores públicos.

Tabla 2.10. Resumen del tipo de alimentación de las vegas y bofedales, en la zona de estudio.

Alimentación	Nº Sistemas
Escurrimiento Superficial	188
Agua Subterránea	47
Agua Superficial	29
Total	264

Para dar mayor detalle del sistema de vegas y bofedales, se presenta en la Figura 2.11, la distribución geográfica de éstos en la zona de estudio.

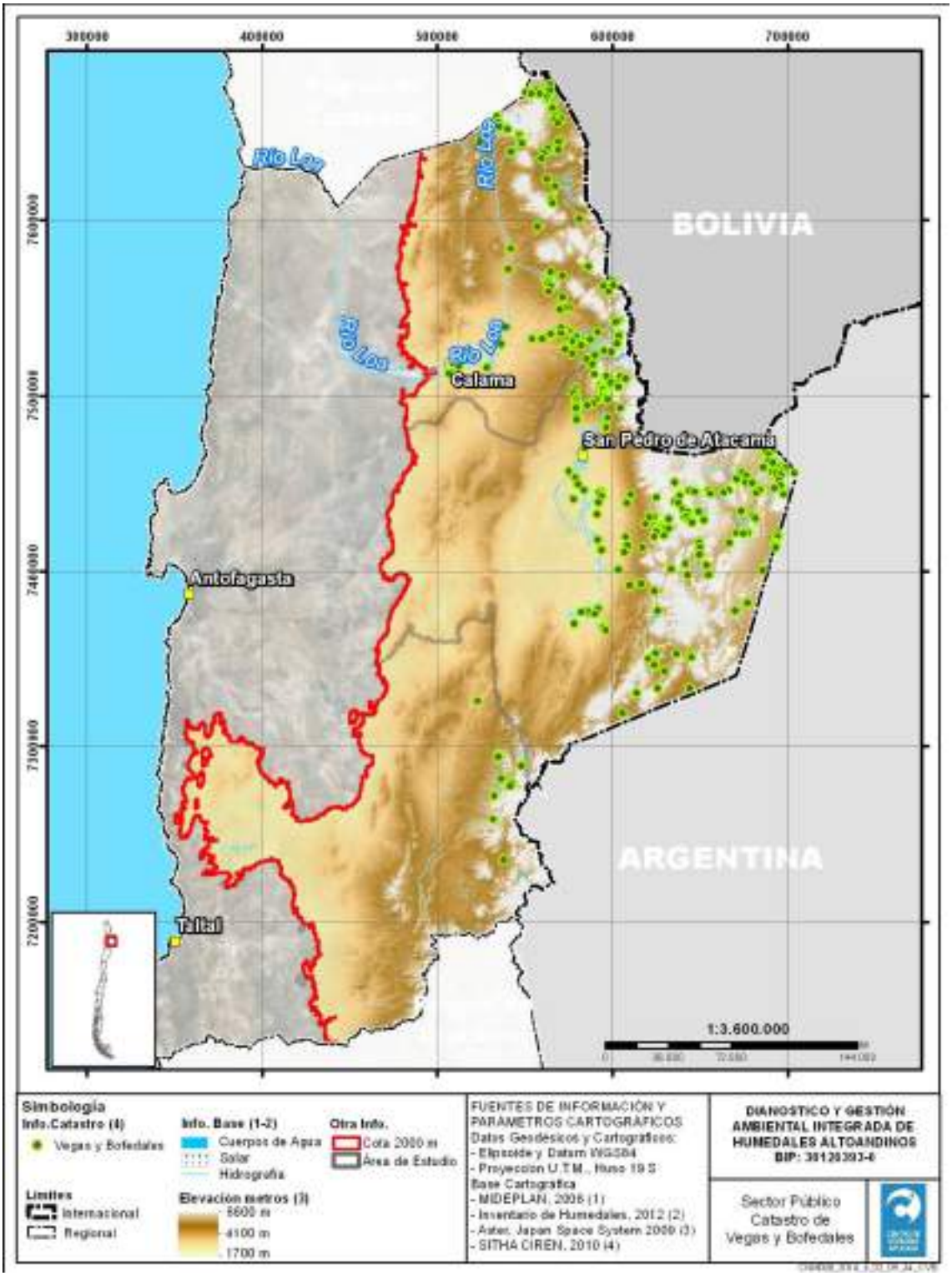


Figura 2.11. Distribución de vegas y bofedales, en la zona de estudio.

Folio007637

2.2.4 Planes de seguimiento sector privado

La sistematización de la información levantada por los distintos actores privados en la región, se definió a partir de la revisión y posterior análisis de la información presente en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Esta información, que hace referencia a las distintas actividades productivas desarrolladas en la región, se filtró de acuerdo a un primer criterio, el cual corresponde a que la localización de los proyectos debe estar sobre los 2.000 m.s.n.m. Como segundo filtro, se definió la actividad productiva que requiere de mayor forma el recurso hídrico, que en este caso corresponde a la minería.

A partir de estos criterios, se analizaron los componentes ambientales monitoreados por cada proyecto, además de los compromisos ambientales adquiridos. A continuación se desglosa el catastro de proyectos mineros y los compromisos ambientales de cada titular.

2.2.4.1 Catastro de proyectos privados

A partir de la recopilación de información desde el sistema electrónico SEIA, y considerando como fecha de corte para el análisis el mes de octubre del año 2013, se analizó el total de proyectos asociados a la actividad minera que tuvieran RCA aprobado, sobre los 2.000 m.s.n.m.

Cabe destacar que los titulares presentes en la región cuentan con una cantidad mayor de proyectos, que pueden estar clasificados en: inmobiliarios, de energía, equipamiento, instalaciones fabriles varias, saneamiento y otras, los cuales no son del interés del estudio, ya que no presentan una incidencia directa en la eventual afectación de los cuerpos de agua.

La cantidad total de proyectos con clasificación minera suman 291, y de estos 134 están por sobre los 2.000 m.s.n.m. siendo aprobados entre los años 1995 y 2013. Estos proyectos se concentran mayoritariamente en tres sectores: el primer sector ubicado al sur de la región aledaños a la mina Escondida; el segundo al oeste del Salar de Atacama entre los 2000 y 2700 m.s.n.m; y el tercero al norte de la región, aledaños a la ciudad de Calama.

Los titulares de estos proyectos corresponden principalmente a CODELCO Chile, Minera Escondida Limitada, Minera El Abra, Compañía Minera Zaldívar, Antofagasta Minerals, Ecometales Limited Agencia en Chile, Minera El Tesoro, SQM Salar S.A, Guanaco Compañía Minera Limitada, Minera Cerro Dominador S.A y Minera Esperanza. El número de proyectos mineros revisados por titular se muestra en la Tabla 2.11, señalando el número de proyectos mineros en la zona de estudio y el total regional de cada titular.

Para mayor detalle, se adjunta en el anexo digital, sección b_actores privados, la información descargada perteneciente a cada proyecto, además de la tabla con la totalidad de los proyectos mineros por sobre los 2.000 m.s.n.m., caracterizando su ubicación en coordenadas UTM, Nº RCA, fecha de calificación y su ID correspondiente, siendo este último, en conexión con las carpetas de documentación.

Folio007638

Tabla 2.11. Número de proyectos mineros sobre los 2.000 m.s.n.m., según titular.

Titular	Nº de Proyectos Mineros sobre 2.000 m.s.n.m.	Nº de Proyectos Otras Actividades o bajo 2.000 m.s.n.m.	Nº de Proyectos Totales
CODELCO	**41**	52	93
MINERA ESCONDIDA LIMITADA	**18**	38	56
MINERA EL ABRA	**7**	5	12
COMPAÑÍA MINERA ZALDIVAR	**6**	3	9
SQM SALAR S.A	**5**	39	44
ANTOFAGASTA MINERALS S.A	**5**	0	5
ECOMETALES LIMITED AGENCIA EN CHILE	**5**	4	9
MINERA EL TESORO	**5**	8	13
GUANACO COMPAÑÍA MINERA LIMITADA	**4**	1	5
MINERA CERRO DOMINADOR S.A	**4**	10	14
MINERA ESPERANZA	**4**	4	8
MINERA CYPRUS AMAX CHILE LTDA.	**2**	-	2
ROCKWOOD LITIO LIMITADA	**2**	5	7
MINERA SANTA FÉ	**1**	-	1
COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	**1**	-	1
COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA ENCUENTRO	**1**	-	1
JUAN ANTONIO IRIBARREN DIAZ	**1**	-	1
MINERA PEREGRINE LIMITADA	**1**	-	1
MINERA ANTARES S.A	**1**	-	1
INVERSIONES NORTH (CHILE) LTDA	**1**	-	1
MINERA CARACOLES	**1**	-	1
SULFATOS DEL NORTE S.A	**1**	-	1
EXPLOTADORA MINERA DEL CERRO S.A	**1**	1	2
MINERA NITTETSU CHILE LIMITADA	**1**	-	1
HECTOR RENE ROJAS BLAMEY	**1**	-	1
MINERA QUIMAL S.A	**1**	-	1
AMAX GOLD DE CHILE LTDA	**1**	-	1
MORTEROS Y ÁRIDOS DRY MIX LTDA.	**1**	1	2
ROBOLISTIC LIMITADA	**1**	-	1
SOCIEDAD DE EXPLORACIÓN Y DESARROLLO MINERO "EXPLODESA"	**1**	-	1
COMPAÑÍA MINERA AMAX GUANACO	**1**	-	1
SOL RESOURCES INCORPORATED	**1**	-	1
BCJ SERVICIOS MINEROS	**1**	-	1

Titular	Nº de Proyectos Mineros sobre 2.000 m.s.n.m.	Nº de Proyectos Otras Actividades o bajo 2.000 m.s.n.m.	Nº de Proyectos Totales
STANDARD UNO S.A	**1**	-	1
XTRATA LOMAS BAYA	**1**	8	9
WMC Chile S.A.	**1**	1	2
CYPRUS CHILE LTDA.	**1**	-	1
MINERA INMET CHILE S.A	**1**	-	1
MINERA ESTRELLA DE ORO LTDA	**1**	-	1
Total general	**134**	180	314

A continuación se presenta la distribución de los proyectos mineros en la zona de estudio .

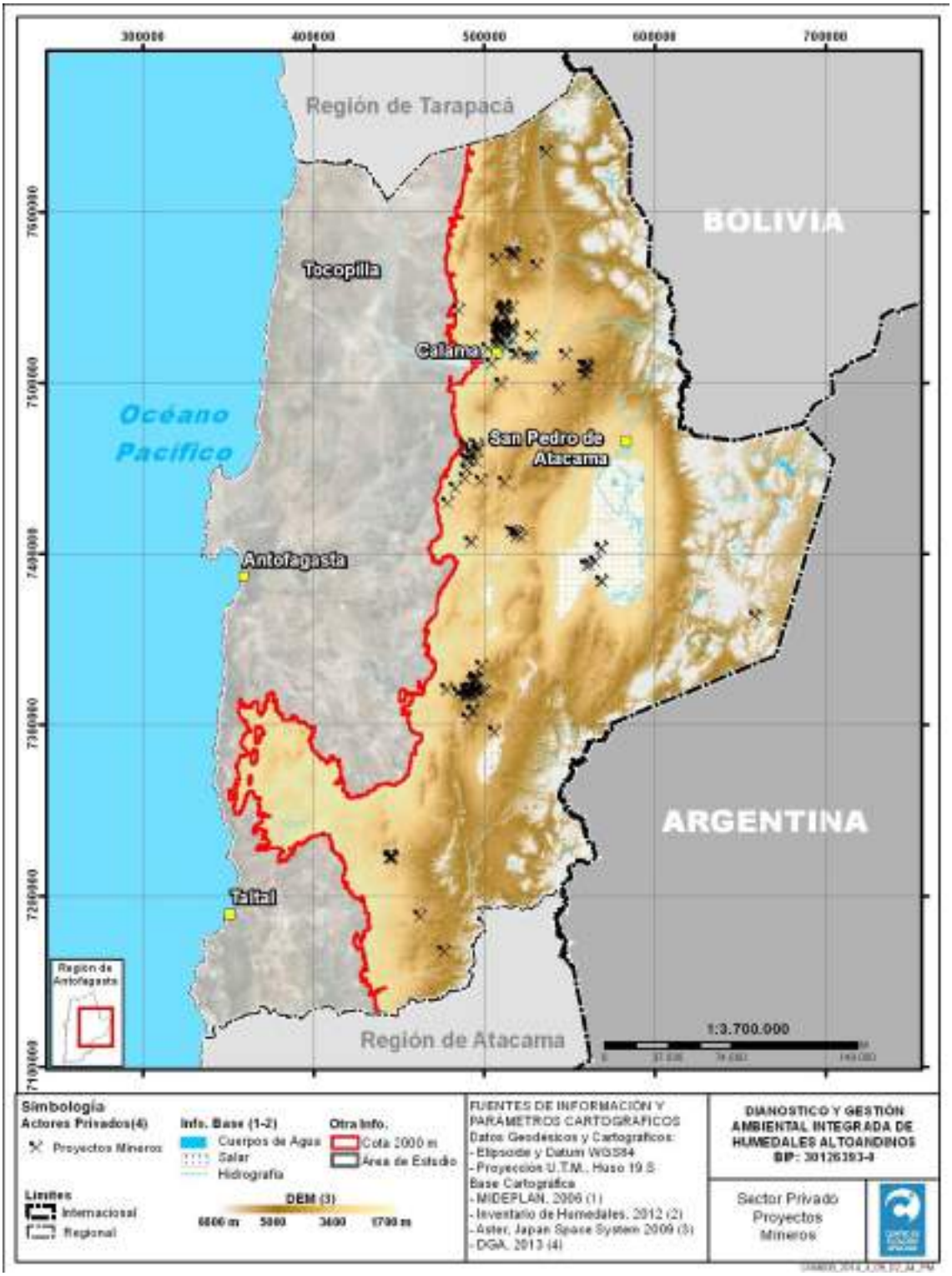


Figura 2.12. Distribución general de proyectos mineros, en la zona de estudio.

Folio007641

2.2.4.2 Compromisos ambientales de proyectos privados

Luego de sistematizar la información, se revisó la Resolución de Calificación Ambiental (RCA), el Informe Consolidado (ICE), Declaración o Estudio de Impacto Ambiental (DIA) o (EIA), las Adendas, y por último, los informes de monitoreo disponibles para cada proyecto en cuestión.

Posteriormente, toda la información de aquellos proyectos que presentaron Planes de Monitoreo Ambiental y/o compromisos voluntarios fue sistematizada en fichas. Cada ficha de proyecto consideró 3 niveles de información, el primero correspondío a las componentes ambientales relevantes para el análisis, en este caso Meteorología y Calidad del aire, Hidrología e hidrogeología, Calidad de agua superficial y subterránea, Calidad de sedimento, Biota acuática, Flora y vegetación y por último Fauna. El segundo nivel de información, está asociado con las etapas del proyecto y los Compromisos Voluntarios. Y el último nivel, está relacionado con once ítems de información descriptiva, tales como puntos de muestreo, tipo de estación, coordenadas, altura, parámetros, metodologías, frecuencia de muestreo, estado operativo, fecha de inicio y termino del monitoreo y por último la frecuencia de entrega a la autoridad. El modelo conceptual de la ficha se muestra en la Figura 2.13 .

Simultáneamente se solicitó a los titulares información por cada proyecto de manera de contrastar la información disponible con lo que actualmente se está realizando. Esta etapa se cerró el 7 de noviembre de 2014, recepcionando la información de 15 titulares, lo cual correspondió al 31% de respuesta.

De este proceso, vale decir que en base a la revisión de información en el SEA y en contraste con la respuesta de titulares, se obtuvieron 49 fichas cuyos proyectos e información se resume en la Tabla 2.12. De forma complementaria, se presenta en las Figura 2.14 a Figura 2.20 la distribución espacial de cada monitoreo y/o compromiso ambiental según proyecto Minero.

Folio007642

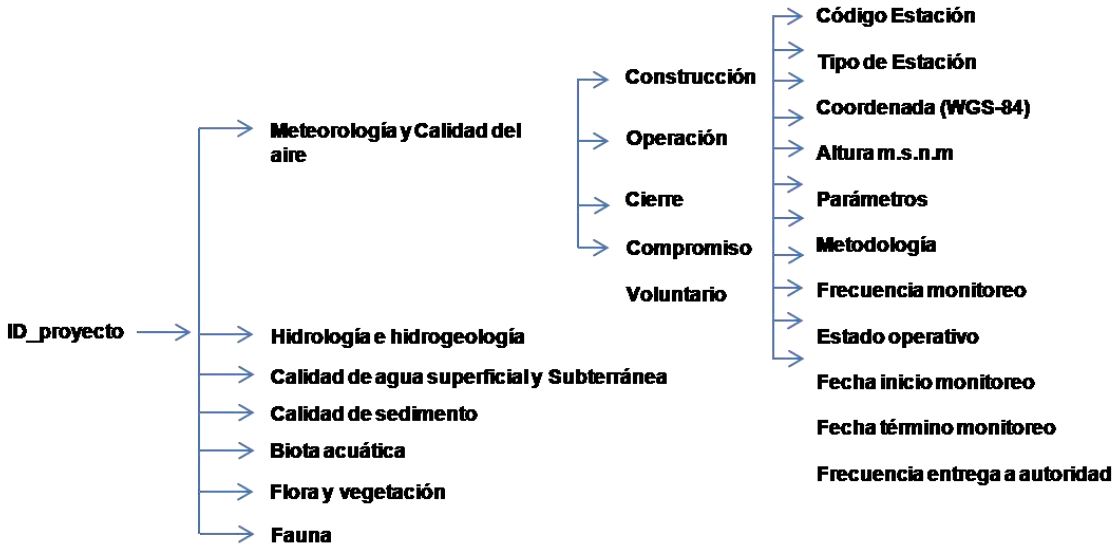


Figura 2.13. Modelo conceptual de cada ficha, según sus tres niveles.

Folio007643

Tabla 2.12. Síntesis de proyectos, según tipo de monitoreo y compromiso ambiental adquirido, indicando número correlativo de proyecto (ID), número correlativo asociado a cartografía proyectos mineros (ID CEA), nombre de proyecto (Nombre), titular, división, número de RCA, y variables monitoreadas en los programas de seguimiento ambiental establecidos en el RCA y los compromisos voluntarios.

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	Nº RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
1	PM -1	Actividad de Exploración Proyecto Mansa Mina	CODELCO	Ministro Hales	087/2001	−Calidad de Agua	−Hidrología e hidrogeología
2	PM -3	Actividades de Prospección Minera en Bloque Cenizas	MINERA ESTRELLA DE ORO LTDA		032/1999	−Calidad de Agua	
3	PM -5	Ampliación de Capacidad de Extracción y Procesamiento de Mineral Sulfurado de Minera Escondida	MINERA ESCONDIDA LIMITADA		0398/2009	−Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología −Fauna	
4	PM -6	Ampliación Lixiviación Secundaria de Ripios	CODELCO	Radomiro Tomic	0132/2012	−Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología	
5	PM -7	Ampliación Planta Santa Margarita	MINERA CERRO DOMINADOR S.A		0082/2008	−Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología	
6	PM -10	Aumento de la Producción de Sulfato de Cobre Cristalizado	SULFATOS DEL NORTE S.A		0217/2005	−Calidad de Agua	
7	PM -11	Botadero de Lastre 2	MINERA EL ABRA		066/2002	−Flora y vegetación −Fauna	−Flora y vegetación −Fauna

Folio007644

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	Nº RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
8	PM -12	Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama	SQM SALAR S.A		0226/2006	−Meteorología −Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología −Biota Acúatica −Flora y Vegetación −Fauna	
9	PM -19	Construcción de Pozas de Evaporación Solar	ROCKWOOD LITIO LIMITADA		092/2000	−Flora y vegetación −Fauna	−Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología
10	PM -24	El Tesoro	MINERA EL TESORO		0031/1997	−Hidrología e hidrogeología −Flora y Vetación	
11	PM -25	Escondida Norte y Plantas de Tratamiento de Aguas	MINERA ESCONDIDA LIMITADA		0277/2001	−Meterorología	
12	PM -26	Expansión Radomiro Tomic	CODELCO	Radomiro Tomic	06/1998		−Hidrología e hidrogeología −Flora y vegetación
13	PM -30	Exploración Minera Andes Centrales II Región	WMC CHILE S.A.		205/2000		−Hidrología e hidrogeología −Flora y vegetación
14	PM -35	Explotación Molienda y Transporte de Sílice en Yacimiento Nancy	HECTOR RENE ROJAS BLAMEY		0080/2002	−Meterorología	−Flora y vegetación

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	Nº RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
15	PM -36	Explotación Subterranea Mina Rulita	MINERA ANTARES S.A		0272/2009		-Calidad de agua −Flora y vegetación
16	PM -43	Gaby	CODELCO	Gabriela Mistral	0010/2003	−Meteorología −Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología −Flora y Vegetación −Fauna	
17	PM -47	Lixiviación de mineral de baja ley, ROM II	MINERA EL ABRA		0068/2005	−Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología	−Flora y vegetación −Fauna
18	PM -48	Lixiviación de Minerales de Baja Ley Dump 2	CODELCO	Radomiro Tomic	0216/2002	−Hidrología e hidrogeología	
19	PM -49	Lixiviación de Minerales de Baja Ley, Dump 2, Fase III	CODELCO	Ministro Hales	0276/2006	−Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología	− Hidrología e hidrogeología
20	PM -50	Lixiviación de Minerales de Baja Ley, Dump 2, Fases IV-V	CODELCO	Ministro Hales	0418/2009	−Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología	
21	PM -51	Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado	MINERA ESCONDIDA LIMITADA		0001/1997	−Meteorología −Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología −Calidad de Sedimento −Biota Acúatica	

Folio007646

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	Nº RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
						−Flora y Vegetación −Fauna	
22	PM -52	Lixiviación de Sulfuros	MINERA ESCONDIDA LIMITADA		0136/2003	−Calidad de agua −Calidad de Sedimento −Biota Acúatica	
23	PM -53	Lixiviación de sulfuros SULFOLIX	MINERA EL ABRA		0114/2008	−Meteorología −Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología −Biota Acúatica −Flora y Vegetación −Fauna	
24	PM -56	Mansa Mina	CODELCO	Ministro Hales	0311/2005	−Meteorología −Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología −Fauna −Flora y Vegetación −Fauna	− Meteorología −Calidad de agua −Flora y vegetación −Fauna terrestre
25	PM -58	Mina El Abra	MINERA EL ABRA		048/1995	−Meteorología −Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología −Biota Acúatica −Flora y	

Folio007647

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	Nº RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
						Vegetación −Fauna	
26	PM -63	Modificación de la lixiviación de depósitos de baja ley, ROM I	MINERA EL ABRA		0224/2007	−Calidad de Agua	
27	PM -64	Modificación Depósito de Ripios	MINERA EL TESORO		0203/2003	−Calidad de Agua	
28	PM -65	Modificación Proyecto El Abra Lixiviación Depósito de Baja Ley (ROM)	MINERA EL ABRA		036/2001		−Calidad de agua −Flora y vegetación
29	PM -68	Modificaciones a las Instalaciones de Manejo y Procesamiento de Mineral Sulfurado	MINERA ESCONDIDA LIMITADA		0345/2013	−Meteorología −Calidad de agua −Fauna	
30	PM -70	Modificaciones Faena Minera Zaldívar	COMPAÑÍA MINERA ZALDIVAR		0047/2010	−Fauna	
31	PM -71	Modificaciones Mina Ministro Hales	CODELCO	Ministro Hales	0240/2010	−Calidad de Agua	
32	PM -75	Optimización Faena Minera Lomas Bayas Pozo CMG-1	XTRATA LOMAS BAYA		298/2001		- Hidrología e hidrogeología -Calidad de agua - Vegetación
33	PM -76	Optimización Integral Concentradora A-2	CODELCO	Chuquicamata	0055/2003		- Hidrología

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	Nº RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
34	PM -77	Optimización Sistema de Conducción y Distribución de Relave en Tranque Talabre	CODELCO	Chuquicamata	126/2000	−Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología	−Hidrogeología e hidrogeología −Calidad de agua
35	PM -79	Pilas Dinámicas de Lixiviación	COMPAÑÍA MINERA ZALDIVAR		0035/2000	−Meterorología	
36	PM-81	Planta de Abatimiento de Arsénico y Antimonio para el Tratamiento de Polvos de Fundición y Efluentes de Refinería	ECOMETALES Limited		0086/2009	−Calidad de Agua	
37	PM -110	Proyecto Esperanza	MINERA ESPERANZA		0212/2008	−Meteorología −Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología −Calidad de Sedimento −Biota Acúatica −Flora y Vegetación −Fauna	
37	PM -115	Proyecto Mina Radomiro Tomic	CODELCO	Radomiro Tomic	0015/1996	−Meteorología −Calidad de agua	
38	PM -119	PROYECTO QUETENA	CODELCO	Chuquicamata	0012/2013	−Meteorología −Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología −Calidad de Sedimento −Biota Acúatica	

Folio007649

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	Nº RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
						−Flora y Vegetación −Fauna	
39	PM -120	Proyecto Reapertura Mina Guanaco	GUANACO COMPAÑÍA MINERA LIMITADA		0251/2009	−Meteorología −Calidad de agua −Flora y Vegetación −Fauna	
40	PM -123	Reinicio de la Operación de la Planta de Renio. Subgerencia de Concentración	CODELCO	Chuquicamata	0301/2010	−Meteorología	
41	PM -124	Santa Margarita	MINERA CERRO DOMINADOR S.A		0008/2004	−Calidad de agua −Hidrología e hidrogeología	
42	PM -130	Transformación Planta de Escorias	CODELCO	Chuquicamata	165/2001	−Hidrología e hidrogeología	
43	PM -134	Tratamientos Ripios Aglomerados Mina Sur	CODELCO	Chuquicamata	385/1995	−Meteorología −Calidad de agua	
44	PM-136	Zaldivar, Aumento de Capacidad	COMPAÑÍA MINERA ZALDIVAR		574/1993	−Meteorología −Hidrología e hidrogeología −Calidad de agua −Flora y Vegetación −Fauna	
45	PM -139	Cuarta Actualización del Proyecto Esperanza - Optimización del Proceso	MINERA ESPERANZA		0358/2013	−Meteorología −Calidad de agua −Hidrología e	

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	Nº RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
						hidrogeología −Calidad de Sedimento −Biota Acúatica −Flora y Vegetación	
46	PM -143	Lixiviación Secundaria de Ripios	COMPAÑÍA MINERA ZALDIVAR		159/2003	−Meteorología −Calidad de agua	
47	PM -144	Modificación del Botadero de Lastre N°2	MINERA EL ABRA		0253/2007	−Flora y Vegetación −Fauna	−Flora y Vegetación - Fauna terrestre
48	PM -147	Proyecto Óxidos Encuentro	COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA ENCUENTRO		0201/2013	−Meteorología −Calidad de agua −Flora y Vegetación	
49	PM -148	Secador Planta Potasa Rockwood Litio Limitada	ROCKWOOD LITIO LIMITADA		0403/2013	−Meterorología	

Folio007651

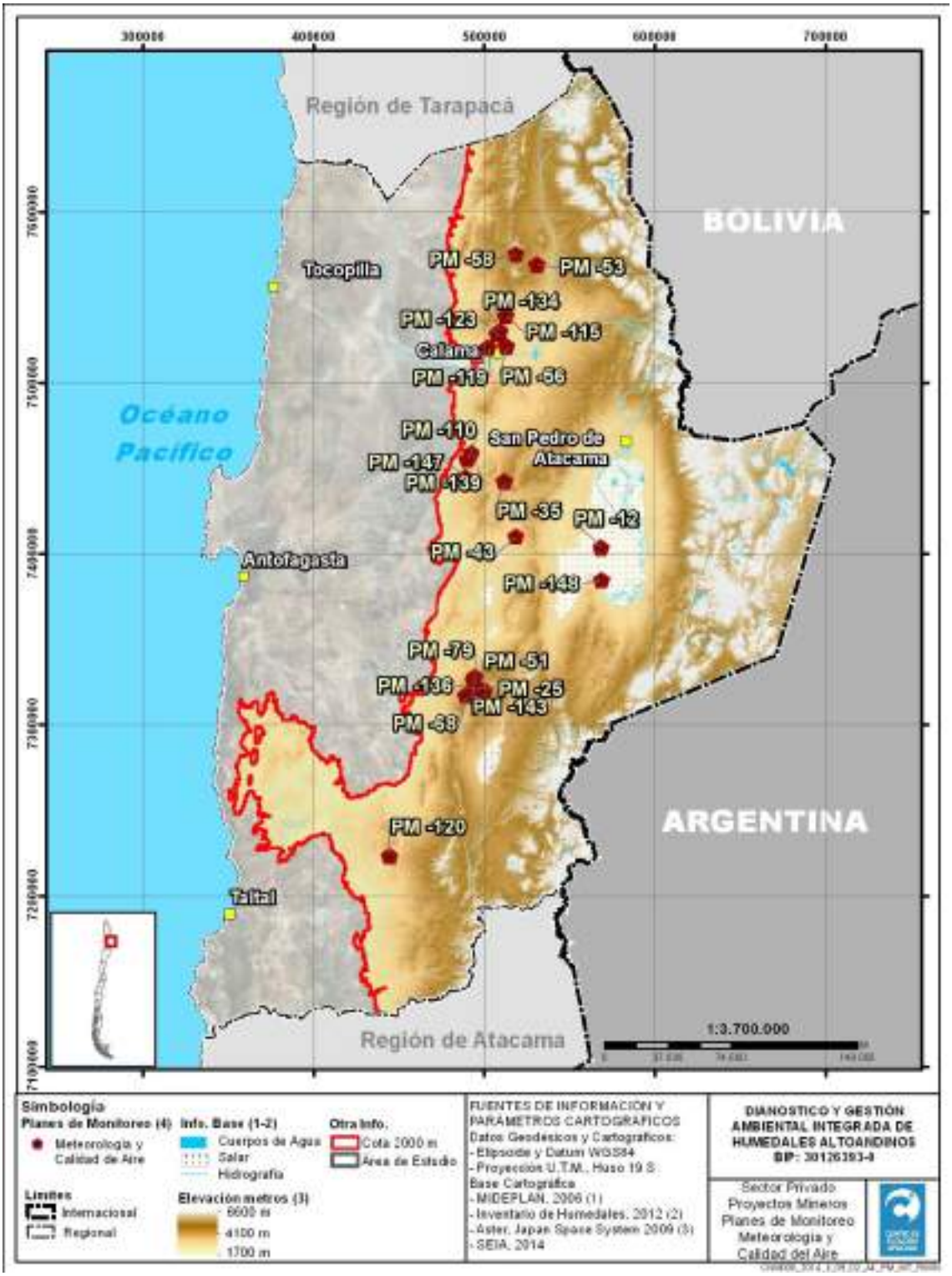


Figura 2.14. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de calidad de aire.

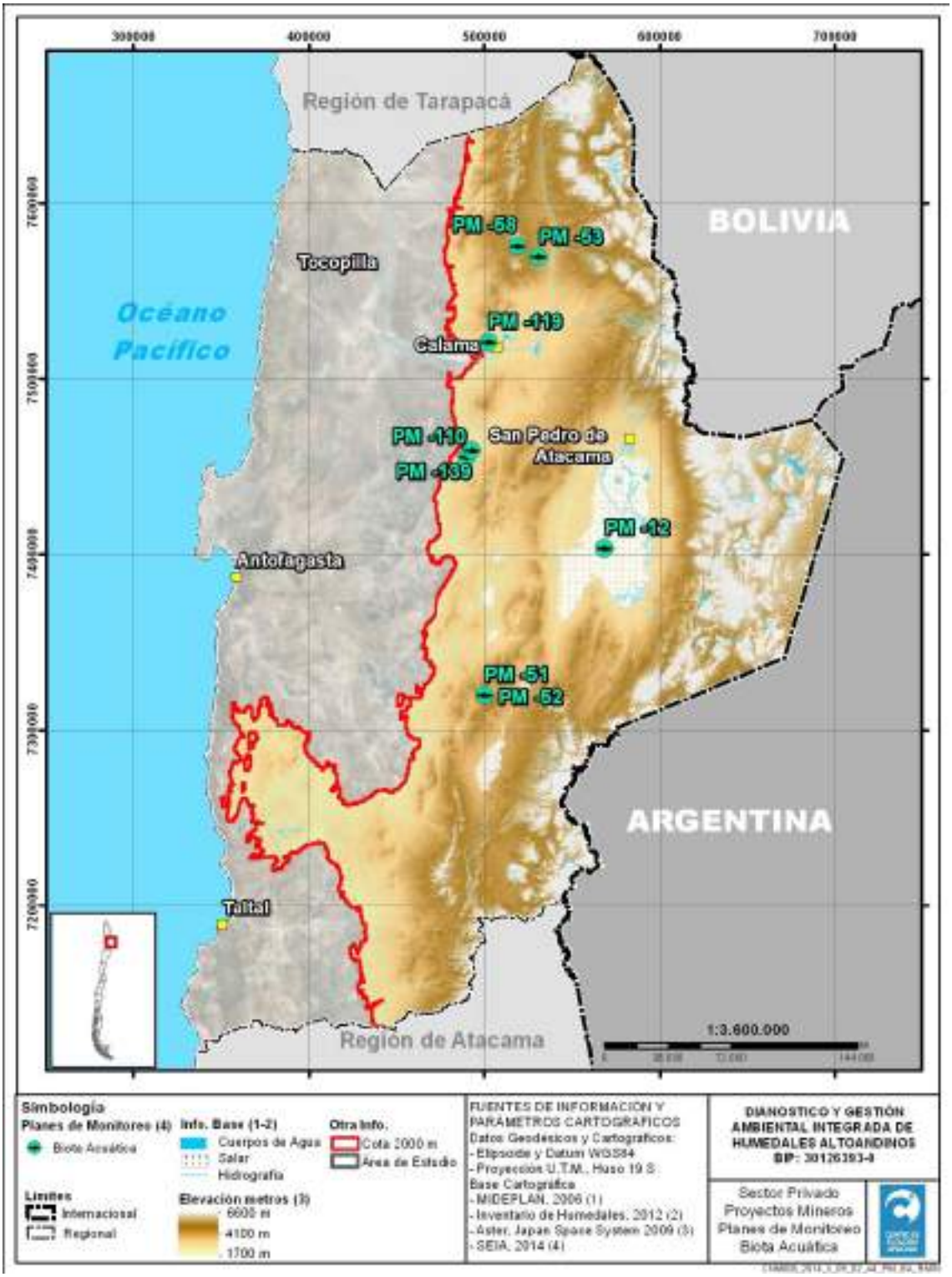


Figura 2.15. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de biota acuática.

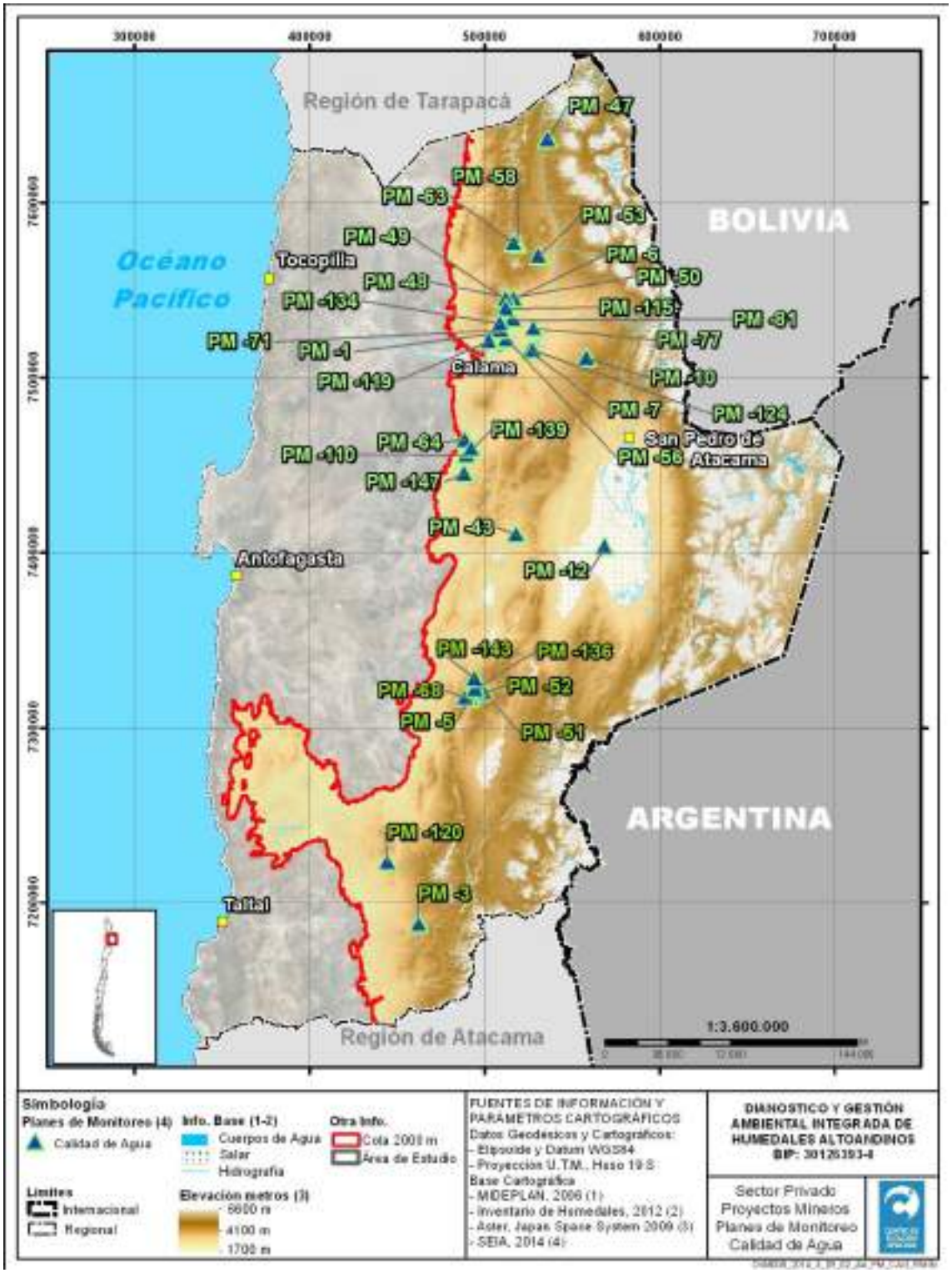


Figura 2.16. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de calidad de agua.

Folio007654

Figura 2.17. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de calidad de sedimento.

Folio007655

Figura 2.18. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de fauna terrestre.

Folio007656

Figura 2.19. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de flora y vegetación.

Folio007657

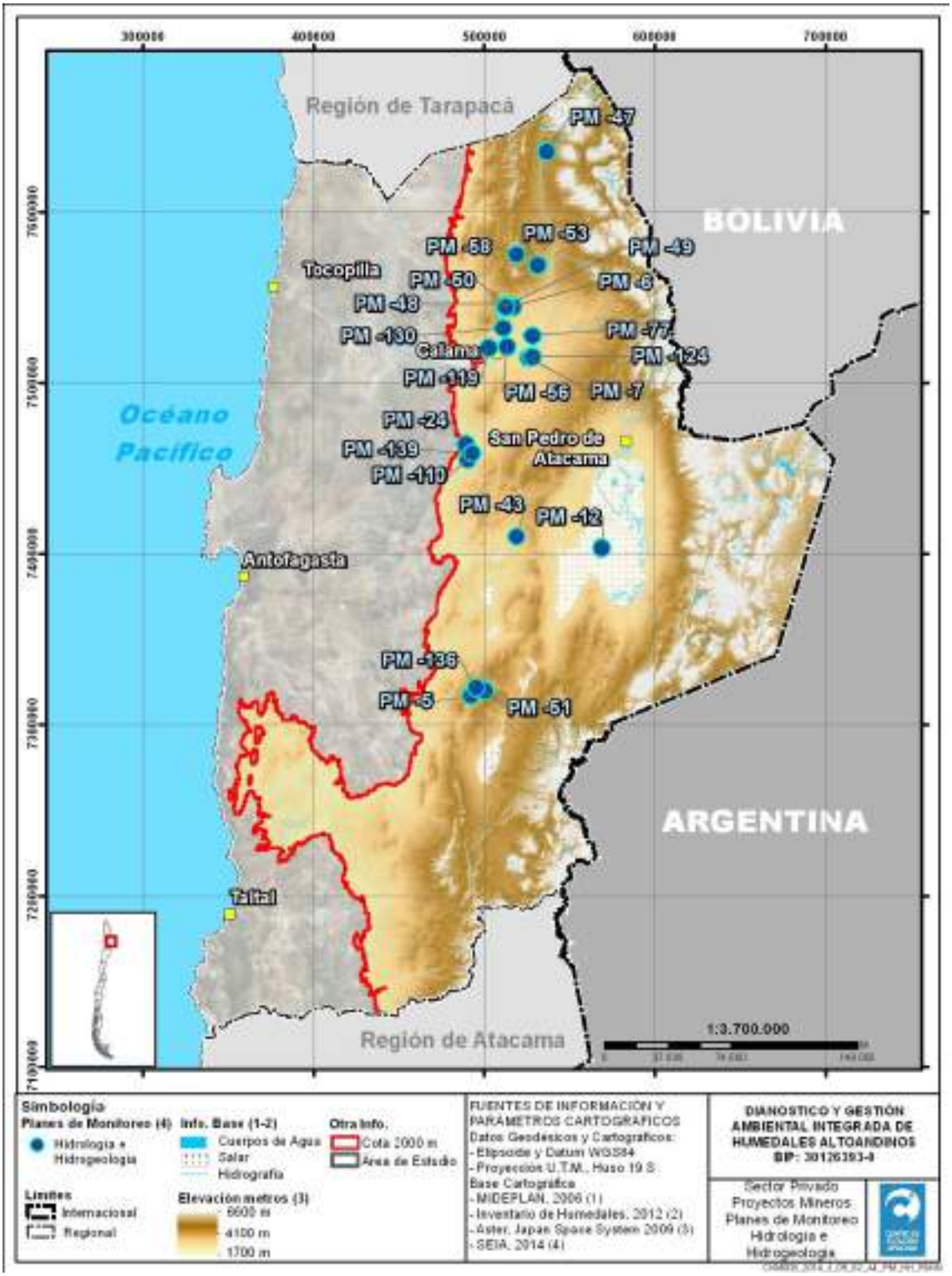


Figura 2.20. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de hidrología e hidrogeología.

Folio007658

CONCEPTUALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO

Folio007659

3 CONCEPTUALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO

En este capítulo se presentan los resultados relacionados con la segunda línea de trabajo asociada a la conceptualización y diagnóstico de los humedales altoandinos emplazados en el área de estudio. Los resultados se relacionan con una caracterización general de la zona de estudio y de los humedales prioritarios desde el punto de vista físico, bioquímico y ecológico; como también, una caracterización espacial y temporal de los humedales a través del análisis de imágenes multiespectrales.

3.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1 Geomorfología

La región del altiplano de la región de Antofagasta se extiende entre los 21ºS y 25.5ºS, con una elevación promedio de 3700 m.s.n.m. Esta zona tiene formaciones geológicas con orientación norte-sur donde se distingue desde el oeste hacia el este la la precordillera de Domeyko, la depresión andina o fosa prealtiplánica y la cordillera prealtiplánica (ver Figura 3.1).

En la fosa prealtiplánica se encuentra la cordillera de la Sal, una pequeña rama de la cordillera de Domeyko, el salar de Atacama y el nacimiento del río Loa. En la cordillera prealtiplánica, por otra parte, se encuentran el volcán Ollagüe (5865 m.s.n.m.), el volcán Linzor (5555 m.s.n.m.) y el volcán Licancabur (5916 m.s.n.m.), entre otros.

3.1.2 Clima

La ubicación latitudinal y la topografía local constituyen los factores determinantes del clima en la región altiplánica. En general esta región tiene clima de aire seco con humedad del orden del 50%. Las temperaturas promedio oscilan en torno a los 0°C, con gran oscilación térmica diaria y estacional, alcanzando valores máximos mayores a 30°C durante el verano (de la Fuente & Niño, 2010), con oscilaciones diarias de más de 30°C (DGA, 2008a). La precipitación, que muestra un marcado carácter episódico, se concentra durante el verano austral (diciembre-marzo), cuando la circulación atmosférica regional favorece la advección de vapor de agua desde la cuenca amazónica (Aceituno, 1996). En el resto del año, cuando la actividad convectiva se ha desplazado hacia la región noroccidental del continente, los eventos de precipitación son escasos (Aceituno, 1996). Además, existe una variabilidad interanual en la precipitación, la cual se asocia con eventos de El Niño Oscilación del Sur (ENSO). Años de Niña (fase fría) tienden a aumentar la precipitación en el región altiplánica, mientras que durante el Niño (fase cálida) ocurre lo contrario (Aceituno, 1996). En cuanto a la variación de la precipitación media anual con la altura, se estima un gradiente de 6 mm cada 100 m de altitud a partir de los 2.250 m.s.n.m., llegando a precipitaciones medias anuales del orden de 250 mm en las zonas más altas (DGA, 2008b). Dado que la zona altiplánica se encuentra mayormente ubicada dentro del Trópico de Capricornio (23.27° S) a alturas sobre los 2000 m.s.n.m., esta región tiene altos niveles de radiación (Aceituno, 1993), la que entre otros factores, determina que en el altiplano existan altas tasas de evaporación, proceso que constituye la principal fuente de pérdida de agua. La tasa media anual alcanza valores de hasta 3.800 mm, concentrándose las mayores tasas en los meses de octubre,

Folio007660

noviembre y diciembre, mientras que en los meses de mayo, junio y julio, se registran las menores tasas de evaporación (DGA, 2008b).

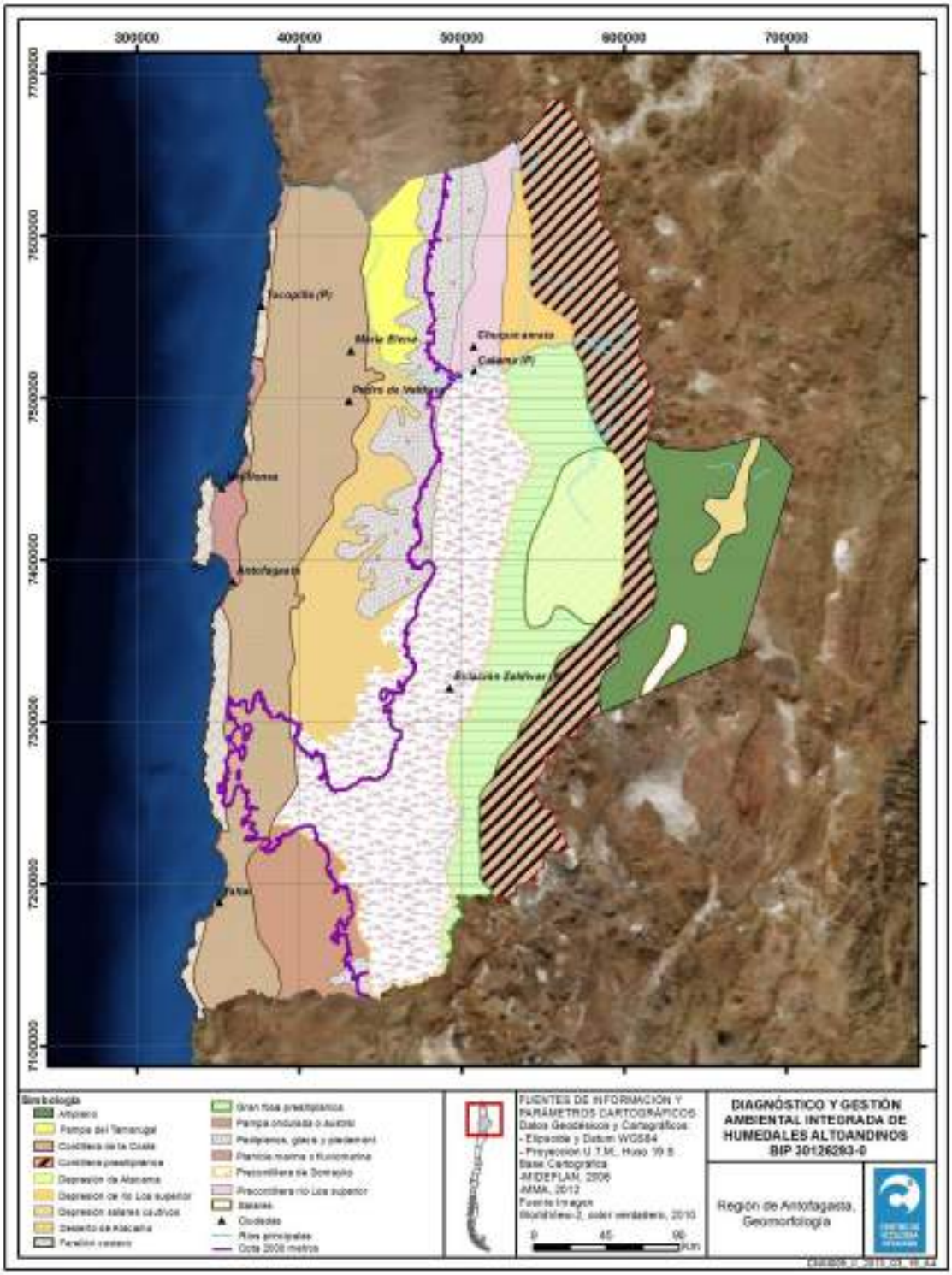


Figura 3.1: Geomorfología de la región de Antofagasta (Fuente: IGM, 2007).

Folio007661

3.1.3 Hidrología

Las características del escurrimiento superficial en la región están determinadas por las condiciones climáticas y geomorfológicas, en donde los cursos de agua permanente son escasos, restringiéndose al sector de la cordillera de los Andes, los cuales en su trayecto al oeste son retenidos por la cordillera de Domeyko. Así, las cuencas hidrográficas son principalmente endorreicas, las cuales debido a la alta tasa de evaporación han formado numerosos salares (DGA, 2004a).

Los únicos ríos de escurrimiento permanente son el río Loa, el río San Pedro y el río Vilama. El río Loa, que constituye el recurso hídrico de mayor relevancia, tiene un largo de aproximadamente 400 km, con un caudal medio anual entre 0,5 y 5 m^3/s. El resto del escurrimiento superficial proviene principalmente del afloramiento de agua subterránea, especialmente en el sector de la fosa prealtiplánica entre la cordillera de los Andes y la cordillera de Domeyko (DGA, 2004a).

El listado de las cuencas ubicadas en la zona de estudio se presenta en Tabla 3.1, mientras que la delimitación espacial se muestra en la Figura 3.2.

Tabla 3.1: Subcuencas en el área de estudio (DGA, 2003).

Código Subcuenca	Nombre
0200	Salar De Ollague
0201	Salar De Carcote
0202	Salar De Ascotán
0210	Rio Loa Alto (bajo junta Rio Salado)
0211	Loa Medio (entre R. Salado y Q. de Barrera)
0230	Cajón
0231	Salar de Tara
0232	Entre Laguna Gucchalajte y Pampa del Lari
0233	Salar de Incaguasi
0234	Salar de Pular
0240	Laguna Parico, Laguna Helada y Salar de Pujsa
0241	Salar de Quisquiro
0242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
0243	Laguna Lejía
0244	Lagunas Miscanti y Meniques
0245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
0246	Laguna de Tuyajto
0247	Salar de Talar y Purisunchi
0248	Laguna del Cabo
0250	Salar de Atacama
0251	Rio San Pedro
0252	Llano De La Paciencia

Código Subcuenca	Nombre
0260	Pampa Elvira
0261	Pampa Jardín
0262	Pampa Mariposa (Norte Cerro Mariposa)
0263	Pampa Mariposa (Sur Cerro Mariposa)
0264	Pampa Colorado
0265	Salar Punta Negra
0266	Pampa de Socompa
0267	Salar de Aguas Calientes y Laguna de La Azufrera
0268	Salar de Pajonales
0270	Quebrada Caracoles bajo junta Quebrada El Buitre
0272	Quebrada San Cristóbal
0274	Quebrada Salar del Muerto
0275	Quebrada Chimborazo
0280	Quebrada Mateo hasta Quebrada Grande
0281	Quebrada Grande
0291	Quebrada de Remedios y Quebrada de Izcuna
0292	Quebradas entre Quebrada de Izcuna y Q. de Guanillos (inclusive)
0293	Quebradas entre Quebrada de Guanillos y Q.de Taltal
0294	Quebrada de Taltal
0296	Quebrada de La Cachina
0310	Quebrada Pan de Azúcar

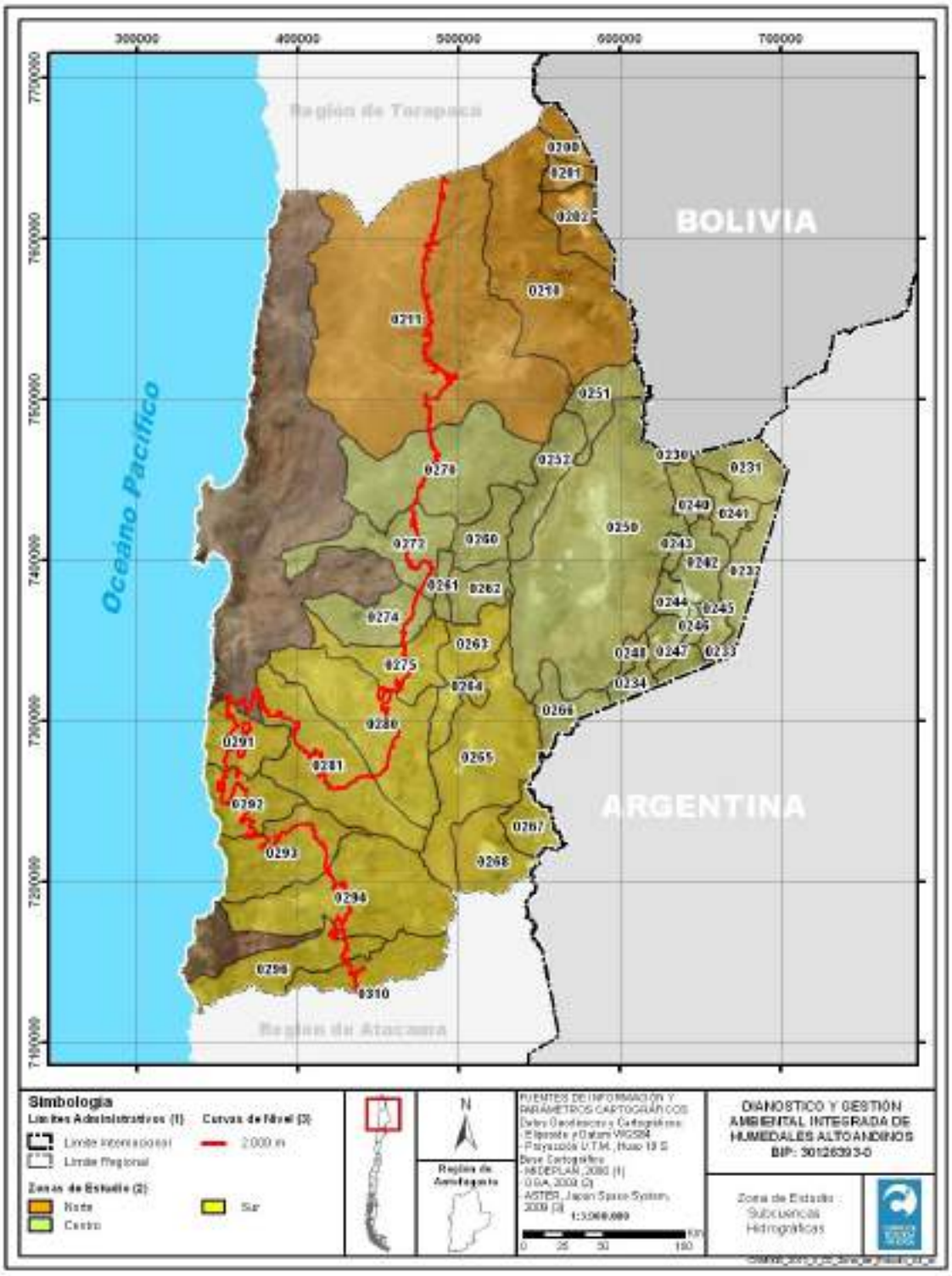


Figura 3.2 : Cuencas hidrográficas en la zona de estudio.

Folio007664

3.1.4 Hidrogeología

En la región altiplánica se identifican cuatro unidades hidrogeológicas, las cuales se clasifican de acuerdo a su permeabilidad en alta, media, media a baja, y muy baja a nula. La unidad hidrogeológica de permeabilidad alta corresponde a rellenos sedimetarios no consolidados, en donde se ubican los acuíferos con mayor potencial hídrico, entre los cuales se encuentran los ubicados en niveles sedimentarios que rellenan las cuencas de los salares de Ascotán, Atacama y Punta Negra y en depósitos ignimbríticos fracturados con intercalaciones de sedimentos clásticos ubicados en la cabecera sur de la cuenca del salar de Atacama, en la parte superior de la cuenca del río Loa y en los valles de los ríos San Pedro y Salado (DGA, 2004a).

Los acuíferos en relleno sedimentario, principalmente los asociados las cuencas de los salares de Ascotán, Atacama y Punta Negra, se presentan libres a semiconfinados, con espesores entre 50 a 200 m. Estos acuíferos son alimentados por aguas lluvias, escorrentía superficial continua o esporádica y escorrentía subterránea que fluye a través de rocas fracturadas que conforman los bordes de las cuencas hidrográficas que los contienen; mientras que la descarga se produce principalmente por evaporación, o en forma artificial por la extracción de pozos (DGA, 2004a).

El estrato más permeable de estos acuíferos de relleno sedimentario, presenta permeabilidades superiores a los 10 m/día. Este estrato de permeabilidad alta presenta un desarrollo restringido, encontrándose circunscrito a las partes bajas de cuencas endorreicas y a los ejes de los valles, dispuesto sobre rocas de distinta permeabilidad que conforman los demás estratos hidrogeológicos (DGA, 2004a). En general, los pozos en estos acuíferos presentan productividades muy elevadas con valores superiores a los 10 m^3/hr/m y niveles estáticos variables entre 0 y 80 m (DGA, 2004a).

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS HUMEDALES ALTOANDINOS

Los humedales son “superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas”, incluyendo la vegetación que los rodea. Los humedales incluyen pantanos, marismas, lagos, vegas, bofedales, salares, pastizales húmedos, turberas y estuarios (MMA, SAG, DGA, 2011).

Los humedales que son parte de los ecosistemas del altiplano, mantienen una diversidad biológica única y se caracterizan por un alto nivel de endemismo, tanto de especies animales como vegetales, terrestres y acuáticas. Los humedales son, además, refugio y zonas de reproducción de una gran cantidad de especies que se encuentran con problemas de conservación, juegan un rol vital en el desarrollo de las cuencas andinas y de los sistemas hidrogeográficos que sostienen actividades de importancia económica y social. Su alta fragilidad está asociada a causas naturales, como el cambio en el régimen pluviométrico y también a causas antrópicas, como son las actividades de drenaje, pastoreo excesivo o alteración en el régimen hídrico (Ahumada et al., 2011).

Estos humedales altoandinos se forman a partir del afloramiento de aguas subterráneas, surgencia que se produce por la proximidad de la napa subterránea a la superficie

Folio007665

terrestre. El agua escurre en forma superficial y/o subterránea hasta el lugar de menor altura de la cuenca, formando lagunas terminales debido a la imposibilidad de escapar de la cuenca. El agua subterránea que aflora es de carácter dulce a moderadamente salina, lo que permite la aparición de estructuras vegetacionales tipo vega y bofedal, entidades extremadamente frágiles por su dependencia del agua (Squeo et al., 2006), la cuales se emplazan a lo largo de los canales formados entre los afloramientos y la laguna terminal. Esta estructura de vegetación tiene patrones de distribución azonal, distribución que se asocia a los suministros hídricos estable y/o permanentes (Ahumada et al., 2009).

Los altos niveles de evaporación, por otra parte, concentran las sales de las aguas afloradas durante su recorrido hacia las lagunas y en la laguna misma. Cuando la salinidad alcanza valores por sobre los 200 g/l aproximadamente, ocurre un fenómeno de precipitación de sales (MMA, SAG, DGA; 2011), formando costras de sal en las orillas de los cursos de agua y en las orillas de las lagunas, pudiendo en algunos casos cubrir toda la superficie del cuerpo de agua. Estos cuerpos de agua salada o salobres se denominan salares y generalmente tienen profundidades muy bajas de unos pocos centímetros (De la Fuente & Niño, 2010).

3.2.1 Sistema de lagunas terminales altiplánicas

Un modelo conceptual simplificado del sistema de lagunas terminales altiplánicas se presenta en la Figura 3.3. Ella presenta un sistema de jerarquización entre los parámetros ambientales físicos, bioquímicos y biológicos, cuya interrelación funcional se explica a continuación.

Las lagunas terminales reciben el agua que fluye tanto en forma superficial (desde los afloramientos) como subterránea hasta el fin de la cuenca, en estas lagunas ocurre evapoconcentración de las sales generando lo que se conoce como salares. Normalmente en los sistemas altiplánicos los afloramientos de agua no ocurren en un único lugar, sino que el agua surge en diferentes puntos haciendo dificultoso cuantificar los volúmenes de agua que afloran a través de mediciones directas. Debido a esto, es que para cuantificar los flujos de agua del sistema se suele hacer un balance de volumen sobre la laguna terminal a la que llegan todos los aportes (DGA-UCN-IRD., 1999a).

Al considerar el balance hídrico sobre la laguna terminal en las cuencas endorreicas, los aportes están dados por el balance hídrico del acuífero, de donde se puede obtener la tasa de afloramiento de agua subterránea. Por otro lado, la principal pérdida de agua en el salar se produce por evaporación. En la evaporación del agua de los salares, participan diferentes componentes meteorológicos como el balance radiativo, el viento y la humedad atmosférica. La evaporación se produce cuando las moléculas de agua alcanzan una energía cinética tal que les permite vencer la atracción de las otras moléculas y pueden escapar a la atmósfera. En primer lugar la energía necesaria para la evaporación es aportada por el intercambio térmico que se produce entre la atmósfera, el agua y también los sedimentos del fondo (De la Fuente & Niño, 2010), esto último debido a la poca profundidad del agua de los salares. Cuando existen sales disueltas en el agua éstas disminuyen la energía libre de las moléculas disminuyendo la evaporación (Lensky et al, 2005), de modo que a mayor salinidad menor es la tasa efectiva de evaporación y por sobre los 200 g/l no habría evaporación (MMA, SAG, DGA; 2011).

Folio007666

Al tener el balance volumétrico de los salares identificado con sus entradas (tasa de afloramiento de agua subterránea y aporte desde canales), salidas (tasa de evaporación) y el volumen de la cubeta definidos (definida por su morfología), entonces se puede obtener el tiempo de retención, la cobertura del espejo de agua y la profundidad de las lagunas. Es importante hacer notar que la precipitación de sales que ocurre en los salares puede cambiar la morfología de la laguna en periodos cortos inclusive dentro de una estación (De la Fuente & Niño, 2010), aunque generalmente se considera que su morfología es estable. El tiempo de retención, por otra parte, corresponde al tiempo que tarda una gota de agua desde que entra al sistema hasta que sale. Este tiempo influye en los procesos bioquímicos que se producen en el sistema acuático, por ejemplo, en la concentración de las sales y su posterior precipitación, la proliferación de microorganismos y la descomposición de materia orgánica.

Por su parte, los procesos bioquímicos que ocurren en las lagunas cambian el contenido de oxígeno disuelto, nutrientes, compuestos inorgánicos, compuestos orgánicos, etc. afectando a la microbiota que vive en las lagunas terminales, en particular a los tapetes microbianos, que como productores primario, constituyen la base de las cadenas tróficas de los sistemas acuáticos altiplánicos (Farías et al., 2013a).

Los tapetes microbianos (“microbial mats”) han sido descritos como comunidades bentónicas estratificadas que se desarrollan en la interfase entre el agua y sustratos sólidos. Estos requieren de un basamento donde establecerse, ya que se constituyen por la unión de los microorganismos a las partículas salinas y de sedimentos clásticos. La granulometría de los sedimentos es importante, dado que de esta depende el drenaje, incluyendo la capacidad de retención de agua y la aireación (Demergasso et al., 2003). Los tapetes microbianos corresponden a agrupaciones de microorganismos fotosintéticos que crecen adheridos en forma de láminas a la superficie del suelo, como organismos bentónicos (Farías et al., 2013a). Son comunidades microbianas multilaminadas, multidimensionalmente reticuladas, que incorporan detritus, minerales y materiales geoquímicos asociados, incluyendo cristales. Los patrones entretejidos pueden formar estructuras concéntricas o laminadas. Los pigmentos como la clorofila, fitocianina y ficoeritrina son frecuentemente detectados por técnicas espectroscópicas y cromatográficas. Ellos pueden producir nuevos minerales y, en ambientes evaporíticos, pueden influir en la química y ecología microbiana asociada (Farías et al., 2013a).

Un ejemplo de los microorganismos que se desarrollan en las lagunas de los salares corresponde a las comunidades de diatomeas bentónicas, éstas responden al aumento de nutrientes, sobre todo nitrógeno y fósforo en el agua mediante cambios en la composición de la comunidad (Pardo et al., 2010).

Cuando los tapetes microbianos empiezan a precipitar minerales, como consecuencia de la actividad orgánica, tenemos un microbialito. Los microbialitos son depósitos que se forman cuando comunidades bentónicas atrapan sedimentos detríticos y/o forman núcleos de precipitación mineral. La formación de microbialitos resulta de interacciones geoquímicas combinadas con litificación mediada por exopolímero de cianobacterias dominantes del tapete microbiano. Los microbialitos pueden variar en la forma (p. ej. columnar, laminar, ramificado, cabezuela) dependiendo de la población microbiana, el ambiente y el grado de laminación (Farías et al., 2013a).

Folio007667

Cuando los microbialitos forman estructuras estratificadas que dejan un registro fósil, entonces, tenemos un estromatolito. Éste nace de la combinación de la acreción de productos y de la interacción de microorganismos, productos microbianos incluyendo exopolisacáridos y sedimentos. Los estromatolitos han sido definidos como estructuras organosedimentarias producidas por captura de sedimento, unión, y/o actividad microbiana de precipitación, principalmente de cianobacterias. Se sabe que ciertas cianobacterias precipitan, capturan, y unen CaCO3 para formar estructuras e inducen la litificación. La precipitación del mineral se produce en forma estratificada. La mayoría de los registros fósiles que se conocen son de CaCO3, pero existen también estromatolitos de yeso (Farías et al., 2013a).

Las evaporitas son rocas sedimentarias que se forman por cristalización de sales disueltas en lagos y mares costeros. La mayoría de los depósitos explotables de yeso y sal común se han originado de esta manera. Cuando ocurre un proceso de evaporación y precipitación rápida en un ambiente polimíctico, predomina la precipitación de yeso como selenita. Los ambientes evaporíticos se caracterizan por que la evaporación supera el ritmo de aporte de agua, resultando en elevadas concentraciones de cationes y aniones, que son más altos que en los sistemas oceánicos. En estas condiciones se forman las evaporitas que son rocas sedimentarias que se constituyen a partir de procesos de evaporación, están compuestas principalmente por yeso y halita (sal). Los microorganismos que habitan suelos salinos están expuestos a estrés osmótico entre otros; lo que los lleva a buscar refugio en las evaporitas. Tal estilo de vida endolítico, ofrece suficiente cantidad de nutrientes, humedad y protección para la supervivencia, según sostuvo Stivalleta en 2012. La hipótesis es que los microorganismos influenciarían a su vez las evaporitas dándoles una forma redondeada parecida a un microbialito o estromatolito (Farías et al., 2013a).

Los flamencos, por otra parte, se alimentan de estos tapetes microbianos, de hecho en diferentes estudios se ha registrado que prefieren alimentarse en lugares específicos de los humedales que habitan, lo que ha sido explicado en el hecho que necesitan alimentarse de microorganismos que tengan un tamaño dentro de un cierto rango, el cual tiene relación con la forma de sus picos, el que actúa como un filtro (Hulbert and Chang 1983; Mascitti and Kravetz, citado en De la Fuente & Niño 2010). Así se puede ver como las comunidades de flamencos son indirectamente afectadas por cambios en los nutrientes y demás parámetros bioquímicos del agua de las lagunas, ya que estos cambios pueden afectar la composición de las comunidades microbianas. Además, los Flamencos utilizan los ecosistemas formados por los salares para construir sus nidos dentro de las lagunas, en islotes que ellos mismos levantan con barro y vegetación acuática para protegerlos de ataques de predadores como los zorros (Hulbert and Keith 1979, citado en De la Fuente & Niño 2010; Mascitti & Nicolossi, 1992), de modo que el agua de la laguna debe ser lo suficientemente profunda para impedir el paso de predadores, pero sin inundar los nidos cuya parte más alta queda aproximadamente 20 cm por sobre la superficie (Mascitti & Nicolossi, 1992). Cambios en la profundidad del agua de las lagunas podrían afectar su comportamiento y hacerles escoger otros lugares para nidificar.

Folio007668

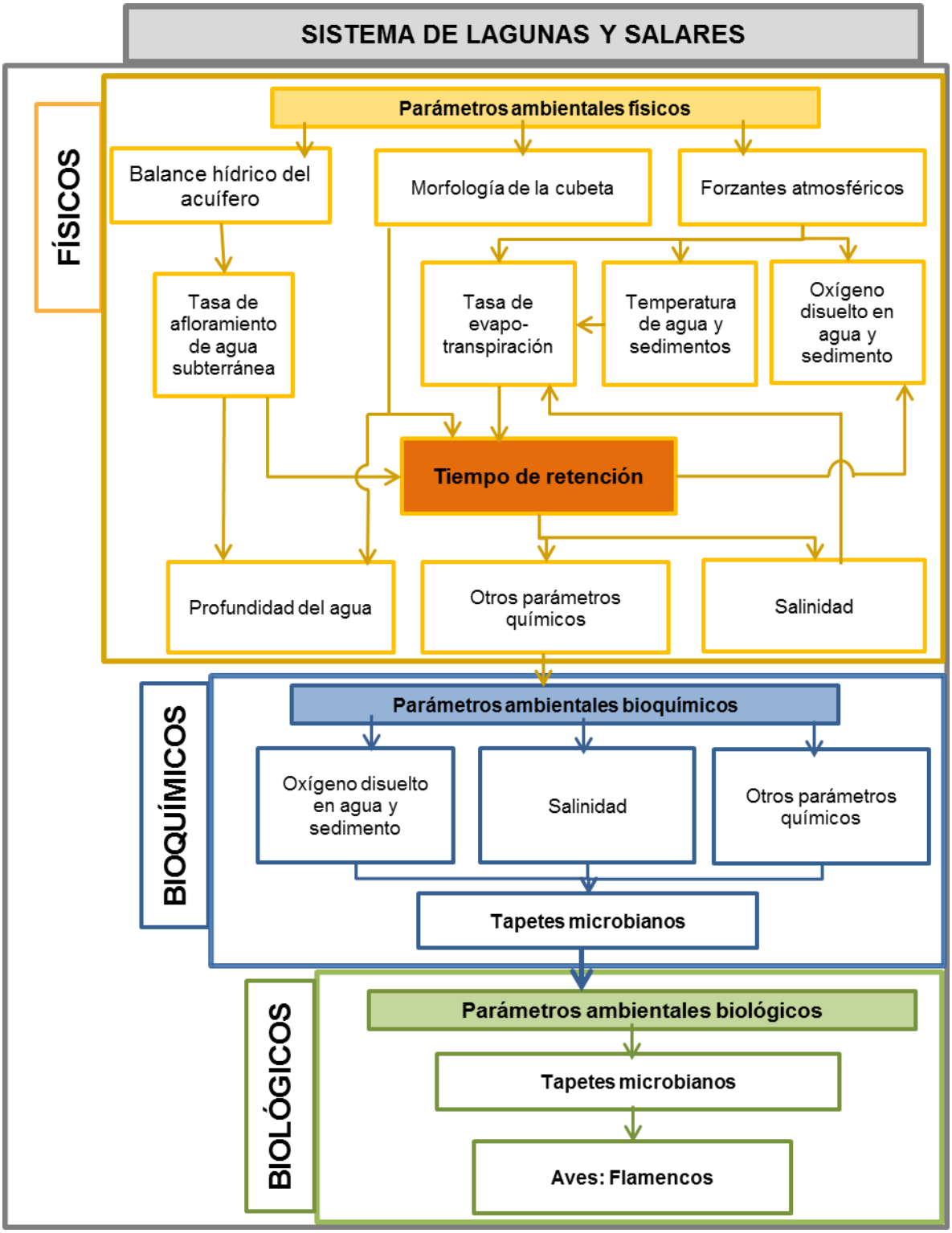


Figura 3.3. Modelo conceptual simplificado de sistema de lagunas y salares altiplánicos (Adaptado de CEA, 2013).

Folio007669

3.2.2 Sistema de canales altiplánicos

Un modelo conceptual simplificado del sistema de canales altiplánicas se presenta en la Figura 3.4, la cual presenta un sistema de jerarquización entre los parámetros ambientales físicos, bioquímicos y biológicos, cuya interrelación funcional se explica a continuación.

Como se ilustró anteriormente, la alimentación de agua en los canales altiplánicos proviene de los afloramientos de agua que ocurren en las zonas más altas de las cuencas, formando canales que conducen el agua hasta las lagunas terminales de la cuenca cerrada. Se genera un sistema balanceado hídricamente entre el agua que es aportada en forma subterránea, a través de nuevos afloramientos, el agua que escurre por el cauce y el agua que se va a la atmósfera por evapotranspiración. En este sentido, la evapotranspiración considera dos procesos que ocurren en el área con vegetación de los humedales, por un lado la evaporación del agua contenida en el suelo y en el canal mismo, y por otro lado, la transpiración de la vegetación. Desde los tejidos de la planta, el agua se libera hacia la atmósfera con un mecanismo llamado estoma que permite regular la cantidad de agua que es liberada, la que depende del suministro de agua, las necesidades hídricas (que van cambiando de acuerdo al estado de desarrollo de la planta), la salinidad del suelo y las condiciones meteorológicas, es decir, la radiación solar neta, la temperatura del aire, el gradiente de presión de vapor, la humedad del aire y la velocidad del viento (FAO, 2006).

Así, el balance hídrico del acuífero determinará la tasa de afloramiento de agua por el canal y esto en conjunto con la morfología del cauce y la cobertura y tipo de vegetación, determina el tiempo de retención. La morfología del cauce está directamente influenciada por la vegetación que crece en el cauce, tanto la que está sumergida (vegas y bofedales) como la que crece en las riveras (pajonales). La vegetación cambia el volumen de la cubeta del canal cambiando el área inundada, afectando la rugosidad, la que cambia las velocidades de escurrimiento y la altura del agua. El tiempo que demora el agua en escurrir por el canal influye directamente en las reacciones físicas y químicas que se producen en el canal, cambiando las concentraciones de químicos, salinidad y nutrientes, influyendo a su vez en la distribución y la cobertura de la vegetación, de modo que la morfología del cauce se vuelve dinámica.

Folio007670

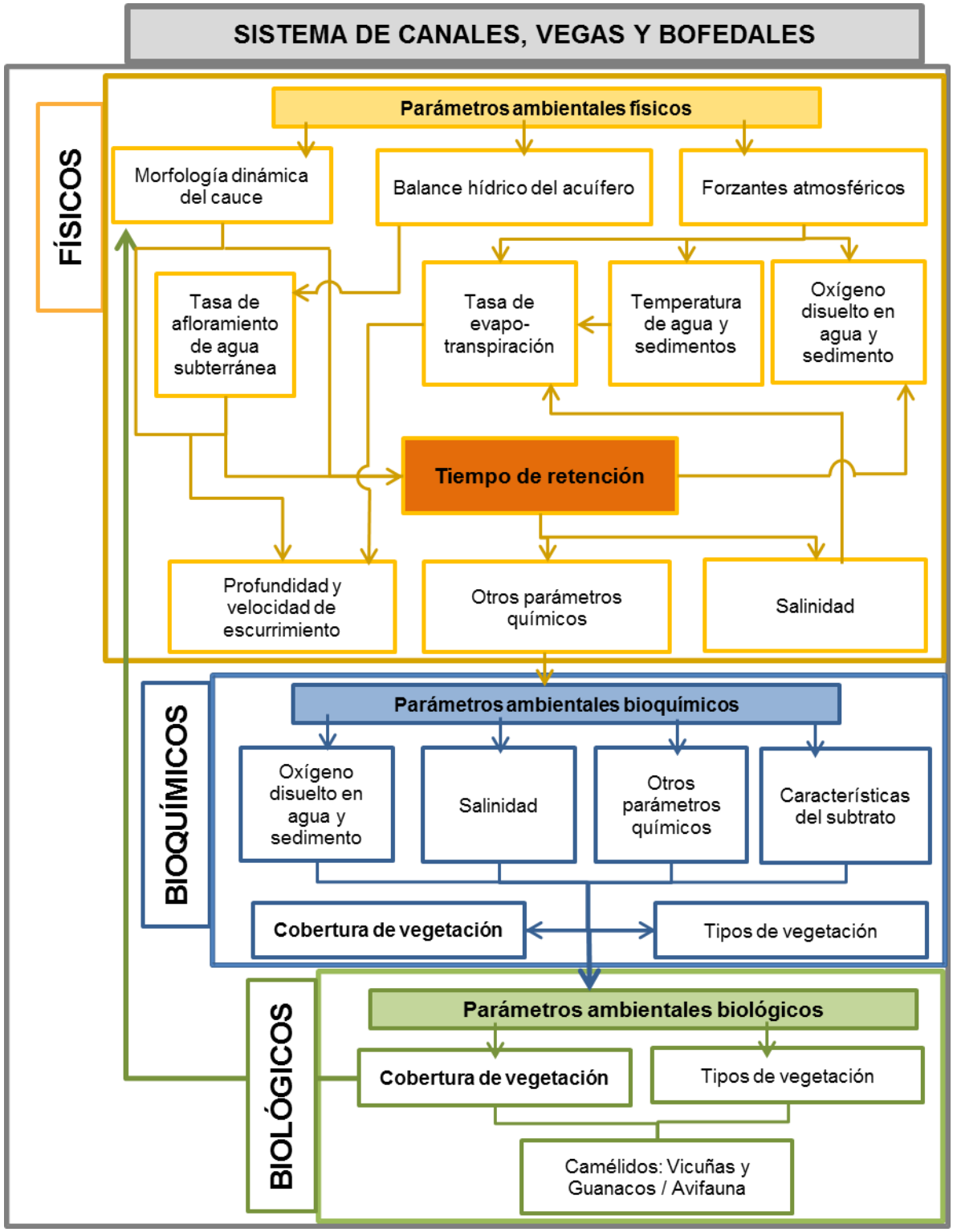


Figura 3.4. Modelo conceptual simplificado de sistema de canales altiplánicos, vegas y bofedales (Adaptado de CEA, 2013).

Folio007671

En los humedales altoandinos de cuencas endorreicas la evaporación a lo largo del canal genera un gradiente de salinidad entre el área de afloramiento y la laguna terminal, lo que junto con las características del substrato y el nivel freático determina el asentamiento de diferentes tipos de especímenes vegetacionales y faunísticos que hacen uso de la vegetación. La salinidad, por otra parte, es el contenido de los iones sodio, calcio, magnesio, potasio, bicarbonato, sulfuro y cloro, pero por la dificultad de medir este contenido en terreno se suele utilizar la medición de la conductividad eléctrica como un índice de la salinidad. Sin embargo, la conductividad eléctrica depende de la proporción en la que se encuentren estos iones y también de la temperatura y presión a la que es medida. Es importante tener en cuenta que las plantas responden en forma primaria a la salinidad más que a las concentraciones y proporciones individuales de iones (FAO, 1992). El ion sodio contenido en el agua que hidrata las plantas puede afectar las propiedades del suelo. Cuando la salinidad es baja y el pH es alto, el ion sodio (Na) se intercambia con los iones magnesio (Mg) y calcio (Ca) que son constituyentes del suelo. Esto provoca que la estructura del suelo se degrade haciéndolo más compacto y duro en condiciones secas, reduciendo su permeabilidad. El indicador que se puede observar para conocer el contenido de Na en relación al Ca y Mg es la Relación de Absorción de Sodio (RAS) (FAO, 1992).

Un aumento de la salinidad en la zona radicular (independientemente de la composición de los iones) provoca una disminución del crecimiento de la planta, ya que baja la producción de células de recambio. La principal hipótesis que se maneja al respecto es que la planta debe gastar más energía en adquirir el agua del suelo y ya no la utiliza en crecer (FAO, 1992). Existe un umbral de tolerancia a la salinidad, el que dependerá de las necesidades hídricas de la planta, lo que toma mayor importancia en sectores de clima seco y con altas tasas de evapotranspiración.

Respecto de los sistemas vegetacionales en canales altiplánicos, en términos generales existen 2 tipos de sistemas de vegetación, los sistemas zonales y los azonales. La vegetación zonal es la que está adaptada a condiciones propias del clima de la zona. En el altiplano esto se traduce en especies que sobreviven en ambientes muy secos, donde aprovechan la escasa precipitación durante su estado activo y se mantienen en condición de latencia durante la época de sequía. La vegetación azonal, por otra parte, es aquella vegetación cuya distribución responde a condiciones locales de suelo, humedad o cualquier característica particular que condicione su presencia sin tener un patrón continuo de distribución. En los humedales, la vegetación que depende del agua de los afloramientos de agua subterránea se denomina “Vegetación Azonal Hídrica”, ya que depende de un suministro permanente y constante de agua para sobrevivir (SAG, 2009).

La zona del altiplano chileno corresponde a Estepa Andina de Puna Seca y dentro de esta región la vegetación azonal hídrica es de 3 tipos: bofedal, pajonal hídrico y vega, los cuales se distribuyen según sus requerimientos hídricos (MMA, SAG, DGA; 2011). En la vega, la vegetación se dispone como un césped parejo, mientras que el pajonal húmedo está compuesto por especies de crecimiento cespitoso con pastos muy duros y toscos con alturas mayores a 40 cm (SAG, 2009). Los bofedales, por otra parte, son sistemas de vegetación totalmente cubierta de agua donde hay formación de cojines en forma semiglobosa de apariencia pareja en superficie (SAG, 2009). Estas formaciones vegetacionales pueden darse con aportes hídricos salinos y no salinos, sin embargo, en los salinos el aporte hídrico necesario para mantener la vegetación es mayor (SAG,

Folio007672

2009). En la Tabla 3.2 se describen las tolerancias de las formaciones vegetacionales no salinas, para aguas con mayor contenido salino, la estructura se considera salina.

Tabla 3.2. Clasificación de Sistemas Vegetacionales Azonal Hídrico Altoandinos (SVAHT).

Tipo de Humedal	Característica	Salinidad	Aporte Hídrico	Arquitectura Crecimiento
Bofedal	Altoandinos: superior a los 3500 msnm	**No salino**: afloramientos < a 5%	Saturación de sustrato permamente	Crecimiento de especies no cespitoso: cojín. Pastos bajos de crecimiento muy compacto.
		Salino: afloramientos > a 5%	Saturación de sustrato permamente	
Pajonal Hídrico	Altoandinos: superior a los 3500 msnm	**No salino**: afloramientos < a 30%	Saturación de sustrato época estival	Con crecimiento cespitoso, forman champa de altura mayor de 40 cm.
		Salino: afloramientos > a 30%	Saturación de sustrato época estival	
Vega	Baja y Mediana Altitud: bajo los 3500 msnm	**No salino**: afloramientos < a 20%	Contenido de agua del sutrato al menos en capacidad de campo en época estival	Especies rizomatosas formando un césped corto con alturas inferiores a los 40 cm
		Salino: afloramientos > a 20%	Contenido de agua del sustrato bajo o completamente saturado	
	Altoandinas: superior a los 3500 msnm	**No salino**: afloramientos < a 20%	Contenido de agua del sutrato al menos en capacidad de campo en época estival	
		Salino: afloramientos > a 20%	Contenido de agua del sustrato bajo o completamente saturado	
Ripariano	Asociado a las riberas de los cursos de agua y régimen lótico	**No salino**: afloramientos < a 20%	Curso de agua temporal solo en época estival	Especies con crecimiento variable, forman estratas y alturas variables
			Permanente	
		Salino: afloramientos > a 20%	Agua temporal solo en época estival	
			Permanente	

Folio007673

Las condiciones climatológicas y morfológicas en donde se encuentran los humedales altiplánicos hace que se conviertan en un "hot-spot", es decir un punto con alta concentración de biodiversidad (MMA, SAG, DGA, 2011). Estos lugares cobran importancia ya que la vegetación permite la aparición de diferentes tipos de especímenes faunísticos que aprovechan los humedales para bebida, caza y nidificación (Risacher et al, 1999). Dentro de las especies de mamíferos presentes en la zona de los humedales los mayores son las Vicuñas y Guanacos. Estas especies pastorean en la vegetación presente en los humedales del sistema de canales de la zona de estudio (CONAF, 2009; CONAF, 2011a; CONAF, 2011b), beneficiándose directamente de la salud del sistema.

La Vicuña (*Vicugna vicugna*) tiene su hábitat en las altiplanicies andinas desde los 3800 a los 4600 m.s.n.m. (Torres, 1983). Los Guanacos (*Lama guanicoe*) en cambio, se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 5200 m.s.n.m. (de Lamo, 2011) adaptándose a una gran diversidad de ambientes que van desde el altiplano del Perú (8° S) hasta la Patagonia (55° S) incluyendo tierra del fuego (González, 2006).

Los Guanacos son catalogados como herbívoros oportunistas, es decir, son capaces de alimentarse de muchos tipos de plantas, desde plantas cactáceas en la zona costera del norte de Chile, hasta hojas de árboles en la Patagonia. Cuando hay disponibilidad prefieren alimentarse de plantas herbáceas nativas. Su adaptación a los climas extremos que habita se debe en parte a su capacidad para digerir lentamente la vegetación de baja calidad absorbiendo de mejor forma sus nutrientes, además su cuerpo utiliza el agua con eficiencia de modo que puede pasar periodos sin beber agua (Gonzales, 2006; de Lamo, 2011). Las Vicuñas, en cambio, necesitan beber agua diariamente, de modo que su conducta y por tanto su distribución está condicionada a la obtención de ese recurso (normalmente no se encuentran a más de 1,6 km del agua; Vilá, 1999). Cuando están en ambientes ricos en agua y con abundancia y buena calidad de alimento, gastan mayor tiempo en otras actividades, este comportamiento se ha explicado porque son capaces de suplir más rápido sus necesidades alimenticias (Vila & Cassini, 1993, referenciado en Vilá, 1999). Pero en general gastan entre un 70% a un 90% del tiempo pastoreando (Vila & Cassini, 1994, referenciado en Vilá, 1999), por lo que prefieren lugares donde la vegetación es de mayor contenido nutricional como es el caso de las vegas y bofedales (Vilá, 1999) que como se explicó se encuentran en lugares de afloramiento de agua subterránea.

Es importante destacar que las Vicuñas tienen sus órganos adaptados para alimentarse de la vegetación xerófila que crece en la zona altiplánica y de la puna, realizando un "pastoreo de bajo impacto" al compararse con especies introducidas. Esta especie no arranca la vegetación, sino que la corta por medio de sus incisivos superiores. Además, seleccionan partes de la planta para alimentarse. Otra adaptación importante de mencionar es que las patas de las vicuñas tienen yemas blandas que no destruyen el suelo delgado de la vegetación (Vilá, 1999).

Folio007674

3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS AREAS PRIORITARIAS

Sobre el sustento de la base de la revisión de antecedentes, se elaboró una síntesis de la información relacionada con cada uno de los humedales prioritarios indicados anteriormente, cuyas fichas se presentan en las secciones siguientes.

En relación al estado de conservación de la flora y fauna presentes en cada ficha de cada sitio prioritario, es importante señalar que se utilizó la información contenida en el DS N° 29, de 2011 de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; del Ministerio del Medio Ambiente; Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según su Estado de Conservación. Se consideraron todas sus actualizaciones, contenidas en decretos generados en el marco del Reglamento de Clasificación de Especies, estos son: DS Nº 151 de 2007, DS Nº 50 de 2008, DS Nº 51 de 2008, DS N° 23 de 2009 y DS N° 33 de 2012, DS N° 13 de 2013, todos de MMA.

Folio007675

3.3.1 Cuenca Río Loa Alto

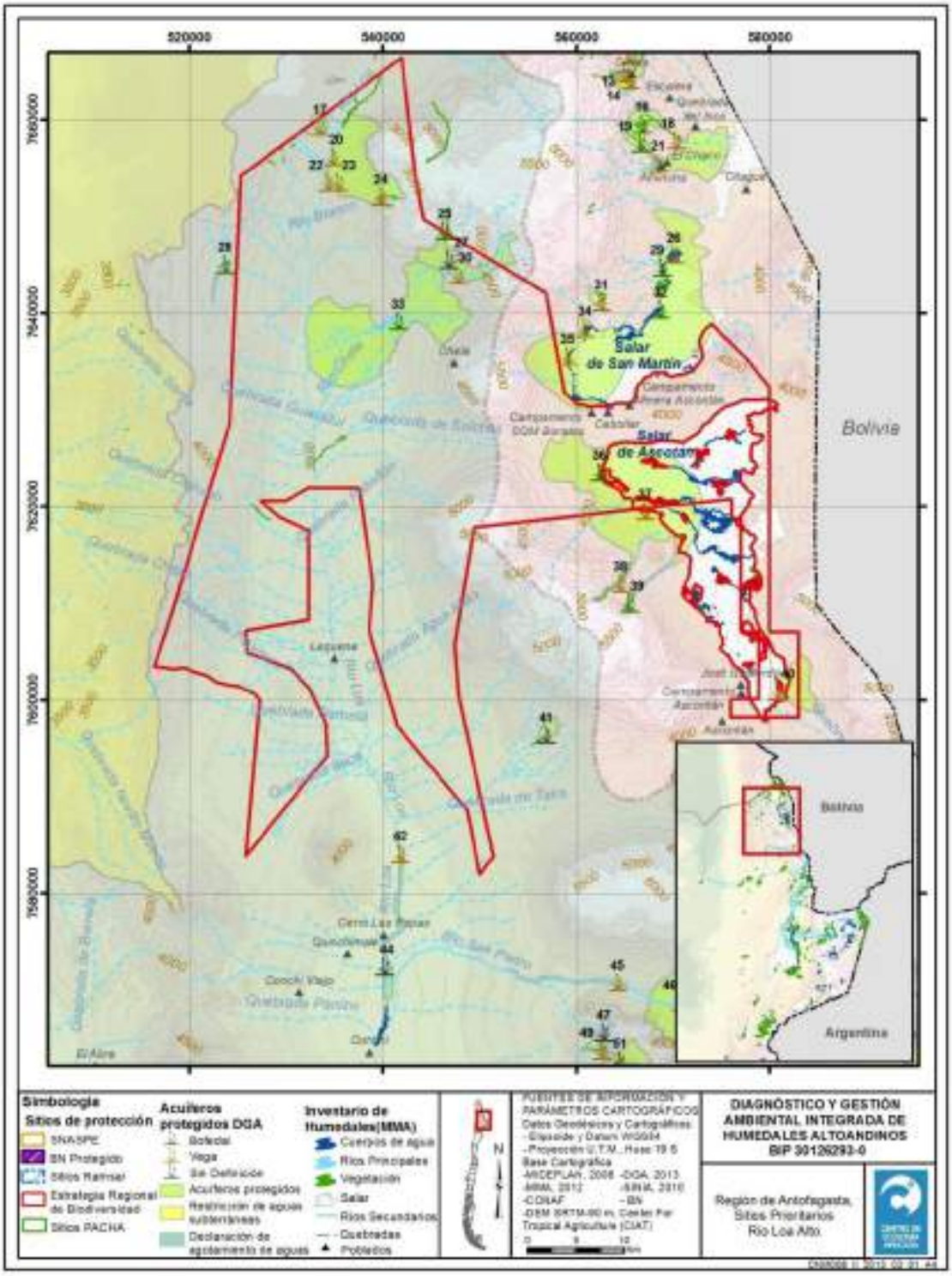


Figura 3.5. Ubicación del sitio prioritario Cuenca Río Loa Alto

Folio007676

Tabla 3.3. Ficha sitio prioritario Cuenca Río Loa Alto.

SITIO PRIORITARIO	**Cuenca Río Loa Alto**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas**	
3500-5500m	2074,36 Km^2	544279m E	7626486m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Medio		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	NO (En Proyecto)		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Coyahuasito (17) - Miño 1 (20) - Paco Paco (22) - Miño 2 (23) - Pantano (24) - Casicsa (25) - Queñuales (27) - Vega Chaihuiri (30) - Chela (33) - Palpana 2 (36) - Cebollar (37) - Borde Sureste Ascotán (40)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (537540m E - 7655396m N) (533424m E - 7659751m N) (565765m E - 7638320m N) (539479m E - 7638383m N) (565549m E - 7621249m N) (548327m E - 7645912m N) (582868m E - 7601519m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	Sí (La mayor parte del sector poniente del sitio prioritario)		
Bien Nacional Protegido (Ministerio de Bienes Nacionales, MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Fiscal			
Características del sitio			
La única cuenca exorreica que forma parte de las Regiones I y II que logra llevar recursos hídricos desde la cordillera andina hasta el océano Pacífico es el río Loa, que con un cauce de 440 Km. de longitud atraviesa el desierto de Atacama. El sector alto del río Loa nace en la falda norte del volcán Miño en Ojos del Miño, casi en el límite entre las dos primeras regiones de Chile; con curso aproximadamente N-S, hasta			

Folio007677

después de la confluencia con el río San Pedro (DGA, 2004d).

Los tributarios en este tramo son los ríos Blanco y Chela además de la quebrada Sapunta, los cuales no poseen escurrimiento superficial, a diferencia del río San Pedro, el principal tributario del sistema (DGA, 2004d).

Clima

Para este tramo del río Loa, el clima corresponde a 2 tipos:

a) Desértico Marginal de Altura: este tipo climático se localiza por sobre los 2.000 metros de altura, debido a ello las temperaturas son más atenuadas presentando una media anual de 10ºC. En este subtipo aparecen las primeras lluvias que fluctúan entre 50 y 100 mm anuales, ellas se presentan en los meses de verano producto del invierno boliviano.
b) Clima de Estepa de Altura: este subtipo climático predomina en el sector altiplánico de la cuenca, por sobre los 3.000 metros de altura, la principal característica es el aumento de las precipitaciones que alcanzan a 300 mm de agua caída en el año.

La precipitación registrada por la estación meteorológica río Loa en Calama (2.260 metros de altitud), registra como promedio anual 4 mm, mientras que la estación meteorológica de Lequena, registra 146 mm/año.

La escorrentía superficial media anual registrada en la cuenca sobre los 4.000 metros de altura por la estación río Loa en Lequena es de 8,5 mm/año.

Desde el punto de vista de disponibilidad de los recursos hídricos, las pérdidas de agua por evaporación en lagunas y salares son altas, registrando en promedio entre 2.000 y 3.000 mm/año. La estación meteorológica de Calama, registra 3.787 mm/año (DGA, 2004d).

Geología y volcanismo

Existe influencia volcánica en esta cuenca por parte del volcán San Pedro (Estratovolcán Histórico cuya última erupción se registra entre 1900 y 1963), Ollagüe (Estratovolcán del Holoceno en actividad), Apagado, Linzor, San Pablo y Miño, que se ubican en el interior de la cuenca, además del volcán Tatio (Campo hidrotermal, pleistoceno- Geiser, erupción cuaternaria con probable actividad holocena de tipo hidrotermal) que se ubica en el límite con la cuenca de Salar de Atacama (DGA, 2004d).

Hidrogeología

En la sección nororiente, la cuenca hidrogeológica posee orientación distinta a la hidrológica (hasta aproximadamente la latitud 22º00'), la cual drena a la república de Bolivia. En la parte alta, desde su nacimiento en la falda occidental del Volcán Miño, destacan rocas volcánicas fracturadas formada por coladas, brechas y tobas andesíticas de permeabilidad media que corresponden al periodo Terciario y Cuaternario que coincide con el período de formación del macizo andino. El acuífero en esta sección sigue orientación norte -sur por un lecho de rocas no consolidadas o rellenos hasta el sector de San Pedro. En este sector se reúne con aguas subterráneas procedentes desde el oriente

que siguen la trayectoria del río San Pedro (DGA, 2004d).

Geomorfología

El río Loa nace en la falda occidental del volcán Miño a 5.000 metros de altura. En este sector el río Loa está limitado por un relieve dominado por el macizo andino que alcanza importantes alturas, entre ellas el volcán Miño (5.611 m.s.n.m.), cerro Polán (5.425 m.s.n.m.) y Cerro Gordo (5.194 m.s.n.m.). El escurrimiento general que sigue el cauce en este sector, posee orientación Norte – Sur hasta la confluencia con el río Salado donde cambia prácticamente en 90º hacia el poniente. El cauce del río presenta terrazas fluviales muy escarpadas, limitadas por cordones montañosos y pampas de escarpes muy pronunciados.

Siguiendo la trayectoria Norte – Sur, el río Loa limita con la pampa de Puno y Cordón del Millo por el poniente, y al oriente con Loma Alto de la Cueva que destaca en altura por el cerro Chela y Polpana con alturas de 5.644 y 6.023 m.s.n.m., respectivamente. Siguiendo más al sur, destacan los volcanes de San Pedro (6.145 m.s.n.m.) y San Pablo (6.092 m.s.n.m.) los que constituyen el límite norte del río San Pedro, uno de los principales aportes del río Loa en el sector alto (DGA, 2004d).

Información Fluviométrica

El régimen del río Loa y el de sus afluentes es pluvial, ya que sus crecidas obedecen a intensas lluvias de verano caídas en la alta cordillera, producto del denominado “Invierno Altiplánico”.

De los valores registrados en la estación ubicada en el río Loa antes de represa Lequeña, para distintas probabilidades de excedencia se observa un régimen pluvial con sus mayores caudales entre enero y marzo, producto de lluvias estivales altiplánicas. En años húmedos se aprecian importantes caudales en febrero y bajos escurrimientos en noviembre y diciembre. En años secos los caudales son más uniformes a lo largo del año, sin presentar variaciones de consideración. Los menores caudales se producen entre enero y marzo, debido a la ausencia de lluvias estivales en años secos.

Para la estación Loa en alcantarilla Conchi Nº 2, ubicada después de la junta con en el río San Pedro, a 2932 m.s.n.m. también se observa un régimen pluvial, con los caudales más importantes entre enero y marzo, producto de lluvias de verano. En años húmedos, los mayores caudales se observan en febrero, mientras que los menores se presentan en octubre y noviembre. En años secos los caudales se distribuyen de manera más uniforme, sin presentar variaciones de consideración. Los menores caudales se observan entre octubre y diciembre, debido a las bajas precipitaciones (DGA, 2004d).

Para la Subcuenca del río San Pedro, desde su nacimiento en la alta cordillera de Los Andes en la aguada de Inacaliri, hasta su junta con el río Loa. El río San Pedro muestra caudales muy parejos a lo largo del año, con la excepción de los meses de verano, cuando muestra sus mayores caudales producto de lluvias altiplánicas. Tanto para años húmedos y secos, los caudales se presentan sin variaciones de importancia entre abril y enero. El período de menores caudales se prolonga entre abril y enero, ya que no se distinguen variaciones en los caudales durante este período.

Los factores incidentes en la calidad del agua de la cuenca se pueden dividir en tres zonas geomorfológicas: Altiplano, zona media y desierto: En el Altiplano predominan los factores climáticos y litológicos, en la zona media los efectos de la franja metalogénica F-8, y en la zona de desierto el efecto del suelo rico en componentes inorgánicos. La calidad natural de los tributarios de la parte media y alta de la cuenca, presenta gran cantidad de metales y iones en solución, los que son de origen natural y cuyo origen está influenciado especialmente por la franja metalogénica F-8. La alta radiación solar contribuye de manera activa a concentrar la mayoría de los parámetros de calidad (DGA, 2004d).

Biodiversidad

En esta zona de la cordillera de los Andes se encuentra una formación vegetacional de alta relevancia ecológica denominada “Desierto de la cuenca superior del Río Loa” y un “Piso vegetacional” denominado “Matorral bajo tropical andino de *Fabiana denudata* y *Chuquiraga atacamensis*”, de los cuales sólo un 0.5% y 21.6% de sus superficies totales respectivas forman parte de algún Área Silvestre Protegida (MMA, 2013).

Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013) **ˣˣ Citado en MMA, 2013; pero no descrito para la región según Listado Oficial.**

Flora	**Fauna**
- ALGARROBO DEL NORTE; *Prosopis alba* (Preocupación Menor) - ˣˣ ALGARROBO DEL CENTRO; *Prosopis chilensis* (Vulnerable) - AIRAMPOA; *Airampoa ayrampo* (Preocupación Menor) - CARDÓN; *Trichocereus atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenopsis atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenopsis glomerata* (Casi Amenazada) - CULANTRILLO; *Cheilanthes pruinata* (Casi Amenazada) - DORADILLA; *Agryrochosma nívea* (Preocupación Menor) - ˣˣ HELECHO COCA; *Pellaea ternifolia* (Insuficientemente Conocida – Vulnerable) - LLARETA; *Azorella compacta* (Vulnerable) - QUEÑOA DE ALTURA; *Polylepis tarapacana* (Vulnerable) - TOMATE SILVESTRE; *Solanum sitiens* (Vulnerable – Rara) - TUNA, TUNILLA; *Maihueniopsis boliviana* (Preocupación Menor) - VIEJITO; *Oreocereus leuchotrichus*	Peces: - BAGRECITO; *Trichomycterus rivulatus* (En Peligro – Rara) - KARACHI; *Orestias Agassi* (En Peligro) Anfibios: - SAPO; *Telmatobius fronteriensis* (En Peligro Crítico) - ˣˣ SAPO; *Telmatobius halli* (En Peligro Crítico) - SAPO DE ATACAMA; *Rhinella atacamensis* (Vulnerable) - SAPO DE PHILIPPI; *Telmatobius philippii* (En Peligro) - SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa* (Vulnerable) Reptiles: - CULEBRA PERUANA; *Tachymenis peruviana* (Rara) - DRAGÓN DE STOLZMANN; *Liolaemus stolzmanni* (Rara) - LAGARTIJA DE CABEZA NEGRA; *Liolaemus nigriceps* (Vulnerable) - LAGARTIJA DE CONSTANZA; *Liolaemus constanzae* (Rara) - LAGARTIJA DE DONOSO; *Liolaemus donosoi* (En Peligro) - LAGARTIJA DE FABIAN; *Liolaemus fabiani* (Rara)

(Preocupación Menor)	- LAGARTIJA ORNAMENTADA; *Liolaemus ornatus* (Rara) - LAGARTIJA PANTERA; *Liolaemus pantherinus* (Rara) - LAGARTIJA RAYADA NORTINA; *Liolaemus alticolor* (Fuera de Peligro) - LAGARTIJA RUBRICADA; *Liolaemus signifier* (Rara) <u>Aves:</u> - CONDOR; *Vultur griphus* (Vulnerable) - CUERVO DE PANTANO; *Plegadis ridgwayi* (Casi Amenazada) - FLAMENCO CHILENO; *Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA; *Larus serranus* (Vulnerable) - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus cassini* (Vulnerable) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi gayi* (Rara) - PERDIZ DE LA PUNA; *Tinamotis pentlandii* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Cloephaga melanoptera* (Vulnerable) - SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) - TAGUA GIGANTE; *Fulica gigantea* (Vulnerable) <u>Mamíferos:</u> - CHINCHILLA CORDILLERANA; *Chinchilla chinchilla* (En Peligro Crítico) - COLOCOLO; *Leopardus colocolo* (Casi Amenazada) - GATO ANDINO; *Oreailurus jacobita* (En Peligro-Rara) - GUANACO; *Lama guanicoe* (Vulnerable) - PUMA; *Puma concolor* (Casi Amenazado) - QUIQUE; *Galictis cuja* (Vulnerable) - QUIRQUINCHO DE LA PUNA; *Chaetophractus nationi* (En Peligro) - RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA: *Abrocoma cinérea*

Folio007681

	(Preocupación Menor) - RATÓN DE LA PUNA; *Auliscomys sublimis* (Preocupación Menor) - RATÓN DE PIE SEDOSO; *Eligmodontia puerulus* (Preocupación Menor) - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En Peligro) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (En peligro) - ZORRO CHILLA; *Pseudalopex griseus* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Pseudalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio007682

3.3.2 Salar de Ascotán

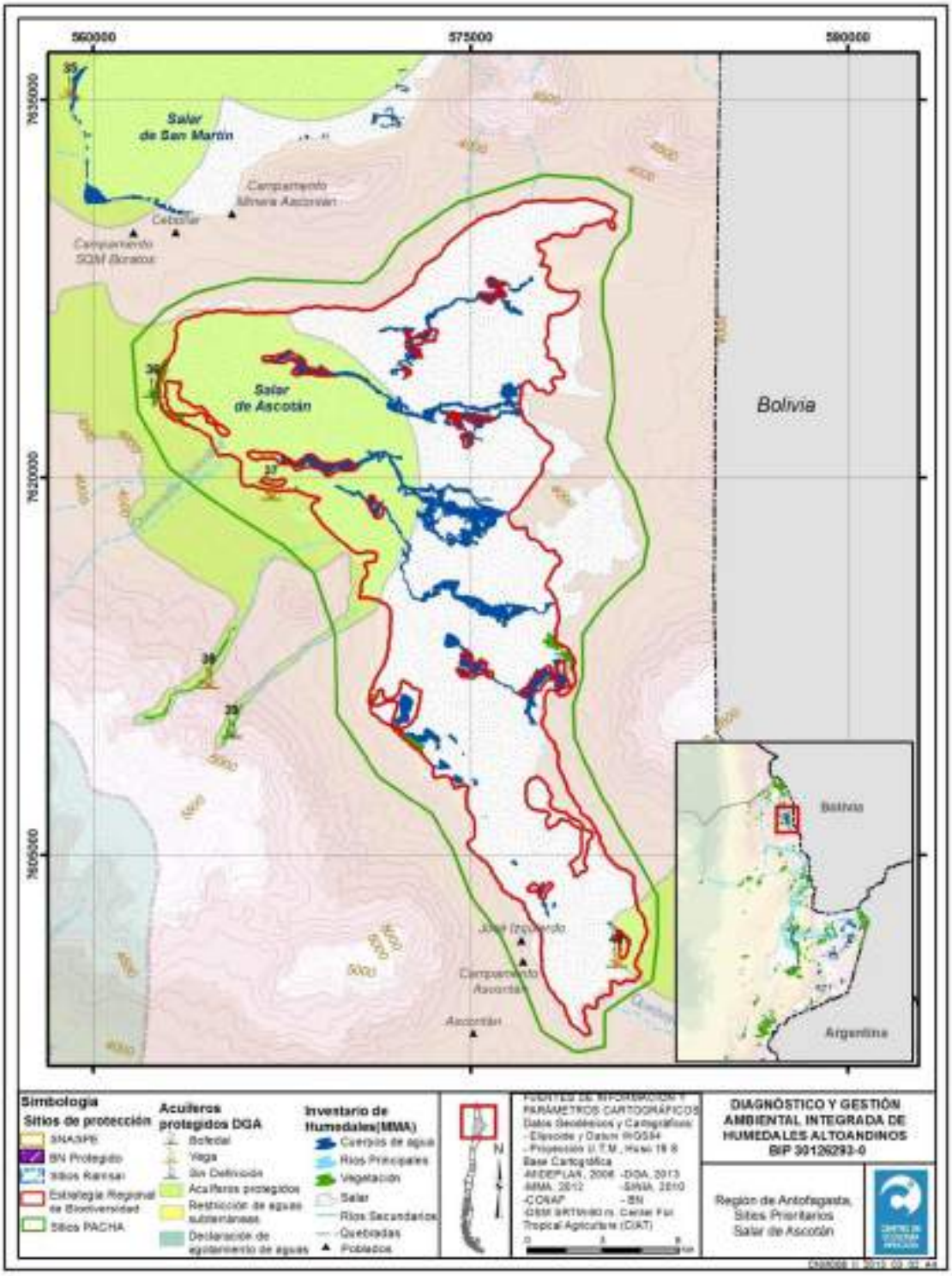


Figura 3.6. Ubicación del sitio prioritario Salar de Ascotán.

Folio007683

Tabla 3.4. Ficha sitio prioritario Salar de Ascotán.

SITIO PRIORITARIO	**Salar de Ascotán**	
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**
3800 m.s.n.m.	260 km^2	573867m E - 7617624m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Medio	
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	No	
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No	
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Palpana 2 (36) - Cebollar (37) - Borde Sureste Ascotán (40)	
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (565549m E - 7621249m N) (582868m E - 7601519m N)	
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No	
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No	
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No	
Propiedad (CONAMA, 2002)		
Sector norte, particulares, el resto mayormente fiscal, pero con destinaciones para proyectos mineros		
Características del sitio		
El salar de Ascotán, está situado al nororiente de la ciudad de Calama, en una gran cuenca orientada de Norte a Sur que está limitada, al oeste, por el Cordón Occidental de la Cordillera de los Andes, con los cerros del Azufre (5.846 m.s.n.m.), Carasilla (5.040 m.s.n.m.) y Polapi (5.940 m.s.n.m.); hacia el este, por el Cordón Oriental, con los cerros Ascotán-Jardín (5.478 m.s.n.m.) y Araral (5.688 m.s.n.m.); hacia el sur, la cuenca se cierra con los faldeos asociados a los cerros Ascotán y Azufre, y, hacia el norte, limita con el sector de las serranías que la separan del salar de Carcote (Tellier & Becerra, 2003). <u>Biodiversidad</u> De las especies presentes cabe destacar el valor que tiene este sistema para la especie endémica de “Karachi de Ascotán” (*Orestias ascotaensis*), declarada En Peligro por su bajo tamaño poblacional y reducida superficie de distribución (Acotada a los salares de Ascotán y Carcote, aproximadamente 8.5 Km^2). Monitoreos realizados por Illanes y Asociados S.A. (Noviembre, 2010) en el sector sur del salar contabilizaron un total de 107 individuos (MMA, 2013; Illanes, 2011).		

Folio007684

Climatología

El clima del área corresponde a uno de tendencia tropical y presenta un importante grado de aridez, ya que las precipitaciones, de acuerdo con los datos de la estación climática más cercana (Ollagüe), alcanzan en promedio sólo a unos 80 mm anuales. Las precipitaciones se concentran principalmente en el período de verano, aunque también se pueden registrar precipitaciones sólidas (nieve y granizo) durante el período invernal (Tellier & Becerra, 2003). La evaporación potencial anual es de 1.630 mm/año y la temperatura media anual es 8°C (Risacher et al., 1999b).

Geología

El Salar de Ascotán es de tipo “playa” con limos salinos y costras de sales (yeso, halita). A unos decímetros bajo la superficie se encuentra una napa de salmuera. Es una boratera donde se explota la Ulexita cerca de la orilla centro-oeste (Cebollar). Presenta un complejo sistema de lagunas superficiales elongadas este-oeste o suroeste-noreste alimentadas por vertientes que surgen de la orilla oriental del salar (Risacher et al., 1999b). La permeabilidad es variable y se clasifica como Alta a Baja, de tipo secundaria en rocas fracturadas conformadas por coladas de lavas, tobas y brechas con intercalaciones de sedimentos elásticos continentales, de edades terciario al reciente (DGA, 2004a).

Hidrología

El salar de Ascotán se divide en dos partes. El sector oriental se caracteriza por aguas de aporte salobres de tipo Na-(Ca) / Cl y de vía evolutiva neutra cálcica en completa discrepancia con la litología de la cuenca de drenaje constituida de rocas volcánicas con azufre. El origen de estas aguas es desconocido. No provienen de las napas superficiales de las cuencas bolivianas colindantes. Las numerosas vertientes del sector oriental tienen un caudal total muy elevado de 730 l/s y alimentan un complejo sistema lagunar. Ninguna de las aguas de aporte de este sector tiene una calidad aceptable para el uso doméstico o agrícola.

El sector occidental se caracteriza por aguas de aporte con salinidad y composición variada, y de contenido porcentual en SO_4 más elevado que el de las aguas del sector oriental. Todas siguen las vías evolutivas sulfatadas, lo que se condice con la litología de la cuenca. El caudal entrante por este sector, 200 l/s, es muy inferior al del sector oriental. Alimentan solamente pequeñas lagunas adyacentes a la orilla y también la napa subterránea del oeste del salar produciendo salmueras de tipo: Na / $Cl^-(SO_4)$. Es en este sector que se encuentran las únicas aguas aprovechables para el uso humano y agrícola.

La principal alimentación superficial al salar de Ascotán proviene de vertientes de aguas salobres que surgen en la orilla misma. Las vertientes de más flujo, que son también las más numerosas, se encuentran a lo largo de la orilla este. Casi todas las aguas de aporte de Ascotán tienen influencia termal.

El acuífero en relleno sedimentario se presenta libre a semiconfinado con espesores entre 50 a 200 m y distribución areal variable, el cual es alimentado por aguas lluvias, escorrentía superficial continua o esporádica y escorrentía subterránea que fluye a través

Folio007685

de rocas fracturadas que conforman los bordes de las cuencas hidrográficas que los contiene; por otro lado, la descarga se produce principalmente por evaporación, o en forma artificial por la extracción de pozos (DGA, 2004a).

Las aguas subterráneas en la zona de estudio tienen composiciones químicas variables que dependen de: la geoquímica de los materiales que las contienen, el tiempo de transporte y el origen de la recarga. Sin embargo, en general, estas aguas son de mediana calidad (con respecto a la norma INN NCh 409), de carácter salobre, sulfatocloruradas, con concentraciones altas de arsénico y total de sólidos disueltos sobre los 3.000 mg/l (Risacher et al., 1999b).

Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013)

Flora	**Fauna**
- CARDÓN; *Trichocereus atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenopsis atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenopsis glomerata* (Casi Amenazada)	<u>Peces:</u> - KARACHI, KARACHI DE ASCOTÁN; *Orestias ascotaensis* (En Peligro) <u>Anfibios:</u> - SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa*. (Preocupación Menor) <u>Reptiles:</u> - LAGARTIJA DE CONSTANZA. *Liolaemus constanzae* (Rara). <u>Aves:</u> - CONDOR; *Vultur griphus* (Vulnerable) - FLAMENCO CHILENO*; Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable). - GAVIOTA ANDINA; *Larus serranus* (Vulnerable) - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus cassini* (Vulnerable) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi gayi* (Rara) - PERDIZ DE LA PUNA; *Tinamotis pentlandii* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Cloephaga melanoptera* (Vulnerable) - SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) - TAGUA CORNUDA; *Fulica cornuta* (Vulnerable) <u>Mamíferos:</u> - CHINCHILLA CORDILLERANA; *Chinchilla chinchilla* (En Peligro Crítico) - GATO ANDINO; *Oreailurus jacobita* (En Peligro- Rara)

Folio007686

	- GUANACO; *Lama guanicoe* (Vulnerable) - PUMA; *Puma concolor* (Casi Amenazada) - QUIQUE; *Galictis cuja* (Vulnerable) - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En peligro) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (En Peligro) - ZORRO CHILLA; *Pseudalopex griseus* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Pseudalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio007687

3.3.3 Geiser del Tatio

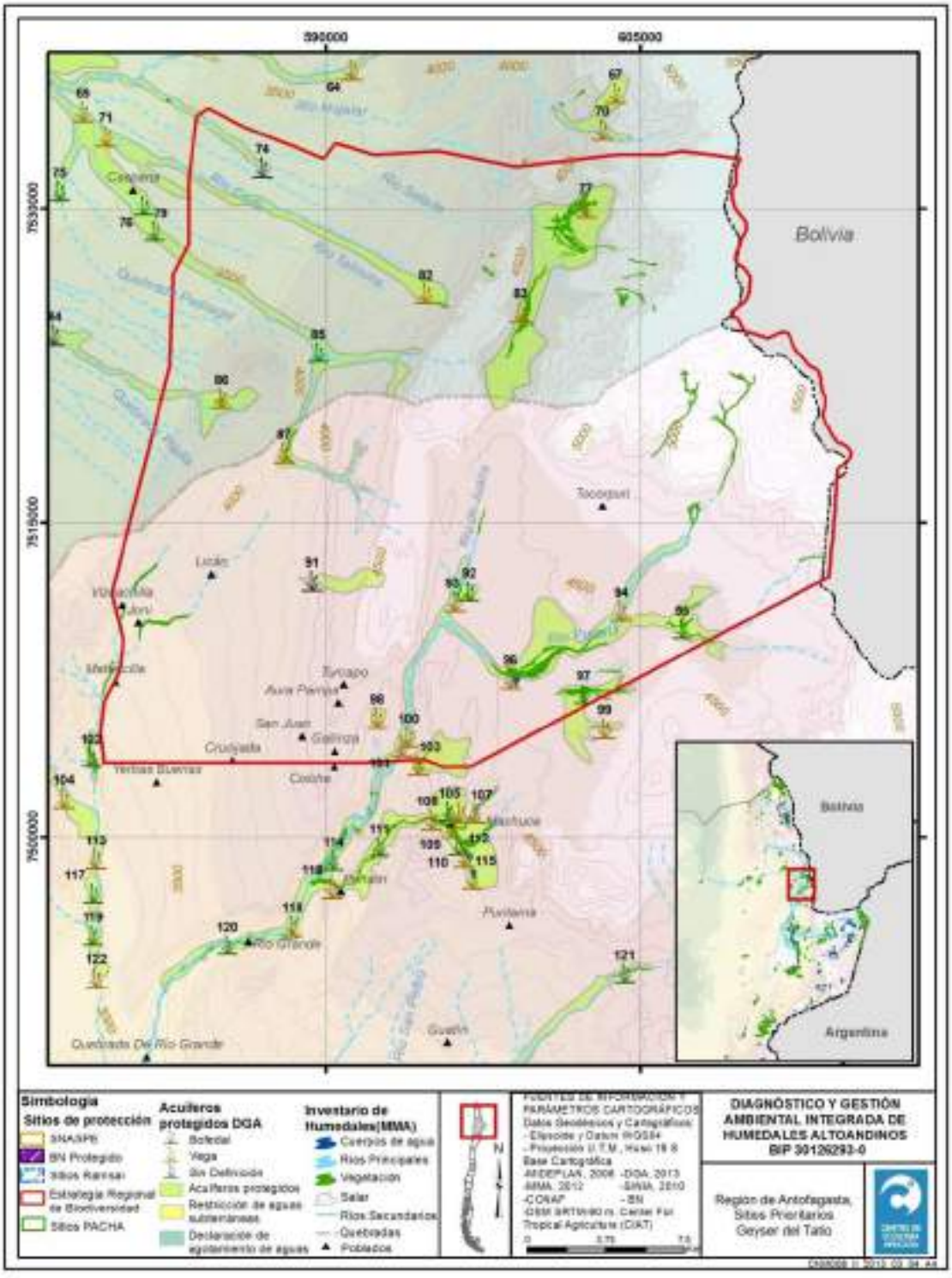


Figura 3.7. Ubicación del sitio prioritario Geiser del Tatio.

Folio007688

Tabla 3.5. Ficha sitio prioritario Geiseres del Tatio.

SITIO PRIORITARIO	**Geiser del Tatio**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
4320 m.s.n.m.	839,51 km^2	595984m E	7518315m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Medio		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	No		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Yuto (103) - Chucurate (100) - Lagunita (98) - Putana (96) - Jauna (93) - Tocorpuri (94) - Tocone (87) - Chita 1 (86) - Ojo Talicuna (82) - El Tatio (83) - Geiser, del Tatio (77) - Incahuasi 2 (97) - Coyapujo (92) - Ojos de Putana (95) - Cablor (85) - Purifican (91) - Agua Dulce 1 (74)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (581087m E – 7522159m N) (597059m E – 7505480m N) (591104m E – 7512226m N) (592504m E – 7505806m N) (594007m E – 7504893m N) (595590m E – 7503868m N) (600536m E – 7526541m N) (602459m E – 7505943m N) (584811m E – 7528859m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	Sí (En la zona norte del sitio prioritario)		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		

Folio007689

Propiedad (CONAMA, 2002)
Mayormente fiscal, con solicitudes de explotación y demanda de tierras ancestrales de parte de comunidades indígenas.
Características del Sitio
Ubicación El campo geotermal El Tatio está localizado en la falda noreste de la cordillera de los Andes, a 150 kilómetros al sureste de Calama. Clima y Meteorología La climatología del lugar está caracterizada por el régimen altiplánico de precipitaciones estivales, que en promedio es de 156 mm, y por una elevada tasa de evaporación que en promedio llega a los 1.593 mm/año. La temperatura promedio anual es de 2,4 °C. (DGA, 1998). Geomorfología y Geología El campo geotermal del Tatio está ubicado en el centro de una de las provincias de ignimbrita neogénica más extensas del mundo. Este particular sistema hidrológico es recargado por aguas meteóricas que permean a través de formaciones rocosas de la cadena volcánica adyacente descendiendo una profundidad de 750 – 900 m (Dobson et al., 2013; Capaccioni et al., 2009). Los cuerpos magmáticos intrusivos presentes formados durante grandes movimientos tectónicos durante el plio-pleistoceno seguidos a la formación de la fosa tectónica de El Tatio y el emplazamiento de los cuerpos sub efusivos de Copacoya y Piedras Grandes, son considerados la principal causa del calentamiento del acuífero en profundidad (> 260 °C; Capaccioni et al., 2009). Las grandes unidades fisiográficas presentes en el área de estudio, pueden ser divididas y caracterizadas en relación a su relieve de la siguiente manera según una orientación general N-S y obedeciendo un patrón W-E (MOP, 2007): a. El Piedemonte o Precordillera andina Es un gran plano inclinado que asciende hacia la cordillera de los Andes, con alturas entre 2.500 y 4.000 msnm en su parte oriental. Constituye una unidad notable con numerosas quebradas que la disectan. Se constituye por una acumulación de rocas volcánicas (andesitas de piroxeno, ignimbritas y rocas detríticas) de varios centenares de metros, que se encuentran en alternancia constituyendo acumulaciones mixtas. b. Cordillera de los Andes Constituida por una cadena maciza volcánica de orientación norte sur a noreste, producto del solevantamiento a comienzos del Mioceno. Entre los volcanes existentes se ubican pequeñas planicies y cuencas intermontanas que conforman parte importante de la morfología del altiplano. Las terrazas y el modelado actual se viene produciendo desde el Terciario, existiendo en el altiplano una morfología de origen glacial. En el pedimento también han tenido lugar innumerables aluviones y lavas torrenciales que mantienen a las quebradas en constante transformación.

Folio007690

Los relieves dominantes adyacentes al área de los géiseres lo constituyen cordones montañosos y relieves de laderas, derivados de un cúmulo de grandes aparatos volcánicos, entre los que destaca el cerro el Volcán de 5.547 msnm. Más al sur se reconoce el cordón de cerros el Tatio, el cual posee un trazado general noreste y alturas máximas que promedian los 5.240 m.s.n.m. En el margen occidental de dicho cordón se encuentra la cuenca intramontana del Tatio, de origen estructural y que se extiende en dirección NNE-SSO. Es en ésta donde se emplazan mayoritariamente las manifestaciones geotermales y donde tiene su origen el río Salado, con la confluencia de diversos cursos fluviales menores, más los flujos de los manantiales geotermales (SGA – GND, 2007).

Hidrología

El sistema hídrico está establecido entre la divisoria de aguas de la cordillera de Los Andes (frontera con Bolivia), con cotas que sobrepasan los 5.800 m.s.n.m. y el nivel de base del salar de Atacama (2.300 m.s.n.m.) con la excepción de la subcuenca Tatio, que drena por el río Salado hacia la cuenca del río Loa (MOP, 2007)

1. Subcuenca el Tatio
Se ubica en el extremo norte del área de estudio y contiene al campo geotérmico, su régimen es exorreico y drena hacia el poniente por el río Salado, el cual confluye con el río Loa en el sector de Chiu Chiu. Su naciente se encuentra a 5.547 m.s.n.m. y su desagüe a 4.228 m.s.n.m., en el sector de Hoyada Mala, al poniente del campo geotérmico (MOP, 2007).

2. Subcuenca Jauna
Se encuentra al sur del campo geotérmico y tiene su naciente en el cordón del volcán Tatio (5.296 m.s.n.m.), bajando hasta los 4.196 m.s.n.m. en su confluencia con el río Putana. El río Jauna nace en la junta de dos quebradas en el lado sur del paso Vizcachas y drena de norte a sur sin escurrimiento superficial por unos diez kilómetros (MOP, 2007).

3. Subcuenca Putana
La subcuenca del río Putana es la más importante del área de estudio, aportando la mayor cantidad de agua desde sus nacientes en la cordillera de los Andes al sistema Río Grande – San Pedro que drena al Salar de Atacama. Sus puntos más altos son los cerros de Tocorpuri (5.808 msnm) y el volcán Putana más al sur (5.809 msnm) por donde pasa la quebrada Agua Brava, que nace en Bolivia y escurre hacia Chile (MOP, 2007).

Los principales afluentes del río Putana son (de norte a sur) la quebrada la Torta, río Blanco o Tocorpuri, quebrada San Lucrecio y río Incahuasi. Este último no nace en la alta cordillera, sino que en los cerros de Incahuasi, un cordón de cerros islas que constituyen la divisoria de aguas entre los sistemas Río Grande – San Pedro y Puritama – Vilama (MOP, 2007).

Calidad química de las aguas

En este sitio se presentan más de 100 manantiales en erupción y termas dispersas en un área de cerca de 35 km^2, donde se incluyen manantiales hirvientes, pozas de barro, terreno humeante y algunas fumarolas – y los más famosos, cerca de 80 geiseres activos.

El sistema hidrológico geotermal de El Tatio produce una importante contaminación sobre un área muy extensa. Los ríos Salado y, en menor medida, el río San Pedro se encuentran significativamente contaminados. Estos representan dos de las más importantes fuentes de agua para consumo humano para miles de personas que viven en la ciudad de Calama y el pueblo de San Pedro de Atacama. En particular a lo largo del río Salado los contenidos de As y B están presentes en concentraciones de más de un orden de magnitud sobre la máxima concentración aceptable (MCA) de contaminantes de la directiva 98/83 para aguas bebestibles de la Comunidad Económica Europea (CEE), y su contaminación se extiende a por el río Loa tan lejos como hasta la ciudad de Antofagasta. Finalmente, la contaminación por As y B se presenta más extensivamente hacia el oeste a lo largo del río Salado, probablemente debido a la falta de agua de dilución procedente del derretimiento nival del flanco occidental de la cordillera contigua (Capaccioni et al., 2009).
La calidad de las aguas termales presentes en el campo geotermal ha sido investigada, en particular, debido al contenido extremadamente alto de Arsénico y Boro, de los cuales el primero posee un serio riesgo medioambiental para las áreas circundantes (Capaccioni et al., 2009; Dobson et al., 2013).

Particularidades del sector

Los Geiser fueron explorado por primera vez en 1908 (Fox, 2013). El Tatio no solo es el mayor campo de geiseres de Chile, y de todo el hemisferio Sur, sino que también es el tercero más grande del mundo con cerca del 8% de la superficie total, tras Yellowstone (USA) y Dolina Giezerov (Rusia) (Capaccioni et al., 2009). Dentro del campo existen tres zonas bien delimitadas de géiseres: 1) la Cuenca Superior (la de mayor superficie, 5 km^2), donde se encuentran la mayor cantidad de conos activos y el geiser más grande (5 m de altura). 2) La Cuenca Media se encuentra inmediatamente al sur de la Cuenca Superior, contiene serie de pozas de 3 metros de profundidad promedio con erupciones frecuentes. Y 3) La Cuenca Baja (o zona del río) se encuentra a las orillas del Río Salado, aproximadamente 2 kilómetros río abajo de la Cuenca Media. Al menos diez manantiales hacen erupción dentro y cerca del río con alturas de 1 a 3 metros, algunos hacen erupción desde dentro de los canales del río mismo, incluyendo varios géiseres subterráneos cuyas erupciones expulsan sedimentos a las orillas del río (Glennon y Pfaff, 2003).

En relación a su potencial geotérmico, las primeras perforaciones realizadas (1969-1971) mostraron un potencial de 30 MW por pozo perforado. Aunque el potencial completo del campo geotermal de El Tatio fue estimado dentro del rango de 100 – 400 MW. En la actualidad existe una concesión de explotación geotérmica a nombre de Geotérmica del Norte S.A. (Fox, 2013)

Biodiversidad

La flora descrita para el sitio, según estudio de CEAA (2008c), se compone de 89 especies nativas y 1 introducida distribuidas en 23 familias y 59 géneros, en los cuales predominan las Asteráceas. La flora descrita se encuentra asociada principalmente en cuatro comunidades vegetacionales: *Parastrephia quadrangularis – Festuca orthophylla, Fabiana densa – Baccharis boliviensis, Festuca chrysophylla – Fabiana bryoides* y *Oxychloe andina*. De todas las especies registradas las más importantes debido a su cobertura y frecuencia relativa en el área de estudio, son (orden decreciente): *Festuca ortophylla, Baccharis incarum, Festuca chrysophylla, Parastrephia quadrangularis, Mulinum crassifolium* y *Pycnophyllum bryoides*.

Respecto de la fauna presente, se ha descrito un total de 43 especies de vertebrados nativos, distribuidas en 15 órdenes, 35 géneros y 23 familias, de los cuales un 18,2% corresponden a mamíferos, un 72,7% a aves, 2,3% al grupo anfibios y un 6,8% a reptiles. Las especies con mayor presencia son la Lagartija andina, el Pato Juarjual y el Lauchón orejudo grande (CEAA, 2008c).

Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013)

Flora	**Fauna**
- CARDÓN; *Trichocereus atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenopsis glomerata* (Casi Amenazada) - LOBIVIA; *Lobivia Formosa* (Vulnerable) - LLARETA; *Azorella compacta* (Vulnerable) - TUNA, TUNILLA; *Maihueniopsis boliviana* (Preocupación Menor) - VIEJITO; *Oreocereus leuchotrichus* (Preocupación Menor)	<u>Anfibios:</u> - SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa* (Preocupación Menor) <u>Aves:</u> - CONDOR; *Vultur gryphus* (Vulnerable) - FLAMENCO CHILENO; *Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA; *Larus serranus* (Vulnerable) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi* (Rara) - PERDIZ DE LA PUNA; *Tinamotis pentlandii* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Cholephaga melanoptera* (Vulnerable) - SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) - TAGUA GIGANTE; *Fulica gigantea* (Vulnerable) <u>Mamíferos:</u> - CHINCHILLA CORDILLERANA; *Chinchilla chinchilla* (En Peligro Crítico) - COLOCOLO; *Leopardus colocolo* (Casi Amenazada) - GUANACO; *Lama guanicoe* (Vulnerable) - RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; *Abrocoma cinérea* (Preocupación Menor) - RATÓN DE LA PUNA; *Auliscomys sublimis* (Preocupación Menor) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En Peligro) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (En Peligro) - ZORRO CULPEO; *Pseudalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio007693

3.3.4 Oasis de Calama

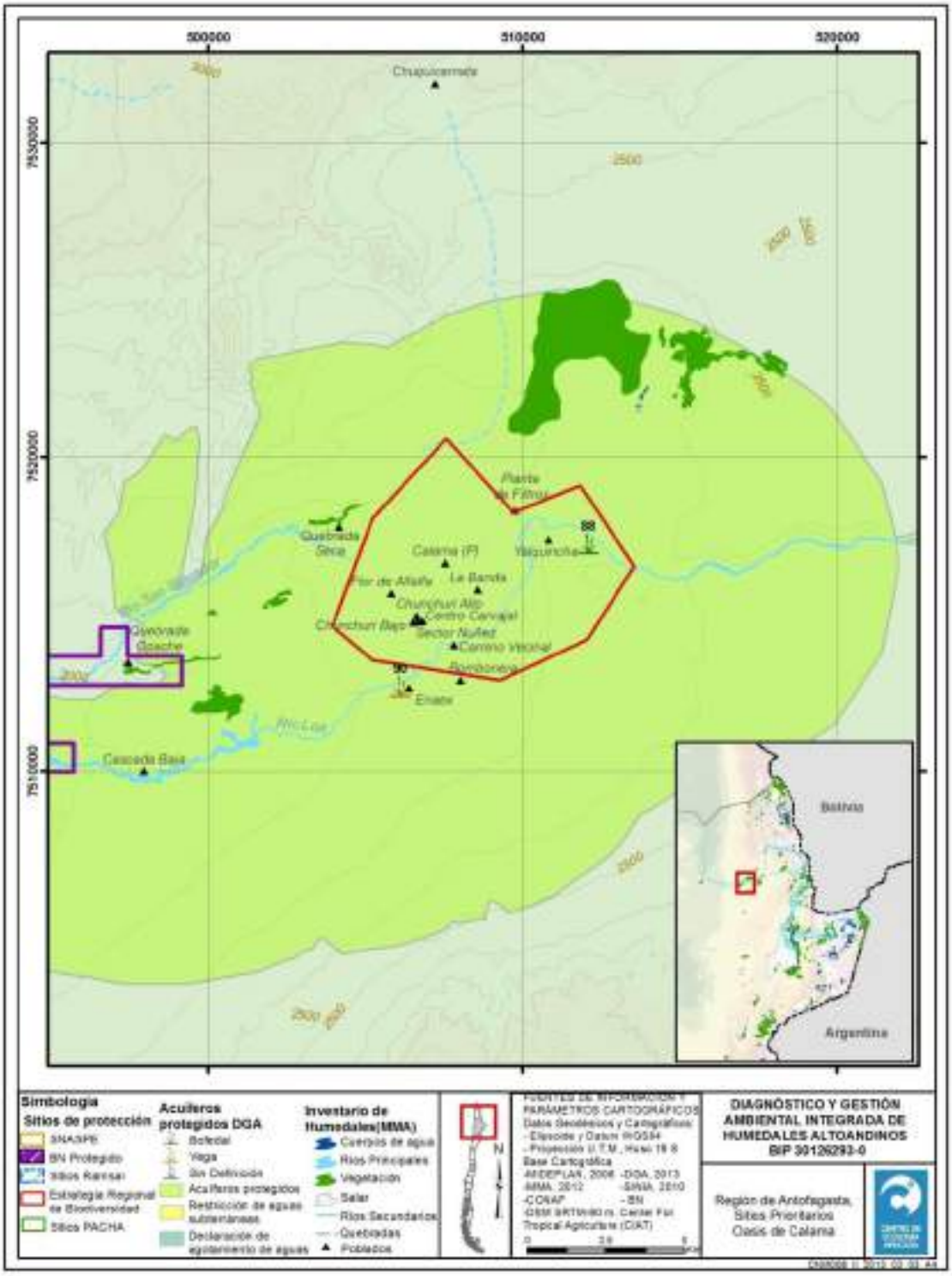


Figura 3.8. Ubicación del sitio prioritario Oasis de Calama.

Folio007694

Tabla 3.6. Ficha sitio prioritario Oasis de Calama.

SITIO PRIORITARIO	**Oasis de Calama**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
2260 m.s.n.m.	45,75 Km^2	508586m E	7516248m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Bajo		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	No		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	Yalquincha (88)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (507237m E - 7514185m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	Sí (Ocupa la totalidad el sitio prioritario)		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Corresponde en su mayoría a propiedades particulares del núcleo urbano de Calama que se asienta en él.			
Características del sitio			
El Oasis de Calama está ubicado en el valle que recibe el mismo nombre, el cual está constituido por un plano depositacional, el que se haya emplazado en el macizo andino de la precordillera de los Andes. Presenta un paisaje conformado por un gran plano que asciende hacia la cordillera de Domeyko, interrumpido por algunos “cerros islas” desprendidos de la cordillera de la Costa y recorrido por quebradas asociadas a cursos de agua, siendo la más importante la quebrada del río Loa (CEAA, 2008a). <u>Clima</u> La precipitación media anual en el área es del orden de 4 mm, mientras que la evaporación promedio anual está datada en 3.294 mm. La temperatura promedio anual es de 12,5 °C (DGA, 2008b). Asimismo, se presentan importantes diferencias en temperatura entre el día y la noche (DGA, 2003).			

Geomorfología

El área está formada por materiales sedimentarios de espesor variable que han rellenado la cuenca del Loa. Subyacente a estos sedimentos, aparece una roca de origen ígneo-metamórfico sobre el que sedimentaron los materiales (DGA, 2012b) Los suelos, de manera general son poco evolucionados y se formaron a partir de estratos arenosos provenientes de los grandes conos de deyección, en parte sobre sedimentos más antiguos del río Loa (DGA, 2004c). En general, la salinidad de los suelos en el sector alcanza valores elevados debido a que el agua del río Loa experimenta un aumento de este parámetros tras recibir el aporte de aguas del río Salado (DGA, 2004a). En esta zona, aguas abajo de la confluencia con el río Salado, se generan aportes significativos del Ca (DGA, 2003).

Geología

El oasis de Calama se caracteriza por la presencia rocas ígneas, sedimentarias, y metamórficas cuyas edades van del Paleozoico al cuaternario. Las primeras rocas son las más antiguas y las de menor extensión en el oasis conformando las unidades que constituyen la roca fundamental.

En esta unidad se encuentra el oasis de Calama, que es el resultado de la tectónica norte-sur, que originó un largo y angosto graben, y de los procesos morfoclimáticos del terciario superior y cuaternario que proporcionaron un relleno formado casi exclusivamente por corrientes barro sucesivas. La pampa es una llanura relativamente plana, alongada en sentido norte-sur y con una extensión de 15 km de largo y cuatro kilómetros de ancho en cuyo extremo sur se encuentra Calama (Trevizan et al., 2001).

En el oasis de Calama es posible distinguir las siguientes unidades:

a) Superficies de erosión y acumulación. Es posible observar este proceso en los cerros adyacentes a la quebrada San Salvador, sierras de San Lorenzo, cerros de Quetena, entre otros, los que continúan hacia el oeste, hasta la confluencia de los ríos San Salvador y Loa.

b) Terraza de formación el Loa. Es una unidad de gran extensión y con una pendiente media de 1,3%. Corresponde a la depositación sedimentaria lacustre de limos y arcillas pardo-rojizas, las que se observan en el primer estrato, en el segundo se observan gravas y arenas, y en la parte superior del perfil, calizas lacustres.

c) Quebrada del río Loa. Corresponde a una unidad de disección que afecta a la terraza de la Formación El Loa, en que el río excava en forma de U, con un fondo plano y paredes verticales de gravas y calizas. El valle del río Loa en general alcanza un ancho muy reducido en comparación con el valle del río San Salvador.

d) Conos de deyección. Son depósitos aluviales formados por corrientes de barro que se acumularon por la ocurrencia de grandes aluviones provocados por lluvias torrenciales, los cuales se encuentran confinados a los cerros circundantes. Esta superficie presenta pendientes de 4 a 3% (CEAA, 2008a).

Hidrología

El sector del Oasis de Calama forma parte del sistema hidrológico que constituye la cuenca del río Loa, ubicado en la zona de la depresión central (DGA, 2005b). Sus límites son por el oeste el cerro La Cruz y cerro Negro, por el norte el yacimiento de Chuquicamata, y al este el cerro Cobrizo, Loma Negra y cerro Calama. El río Loa ingresa al Oasis con un caudal promedio de 1.230 l/s, el cual constituye una de las fuentes de abastecimiento para producir agua potable para Calama. Su régimen hídrico se caracteriza por fuertes crecidas en verano, debido al invierno altiplánico; en su paso por Calama, se caracteriza presentar un cause abierto (sin "encajonamiento") que corre prácticamente a la altura de la ciudad (CEAA, 2008a; Trevizan et al., 2001).

Composición de las aguas

Las aguas del río Loa en el sector de Calama presentan alta salinidad debida principalmente a las altas concentraciones de Cl, Na y Ca. En la zona aguas abajo de la junta con el río Salado, se produce una alternancia entre la vía cálcica y la sulfatada que tiene una causa estaciones, durante el estío predomina la vía sulfatada mientras que en el periodo estival predomina la vía cálcica (DGA, 2003).

Biodiversidad

La flora descrita para el sitio, según estudio de CEAA (2008a), consta de 27 especies nativas y 4 introducidas, entre las cuales destacan 4 algas y un helecho. El conjunto de especies puede encontrarse asociado en 5 diferentes formaciones vegetacionales: *Pluchea absinthioides – Distichlis spicata*, *Baccharis juncea – Distichlis spicata*, *Distichletum spicatae*, *Atriplex atacamensis – Baccharis petiolata* y *Baccharis juncea – Scirpus americanus*. Las especies de mayor cobertura y frecuencias relativas son: *Distichlis spicata*, *Baccharis petiolaris*, *Atriplex atacamensis*, *Pluchea absinthioides* y *Baccharis juncea* (CEAA, 2008a).

Respecto de la fauna presente, se han descrito 39 especies de vertebrados distribuidas 9 órdenes, 18 familias y 31 géneros, de los cuales un 15,4% corresponden a mamíferos (sólo roedores), un 79,5% a aves y un 5,1% a reptiles (CEAA, 2008a).

En esta zona se registra un bajo endemismo, pero es importante como parte del corredor biológico de la cuenca del Río Loa y mayor oasis de región. Por otra parte debido al alto grado de urbanización que posee, se dificulta su destino como lugar de conservación in situ (CONAMA, 2002).

Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013). **ˣˣ Citado en MMA, 2013; pero no descrito para la región según Listado Oficial.**

- ˣˣ ALGARROBO DEL CENTRO; *Prosopis chilensis* (Vulnerable)
- ALGARROBO DEL NORTE; *Prosopis alba* (Preocupación Menor)
- TAMARUGO; *Prosopis tamarugo* (En Peligro)

Anfibios:

- SAPO DE ATACAMA; *Rhinella atacamensis* (Vulnerable)
- SAPO; *Telmatobius halli* (En peligro crítico)
- SAPO DE DANKO; *Telmatobius dankoi* (En Peligro Crítico)

Reptiles:

- CORREDOR DE TARAPACÁ; *Microluphus tarapacensis* (Insuficientemente Conocida)

Folio007697

	- CORREDOR DE TERESA; *Microluphus theresoides* (Rara) - DRAGÓN DE REICHE; *Liolaemus reichei* (Insuficientemente Conocida) - LAGARTIJA DE PAULINA; *Liolaemus paulinae* (Rara) - LAGARTIJA DE WALKER; *Liolaemus walkeri* (Rara) - SALAMANQUEJA DEL NORTE; *Phyllodactylus gerrhophygus* (Vulnerable) <u>Aves:</u> - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus* (Vulnerable) <u>Mamíferos</u>: - ZORRO CHILLA; *Pseudalopex griseus* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Pseudalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio007698

3.3.5 Alrededores del Volcán Licancabur

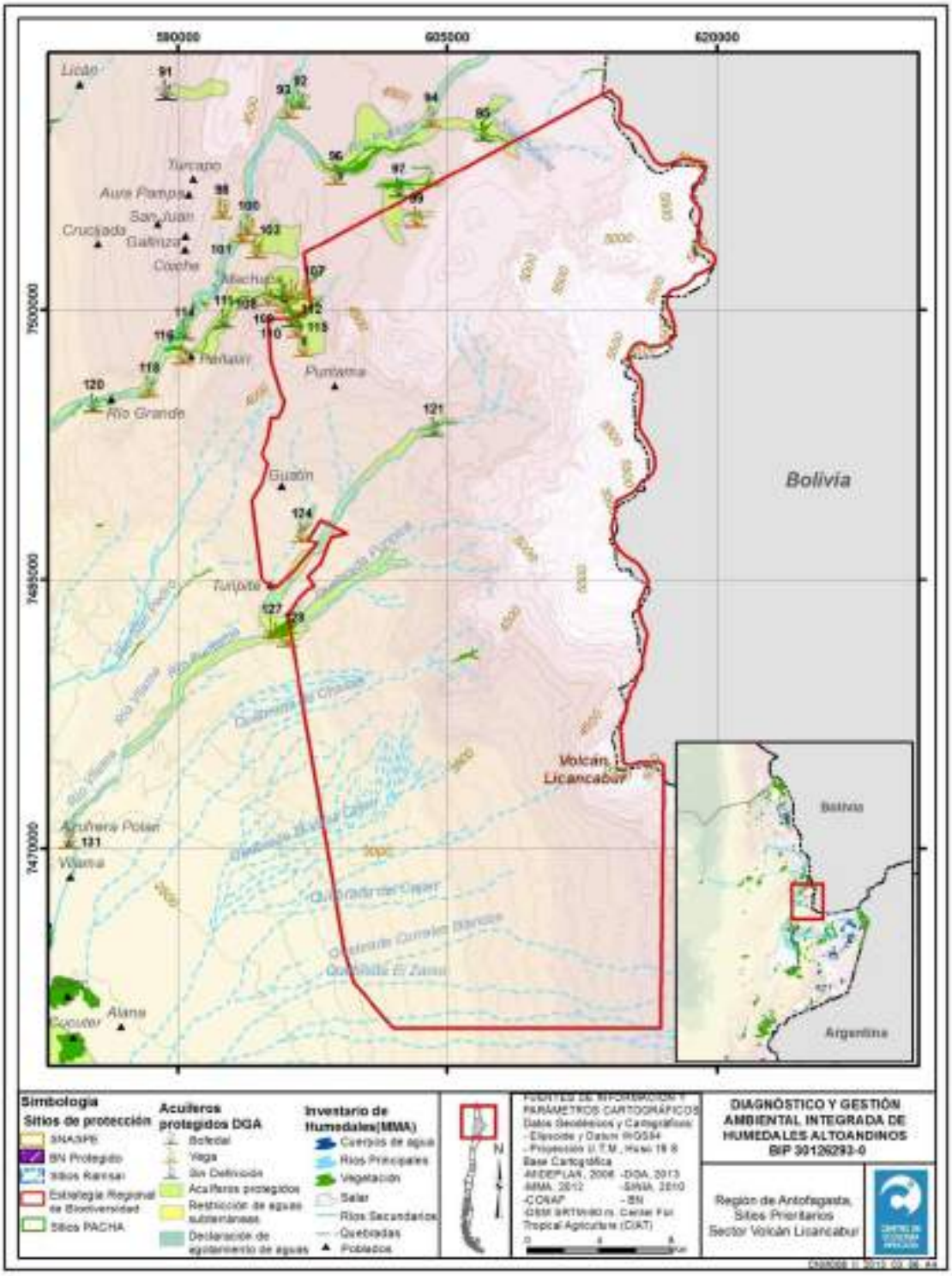


Figura 3.9. Ubicación del sitio prioritario alrededores del Volcán Licancabur.

Tabla 3.7. Ficha sitio prioritario alrededores del Volcán Licancabur.

SITIO PRIORITARIO	**Alrededores Volcán Licancabur**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
5916 m.s.n.m. (Volcán)	939340 Km^2	607039m E	7485169m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Medio		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	En proyecto para Incorporación		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Chita 2 (99) - Machuca (110) - Vega grande (112) - Coñapujyo (115) - Jorquencal (121) - Turipite (124)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (604523m E - 7493682m N) (596072m E - 7483736m N) (596969m E - 7499609m N) (597186m E - 7488211m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Mayormente fiscal, algunas reclamaciones de tierras ancestrales de comunidades indígenas.			
Características del sitio			
El área de estudio, se ubica en la zona de los Andes y la puna, también llamada puna de Atacama, que se caracteriza por estar sobre los 4.000 m.s.n.m., en las altas cumbres y con un pasado de volcanismo activo que colmó de cenizas y escoria la separación o valles entre los cordones de cerros, se extiende desde el paralelo 17°30 hasta los 28° latitud sur, adosada al borde oriental del territorio con un ancho variable entre 20 y 70 km (CEAA, 2008b). <u>Geología y volcanismo</u> Dentro de las principales unidades del macizo andino de la cordillera de Los Andes, se encuentra el volcán Licancabur con una altura de 5.916 m, un estratovolcano ubicado en la frontera sureste entre Bolivia y Chile en sentido sur del área de estudio; el cerro Sairecabur ubicado inmediatamente al norte del volcán Licancabur, con un altura de 5.645 m; el cerro Curiquinca, con una altura de 5.676 m; el cerro Colorado, con una altura de 5.735 m, y el		

volcán Putana, con una altura de 5.850 m, ubicado en el extremo norte del área (CEAA, 2008b).

Flujos de lava post glacial y depósitos piroclásticos recientes en las faldas del volcán Licancabur, indican su creación en la era del Holoceno. Aunque al día de hoy, el volcanismo es reportado como latente, la evidencia de la actividad a escala local y regional existe en forma de fuentes geotermales en la base del volcán y cerca de centros eruptivos (Volcanes Putana y Lascar, Chile). Estudios geocronológicos de campos estromatolíticos cercanos, indican que algunos de los flujos más recientes en Licancabur pueden haber sido emplazados recientemente a 10-13 Ka. La fisiografía del volcán es notable: Robusto, pendientes simétricas de bloques de andesita se extienden cerca de 1,5 km en vertical sobre el Altiplano. A una elevación de 5881 m.s.n.m., el pequeño lago sumido en el cráter es el lago volcánico a mayor altura en el mundo (Figueroa & Deruelle, 1996; Hock, 2003).

La zona de estudio está asociada a la acción erosiva del agua superficial en los cauces, que ocurre estacionalmente en aquellos períodos del año donde aumenta el caudal activando incluso muchos lechos que permanecen secos la mayor parte del año, durante el invierno altiplánico. Dentro de las unidades relacionadas con procesos dinámicos, principalmente de acumulación, se distinguen: el abanico del río San Pedro, el abanico del río Vilama y el abanico del llano Vilama, compuesto por la coalescencia de varios abanicos de quebradas que descienden por el plano inclinado. Este último también se distingue entre las formas originadas por acciones dinámicas y su desarrollo se observa entre las cotas 3.500 y 4.700 m. Además pueden distinguirse dos unidades geográficas principales que se resumen en dos subcuencas: Jorquencal- Turipite- Puritana y Purifica - Puritama – Vilama (CEAA, 2008b).

Hidrología

La quebrada Jorquencal nace en los faldeos del volcán Curiquinca (5.722 msnm) y se extiende por unos 24 km. En su curso superior drena en dirección E-W por diez kilómetros, siguiendo luego una dirección NE-SW hasta juntarse con el río Puritana. La quebrada Turipite nace en los faldeos sur de los antiguos volcanes Falda Grande y Jorquencal, extendiéndose de norte a sur por nueve kilómetros hasta el río Puritama, a 3.240 msnm. A su vez, el río Puritama nace también nueve kilómetros al interior, pero drena con dirección NE-SW, pasando a mitad de su curso por una zona de alteración hidrotermal que da origen a las termas de Puritama (CEAA, 2008b).

La subcuenca Purifica - Puritama – Vilama, recibe todo el aporte de la subcuenca anteriormente descrita. El río Purifica realiza su aporte de aguas superficiales al río Puritama en el sector de Guatín, naciendo éste en los faldeos del volcán Sairecabur (5.971 msnm) (CEAA, 2008b).

Por otra parte, a través de un modelo de balance hídrico anual se ha estimado que el lago del volcán experimenta una pérdida neta de 486 mm. Los componentes de esta medición corresponden al flujo de entrada, derivado por precipitación y una pérdida de masa por evaporación. Estos resultados están apoyados por observaciones intrafotográficas hechas en terreno dentro del cráter, las cuales muestran un descenso en el nivel del lago cercano a un metro en dos años, o una pérdida promedio anual de 50 cm (Figueroa & Deruelle, 1996).

Biodiversidad

La flora de la zona de estudio, según se describe en CEAA (2008b) se compone de 86 especies que se distribuyen en 20 familias y 55 géneros, donde destacan *Notholaena nívea* como la única Pteridofita presente y *Ephedra breana* y *E. multiflora* como las únicas Pinofitas. Esta flora corresponde al 8,1% de la flora regional y al analizar su origen fitogeográfico, 85 especies (98,8%) son nativas y sólo una (1,2%), *Aristida adscensionis* (Poaceae), es alóctona). Las especies que presentan mayores coberturas y frecuencias relativas son, en orden decreciente: *Festuca orthophylla*, *Maihueniopsis atacamensis*, *Atriplex imbricata*, *Stipa chrysophylla*, *Baccharis incarum*, *Deyeuxia sp.* y *Stipa venusta*. Finalmente, respecto de las formaciones vegetacionales se encuentran al menos cuatro comunidades: *Fabianetum ramuloso – denudatae*, *Acantholippio deserticolae – Atriplicetum imbricatae*, *Festuca chrysophylla – Fabiana bryoides* y *Festuca orthophylla – Parastrephia lucida*.

En lo que se refiere a la fauna presente se ha descrito un total de 43 especies de vertebrados distribuidas en 33 géneros, 23 familias y 12 órdenes. Del total de especies inventariadas, 20,9% corresponden a mamíferos, el 60,5% al grupo de las aves, el 14% a los reptiles y 7% de anfibios; todas especies nativas (CEAA, 2008b).

Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013).

Flora	**Fauna**
- AIRAMPOA; *Airampoa ayrampo* (Preocupación Menor) - CARDÓN; *Trichocereus atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenopsis glomerata* (Casi Amenazada) - DORADILLA; *Agryrochosma nívea* (Preocupación Menor) - LLARETA; *Azorella compacta* (Vulnerable) - TUNA, TUNILLA; *Maihueniopsis boliviana* (Preocupación Menor)	Anfibio: - SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa* (Preocupación Menor) Reptil: - DRAGÓN DE OIDO CUBIERTO; *Liolaemus audituvelata* (Rara) - LAGARTIJA DE CONSTANZA; *Liolaemus constanzae* (Rara) - LAGARTIJA DE FABIAN; *Liolaemus fabiani* (Rara) Aves: - CONDOR; *Vultur gryphus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi* (Rara) - PERDIZ DE LA PUNA; *Tinamotis pentlandii* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Cholephaga melanoptera* (Vulnerable) - SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) Mamíferos: - CHINCHILLA CORDILLERANA; *Chinchilla chinchilla* (En Peligro Crítico) - COLOCOLO; *Leopardus colocolo*

	(Casi Amenazada) - GUANACO; *Lama guanicoe* (Vulnerable) - LAUCHITA DE PIE SEDOSO; *Eligmodontia puerulus* (Preocupación Menor) - QUIRQUINCHO DE LA PUNA; *Chaetophractus nationi* (En Peligro) - RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; *Abrocoma cinérea* (Preocupación Menor) - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En Peligro) - VISCACHA; *Lagidium viscacia* (En peligro) - ZORRO CULPEO; *Pseudalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio007703

3.3.6 Ayllus de San Pedro de Atacama

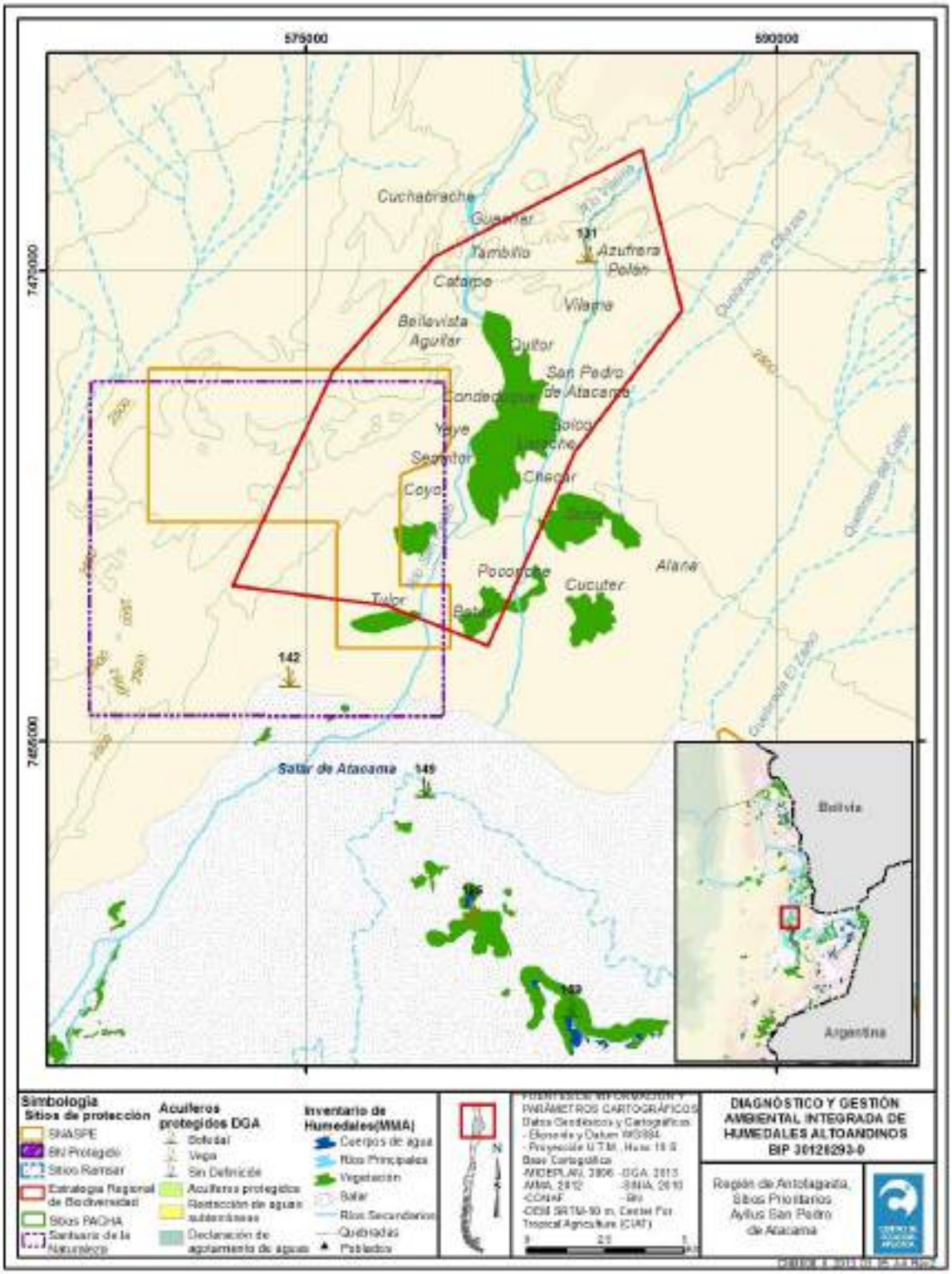


Figura 3.10. Ubicación del sitio prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama.

Folio007704

Tabla 3.8. Ficha sitio prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama.

SITIO PRIORITARIO	**Ayllus de San Pedro de Atacama**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
2450 m.s.n.m.	114 Km^2	580269m E	7465581m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Bajo		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (Ramsar 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	Calar (131)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (584880m E - 7472257m N) (585807m E - 7435771m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Corresponde en su totalidad a propiedades particulares de la zona poblada de San Pedro de Atacama y sus alrededores.			
Características del sitio			
Este sitio se considera el principal oasis de la zona de la Prepuna, debido a que constituye la principal fuente de agua para las especies que habitan en los alrededores (CONAMA, 2002). <u>Clima</u> En lo que se refiere a climatología, se registran, como promedio anual, 27,9 mm de agua caída, de las cuales el 81% ocurre entre Diciembre y Marzo. La temperatura media anual es de 14,4ºC (DGA, 2008b; DGA, 2010a) y sufre importantes variaciones a lo largo del día (DGA, 1991). Por otra parte, la evaporación tiene una tasa promedio de 2981 mm/año (DGA, 2008b; DGA, 2010a). La humedad relativa promedio anual es de 54,7% (DGA, 1991). <u>Geomorfología</u> El área se corresponde con un abanico deyeccional con sedimentos compuestos principalmente por arenas y gravas derivadas de rocas volcánicas terciarias (DGA, 1991). Debido a la acción del viento, se formar estructuras dunarias que constituyen en el área un problema, ya que en su avance podrían sepultar los Ayllus (DGA, 1991).			

Suelos

Los suelos de los sectores agrícolas de San Pedro de Atacama son por lo general suelos evolucionados de sedimentos finos estratificados y de sedimentos arenosos de origen aluvio deyeccional (DGA, 1991)

Información fluviométrica

Los cursos de agua más importantes son el río San Pedro y el río Vilama, cuyos caudales medios anuales son 0,9 (m^3/s) y 0,25 (m^3/s), respectivamente (Lemus y Soto, 2011). El río San Pedro es el de mayor caudal y el más largo (DGA, 1991) El río San Pedro se caracteriza por ser el de mayor caudal en la zona aportante al salar de Atacama, y por la mayor cantidad de solidos totales disueltos que contiene. Sus principales macroelementos son el Cloruro, Sodio, Sulfato y el Bicarbonato. Por otra parte, el río Vilama es el segundo en caudal aportante, y los macroelementos que están en mayor concentración son los mismos que el río San Pedro (Alonso & Risacher, 1996a).

Las aguas superficiales asociadas al sector del oasis de San Pedro Atacama, tienen diferentes niveles de elementos orgánicos e inorgánicos. Para la población local, el río San Pedro, cumple con los requerimientos necesarios para el consumo humano por lo que tradicionalmente se ha utilizado y trasportado, por los canales de regadío del sector. Desde esta fuente, se extrae el recurso para la planta de agua potable rural y se abastece la superficie de cultivos agrícolas (Lemus & Soto, 2011).

Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013) **ˣˣ Citado en MMA, 2013; pero no descrito para la región según Listado Oficial.**

Flora	**Fauna**
- ˣˣ ALGARROBO DEL CENTRO; *Prosopis chilensis* (Vulnerable) - ALGARROBO DEL NORTE; *Prosopis alba* (Preocupación Menor) - TOMATE SILVESTRE; *Solanum sitiens* (Vulnerable – Rara)	Anfibios: - ˣˣ SAPO; *Telmatobius halli* (En Peligro Crítico) - SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa* (Preocupación Menor) Reptiles: - CORREDOR DE TARAPACÁ; *Microlophus tarapacensis* (Insuficientemente Conocida) - CULEBRA PERUANA; *Tachymenis peruviana* (Rara) - DRAGÓN DE OIDO CUBIERTO; *Liolaemus audituvelata* (Rara) - DRAGÓN DE REICHE; *Liolaemus reichei* (Insuficientemente Conocida) - LAGARTIJA DE CABEZA NEGRA; *Liolaemus nigriceps* (Vulnerable) - LAGARTIJA DE CONSTANZA; *Liolaemus constanzae* (Rara) - LAGARTIJA DE FABIAN; *Liolaemus fabiani* (Rara)

	- LAGARTIJA DE PAULINA; *Liolaemus paulinae* (Rara) - LAGARTIJA DE WALKER; *Liolaemus walkeri* (Rara) - LAGARTIJA RUBRICADA; *Liolaemus signifier* (Rara) - <u>Aves:</u> - CONDOR; *Vultur gryphus* (Vulnerable) - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attagis gayi* (Rara) - PIUQUÉN; *Cloephaga melanoptera* (Vulnerable) <u>Mamíferos</u> - COLOCOLO; *Leopardus colocolo* (Casi Amenazada) - LAUCHITA DE PIE SEDOSO; *Eligmodontia puerulus* (Preocupación Menor) - QUIRQUINCHO DE LA PUNA; *Chaetophractus nationi* (En Peligro) - RATÓN DE LA PUNA; *Auliscomys sublimis* (Preocupación Menor) - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - ZORRO CHILLA; *Pseudalopex griseus* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Pseudalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio007707

3.3.7 Salar de Atacama

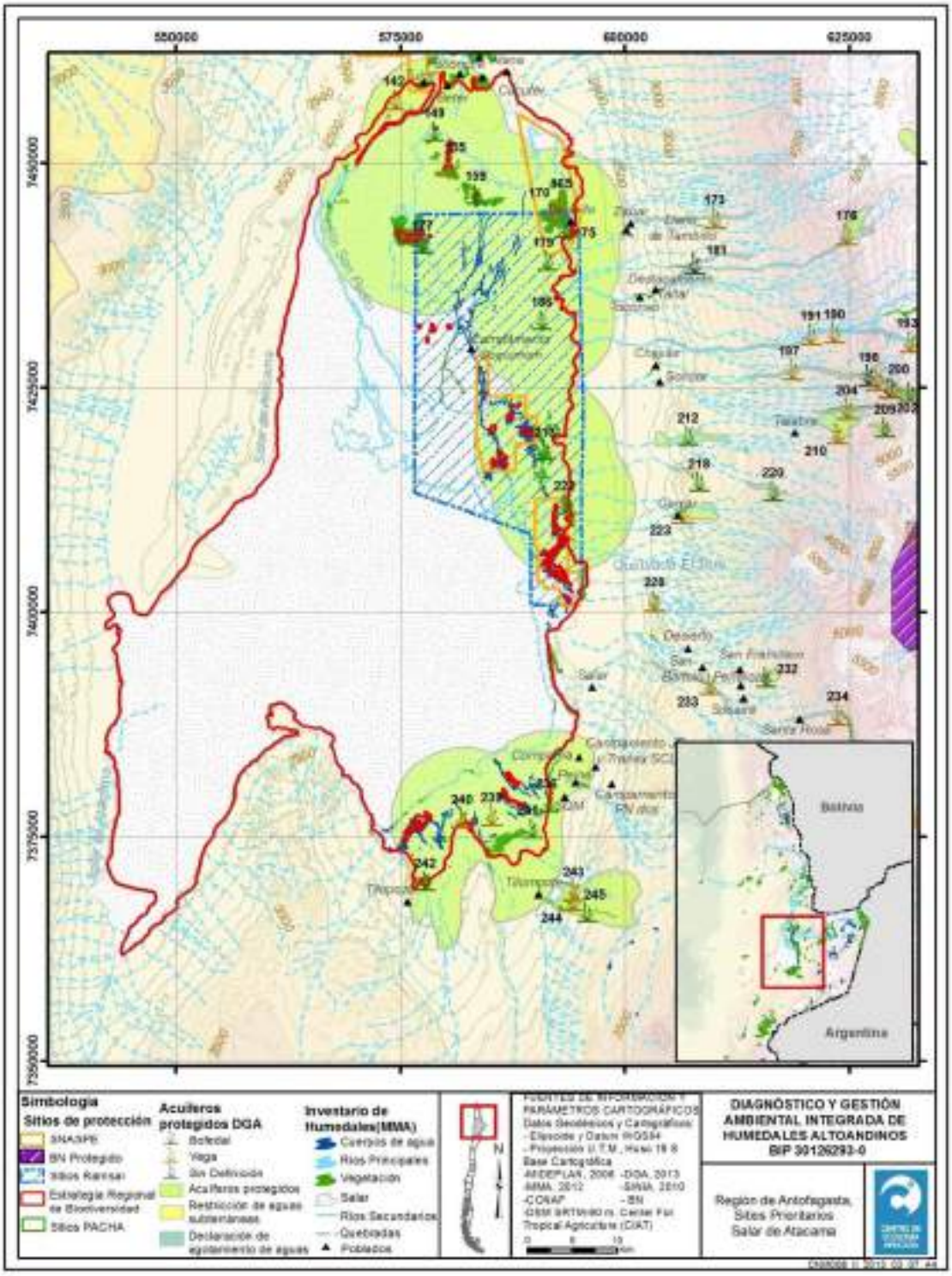


Figura 3.11. Ubicación del sitio prioritario Salar de Atacama.

Folio007708

Tabla 3.9. Ficha sitio prioritario Salar de Atacama.

SITIO PRIORITARIO	**Cuenca del Salar de Atacama**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
2300 m.s.n.m.	3200 km^2	573248m E	7410698m S
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	BAJO		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (CONAF, 2008a; Ramsar, 2013)	Sí (Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama)		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Baltinache (149) - Cejas (155) - Yona Grande (159) - Tebinquinche (177) - Los Pantanos (165) - Tujirea (170) - Tambillo (175) - Olar (179) - Tapar (186) - Carvajal (213) - Quelana (222) - Palao (236) - Silolao (241) - Tilocalar (239) - La Punta (240) - Tilopozo (242)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (585807 m E - 7.435.771 m N) (584723 m E - 7.376.372 m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Mayormente fiscal, con reclamaciones indígenas de tierra ancestrales, gran cantidad de derechos de explotación de diversos recursos.			
Características del sitio			
<u>Ubicación</u> El Salar de Atacama, el mayor depósito salino y el más grande del país, se ubica en la provincia del Loa. Está emplazado en la parte más baja de una cuenca tectónica, disimétrica en la posición de los depósitos salinos y totalmente cerrados.			

En el extremo norte de la cuenca se encuentran los cerros del Tatio, mientras que hacia el Este se dispone el Altiplano o Puna de Atacama. Los límites principales, al Sur y Oeste lo constituyen los cerros de Lila y la cordillera de Domeyko, respectivamente (DGA, 1991; Risacher et al., 1999b).

En la zona de estudio existe un sitio RAMSAR que corresponde al sistema Hidrológico de Soncor, clasificado como lagunas salobres permanentes. Éste se ubica dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos en el sector nororiente del salar (DGA, 2012a).

Geología y geomorfología

Geológicamente la cuenca del Salar de Atacama es de origen tectónico y en su parte más baja existe un depósito de sedimentos clásticos y evaporíticos que engranan con los materiales dendríticos y salinos de sus bordes. Corresponde a una unidad geomorfológica dinámica y condicionada por variaciones climáticas, evaporación, precipitación, escurrimientos superficiales y subterráneos, variaciones en el nivel freático, deflación y depositación eólica (DGA, 1991).

En su morfología, el Salar consiste en una gran depresión tectónica cerrada, constituye una cuenca intermontana de aproximadamente 110 km de largo por 60 km de ancho (en su parte central) (DGA, 1991). El fondo de la depresión corresponde al Salar propiamente tal, el que corresponde a la cuenca de evaporación, cuya cota promedio es del orden de 2.350 m.s.n.m., alcanzando una superficie de aproximadamente 3000 km^2 (DGA, 1991).

El Salar, está constituido por dos grandes unidades: el núcleo de 1.100 km^2 de superficie y de 900 m de espesor, y la zona marginal de limos salinos de unos 2.000 km^2 de superficie (Risacher et al., 1999b).

Clima

Respecto del clima, por la latitud en que se ubica la cuenca del salar corresponde, en el periodo de abril a noviembre, un clima desértico con precipitaciones nulas debido a la presencia cercana del cinturón de Altas presiones subtropicales que dan gran estabilidad climática. Sin embargo, en el periodo estival este cinturón experimenta un desplazamiento hacia latitudes mayores dando paso al invierno altiplánico, periodo en que ocurren importantes precipitaciones, las que en la alta cordillera se depositan en forma de nieve (DGA, 1991). Con lo anterior, el régimen de precipitaciones corresponde a lluvias estivales con mayor frecuencia en los meses de diciembre a marzo, con precipitaciones de 25 mm/año (salar) y 30 mm/año (cordillera) (Risacher et al., 1999b).

Existe en la zona una gran amplitud térmica diaria que alcanza una media anual de 20,7 °C. Las temperaturas más bajas se registran entre abril y septiembre (DGA, 1991).

La humedad relativa alcanza un promedio anual de 44,9% y la velocidad media del viento alcanza a 10 m/s a 40 centímetros del suelo con una dirección dominante proveniente oeste (DGA, 1991).

Hidrología e hidrogeología

El Salar tiene una recarga continua de agua subterránea y sólo esporádicamente algunos cursos superficiales llegan a sus bordes (DGA, 1991). Por el norte desembocan los ríos San Pedro y Vilama, cuyas aguas infiltran rápidamente. En general, las aguas escurren hacia el centro del Salar, el que propiamente tal puede considerarse como un acuífero libre. La descarga se debe a la evaporación y transpiración, fenómenos principales responsables de la formación de un salar de agradación, con acumulaciones sedimentarias y clásticas. (DGA, 1991). La fuerte evaporación produce un gradiente hidráulico que moviliza las aguas superficiales hacia el centro del Salar. La mayor parte del agua superficial que recarga el acuífero libre es salobre, observándose un gradiente de concentración de importancia en los bordes (DGA, 1991). La evaporación potencial es de 2.000 mm/año (salar) y 1.600 mm/año (cordillera) (Risacher et al., 1999b).

La red de drenaje de la cuenca hidrográfica del Salar de Atacama está dentro de la región endorreica, donde existen numerosas subcuencas o depresiones sin desagüe que actúan como centros de atracción de las aguas de los contornos. Los principales ríos con escurrimiento permanente son el Río Putana, Río San Pedro, Río Salado, Río Puritama, Quebrada Honar – Toconao, Río Tulán, el cual se infiltra antes de alcanzar el Salar (CIREN, 2010a).

En el sector que ocupa actualmente el Salar de Atacama existe un vasto embalse de agua subterránea que es abastecido desde el norte por un acuífero procedente de un curso paralelo al río San Pedro, por el nororiente, que nace de las estribaciones occidentales del volcán Licancabur y por el sur de las faldas del cerro Pular. En el sector oriente de este embalse existen pozos de la DGA con alta productividad (>10 m^3/h/m) a niveles freáticos que varían desde los 18 a 71 m. Los principales aportes al acuífero del Salar de Atacama provienen del extremo este, específicamente, de la infiltración de la precipitación que se produce en el altiplano (DGA, 2004e)

Entre los principales afluentes del Salar, están los ríos de la parte norte: Río San Pedro, Río Vilama, los cuales desarrollan subcuencas hidrográficas comparativamente más extensa que otros afluentes (DGA, 1991).

El río San Pedro desemboca en el Salar en las inmediaciones del pueblo del mismo nombre y sus principales tributarios son el río Grande, el río Salado y el río Putana. Entre los más destacados tributarios del río Vilama destacan el río Puritama, río Puripica y río frío, entre otros.

Por el borde oriental del Salar confluyen en él las aguas de numerosas quebradas, de las cuales sólo algunas tienen escurrimiento superficial permanente. En general estas quebradas tienen una marcada orientación Este-Oeste y son prácticamente paralelas entre sí (DGA, 1991).

Balance hídrico

Los resultados del balance hídrico en el salar de atacama considerando las subcuencas para el periodo (1970-2008), indican que el aporte de las cuencas del lado oriental es de 2,56 m^3/s, las del sur es de 0,98 m^3/s y las ubicadas al norte es de 2,02 m^3/s.

Esto último es coherente con la ubicación de las zonas marginales del salar y la aparición de lagunas frente a dichas subcuencas. Mientras que en la zona poniente del salar, los aportes a la recarga son mucho menores (0,045 m3/s), ya que gran parte de las precipitaciones se evapora y no alcanzan a llegar al núcleo, por lo que en esa zona del salar no se producen lagunas ni existe una zona marginal húmeda como en el caso de la zona oriente (DGA, 2010b).

Composición química

Como se mencionó anteriormente, el salar está conformado por un núcleo y una zona marginal. El núcleo está constituido por un 90% de halita porosa impregnada con una salmuera de cloruro de sodio muy rica en litio (Li), potasio (K), magnesio (Mg) y boro (B) que ocupa los intersticios de la halita. El balance salino en el núcleo revela un gran exceso de Na y Cl con respecto a Mg, K, Li, B, lo que se atribuye a un alto contenido de NaCl en las antiguas soluciones de aporte producido por lixiviación de la Cordillera de la Sal. Alrededor del núcleo, se extiende la zona marginal del salar constituida de sedimentos salinos finos, ricos en sulfatos, especialmente yeso (Risacher et al., 1999b)

Existen, dos tipos de salmueras en el Salar de Atacama: unas del tipo Na-Ca-(Mg)-Cl (salmueras “cálcicas”) y otras del tipo Na-(Mg)-SO_4-Cl (salmueras “sulfatadas”). Las salmueras cálcicas se encuentran al oeste del salar cerca de la Cordillera de Domeyko, donde predominan las rocas sedimentarias, mientras que las salmueras sulfatadas ocupan la parte oriental bordeada por terrenos volcánicos (Risacher et al., 1999b).

Calidad del agua

Respecto a la Calidad de las aguas superficiales en el salar, hay aguas de muy buena calidad en el norte de la cuenca y en el sector oriental alto. Globalmente, todas las aguas cuya salinidad es inferior a 1 g/l son aprovechables para cualquier uso. Los principales contaminantes son el arsénico y el boro. Las aguas del río Vilama al norte y de las quebradas al sur del salar, tienden a ser más salinas, lo que plantea problemas para su uso, particularmente potable, siendo la situación de San Pedro de Atacama muy delicada por el alto contenido en arsénico (Risacher et al., 1999b).

Tapete microbiano

Laguna Brava ubicada al Sudeste del Salar de Atacama presenta una gran variedad de ecosistemas microbianos que incluyen una gran diversidad de tapetes microbianos y microbialitos de calcio en formas variadas que van desde domos sumergidos hasta estructuras con formas de “hongos”. Los estudios de diversidad llevados a cabo con modernas tecnologías de pirosecuenciación indican la enorme diversidad microbiológica que albergan estas “rocas vivas” y que serían la base de la cadena alimenticia de esta laguna (Farías et al., 2013a).

Estos ecosistemas son sometidos a variaciones debido al cambio estacional del régimen hídrico. Su composición es principalmente de yeso y presenta una sucesión que comienza con los tapetes microbianos que se “inflan como globos” debido a la acumulación de gases, producto de la actividad orgánica que se da en la región inferior. A medida que aumenta la salinidad, se precipitan yeso y halita en estas estructuras, formando domos que presentan una clara estratificación de comunidades microbianas. En una etapa

posterior, cuando la acumulación de yeso o halita supera la cobertura de agua, ésta empieza a acumular yeso y halita lateralmente tomando forma de “hongos” que pueden asemejarse a los estromatolitos. Estos ecosistemas microbianos de bioevaporitas (evaporitas y endoevaporitas) se pueden encontrar en las lagunas de salar de Atacama: Laguna Tebenquiche y Cejar (Farías et al., 2013a).

Las lagunas Tebenquiche y la brava muestran un gradiente de salinidad característico que resulta de la entrada de agua subterránea y/o superficial y de la evaporación (Risacher et al. 2003). A lo largo de los gradientes de salinidad, diferentes ecosistemas microbianos se han desarrollados, ricos en materia orgánica, tapetes microbianos no litificadores se encontraron a lo largo de la orilla a salinidades bajas (62 gr/lt) en Tebenquiche y, con el aumento de la salinidad (116 gr/lt), la cantidad de precipitación mineral y por lo tanto la litificación aumentó también. En La Brava, se observó una situación opuesta, los tapetes estuvieron presentes cerca de la orilla a una salinidad más alta (119 gr/lt) y los microbialitos se encontraron sumergidos en el laguna a una salinidad inferior (72 gr/lt) (Farías et al., 2014).

El aumento de la incorporación de minerales en los tapetes fue confirmado por el incremento en la resistencia mecánica durante el uso de microelectrodos. En la zona de mayor salinidad, extensas área de domos se desarrollan. Los tapetes microbianos tienen una variedad de morfologías macroscópicas incluyendo las cúpulas pequeñas y cerebroides, morfología de serpiente y globular (Farías et al., 2014).

En algunas áreas, tapetes bulbosos acumulan gas bajo la superficie. Los tapetes sumergidos no-litificados tienen una apariencia típica de color rosa, sin embargo, cuando se expone al aire, una corteza evaporítica blanca cubre la superficie (Farías et al., 2014).

En La Brava, los microbiolitos crecen hacia arriba hasta que llegan a la interfaz agua / aire y siguen extendiéndose lateralmente hasta formar plataformas. Estos microbiolitos muestran una secuencia típica de (de arriba a abajo), capas de color verde, púrpura y blanco oscuro (Farías et al., 2014).

Los análisis de XRD revelaron que los tapetes microbianos de Tebenquiche están formados predominantemente por halita (42%) con contribuciones menores de calcita (22%), yeso (22%) y la aragonita (12%), y los sistemas evaporíticos domales de Tebenquiche están conformados enteramente de yeso. En La Brava, los análisis mineralógicos de los tapetes microbianos revelaron halita (82%) como el componente principal y componentes menores de aragonita (13%) y calcita (7%). Los microbiolitos de La Brava están formados exclusivamente de aragonita ($CaCO_3$) (Farías et al., 2014).

Los ecosistemas microbianos que se encontraron en las dos lagunas fueron de tres categorías: tapetes no-litificadores encontrados en La Brava (BM) y Tebenquiche (TM), plataformas litificadoras o microbiolitos en La Brava compuestos por aragonita (IMC) y sistemas litificadores endoevaporíticos en Tebenquiche que forman estructuras domales compuestas de yeso (TD). Esta clasificación permite comparaciones con respecto a la diversidad eubacterial en dos niveles: entre lagunas (La Brava vs Tebenquiche) y entre tapetes no-litificadores vs tapetes litificadores (es decir, las cúpulas de yeso y microbiolitos aragoníticos) (Farías et al., 2014).

Hábitats y especies

En lo que se refiere a la fauna presente, en particular a la avifauna, es importante destacar que el salar de Atacama constituye un sitio importante como hábitat, sitio de reproducción e hibernación para los tres flamencos presentes en el altiplano Chileno.

En este sitio el Flamenco Andino (*Phoenicoparrus andinus*) presenta sus mayores agregaciones en los periodos de verano e invierno. En este último periodo el salar se convierte en el principal sitio de hibernación de la zona para dicho flamenco, y de igual forma para las otras dos especies (flamenco de James y flamenco Chileno). Esto ocurre principalmente debido a que la oferta trófica no disminuye durante esta estación, observándose por el contrario mayor abundancia y diversidad de microalgas en los inviernos, caso opuesto al ocurrido en humedales ubicados a mayor altitud. Esto hace del Salar de Atacama un sitio de importancia invernal, en especial para las tres especies de flamenco, pero en particular para el Andino y el Chileno, pues constituye un sitio importante de anidación y reproducción. De hecho, las máximas históricas de reproducción observadas (1986 – 2002) entre los años 1986 y 1990 se relacionan con eventos reproductivos de gran magnitud ocurridos precisamente en el Salar de Atacama (Rodríguez, 2005).

Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013) **ˣˣ Citado en MMA, 2013; pero no descrito para la región según Listado Oficial.**

Flora	**Fauna**
- AIRAMPOA; *Airampoa ayrampo* (Preocupación Menor) - ˣˣ ALGARROBO DEL CENTRO; *Prosopis chilensis* (Vulnerable) ALGARROBO DEL NORTE; *Prosopis alba* (Preocupación Menor) - CARDÓN; *Trichocereus atacamensis* (Casi Amenazada) - COJÍN DE SUEGRA; *Maihuenopsis atacamensis* (Casi Amenazada) - CULANTRILLO; *Cheilanthes pruinata* (Casi Amenazada) - CUMULOPUNTIA; *Cumulopuntia sphaerica* (Preocupación Menor) - DORADILLA; *Agryrochosma nívea* (Preocupación Menor) - LLARETA; *Azorella compacta* (Vulnerable) - LOBIVIA; *Lobivia Formosa* (Vulnerable) - TAMARUGO; *Prosopis tamarugo* (En Peligro)	Anfibios: - SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa* (Preocupación Menor) - SAPO PERUANO; *Telmatobius peruvianus* (En Peligro – Rara) Reptiles: - CULEBRA PERUANA; *Tachymenis peruviana* (Rara) - DRAGÓN DE OIDO CUBIERTO; *Liolaemus audituvelata* (Rara) - DRAGÓN DE REICHE; *Liolaemus reichei* (Insuficientemente Conocida) - DRAGÓN DE STOLZMANN; *Liolaemus stolzmanni* (Rara) - DRAGÓN GRANDE; *Liolaemus erroneus* (Insuficientemente Conocida) - LAGARTIJA DE CABEZA NEGRA; *Liolaemus nigriceps* (Vulnerable) - LAGARTIJA DE CONSTANZA; *Liolaemus constanzae* (Rara) - LAGARTIJA DE FABIAN; *Liolaemus fabiani* (Rara) - LAGARTIJA DE PAULINA; *Liolaemus paulinae* (Rara) - LAGARTIJA DE SCHMIDT; *Liolaemus*

Folio007714

- TOMATE SILVESTRE; *Solanum sitiens* (Vulnerable – Rara) - TUNA, TUNILLA; *Maihueniopsis boliviana* (Preocupación Menor) - VIEJITO; *Oreocereus leuchotrichus* (Preocupación Menor) -	*schmidti* (Rara) - LAGARTIJA DE WALKER; *Liolaemus walkeri* (Rara) - LAGARTIJA ORNAMENTADA; *Liolaemus ornatus* (Rara) - LAGARTIJA RAYADA NORTINA; *Liolaemus alticolor* (Fuera de Peligro) - LAGARTIJA RUBRICADA; *Liolaemus signifier* (Rara) <u>Aves:</u> - AGUILUCHO DE LA PUNA; *Buteo poecilochrous* (Preocupación Menor) - CONDOR; *Vultur gryphus* (Vulnerable) - FLAMENCO CHILENO*; Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA; *Larus serranus* (Vulnerable) - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus cassini* (Vulnerable) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PATO GARGANTILLO; *Anas bahamensis* (Rara) - PERDICITA CORDILLERANA*; Attagis gayi* (Rara) - PERDIZ DE LA PUNA; *Tinamotis pentlandii* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Cloephaga melanoptera* (Vulnerable) - SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) - TAGUA CORNUDA; *Fulica cornuta* (Vulnerable) - TAGUA GIGANTE; *Fulica gigantea* (Vulnerable) <u>Mamíferos:</u> - CHINCHILLA CORDILLERANA; *Chinchilla chinchilla* (En Peligro Crítico) - COLOCOLO; *Leopardus colocolo* (Casi Amenazada) - GATO ANDINO; *Oreailurus jacobita* (En Peligro-Rara) - GUANACO; *Lama guanicoe* (Vulnerable) - LLACA O MARMOSA; *Thylamys elegans* (Rara) - PUMA; *Puma concolor* (Casi amenazada) - QUIQUE; *Galictis cuja* (Vulnerable) - QUIRQUINCHO DE LA PUNA;

Folio007715

	Chaetophractus nationi (En Peligro) - RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; *Abrocoma cinérea* (Preocupación Menor) - RATÓN DE LA PUNA; *Auliscomys sublimis* (Preocupación Menor) - RATÓN DE PIE SEDOSO; *Eligmodontia puerulus* (Preocupación Menor) - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En Peligro) - VIZCACHA*; Lagidium viscacia* (En Peligro) - ZORRO CHILLA; *Pseudalopex grisaeus* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Pseudalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio007716

3.3.8 Salar de Tara

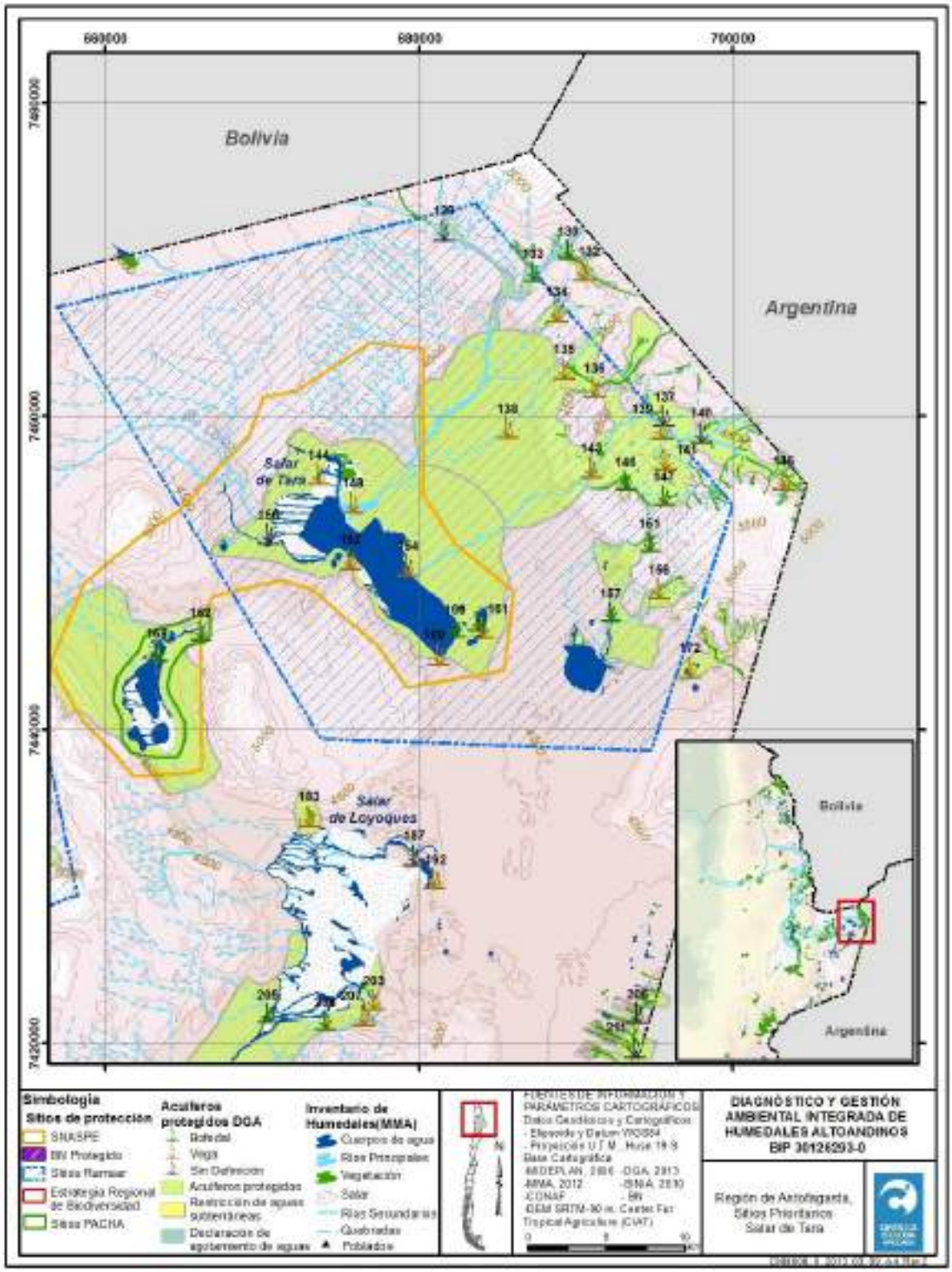


Figura 3.12. Ubicación del sitio prioritario Salar de Tara.

Folio007717

Tabla 3.10. Ficha sitio prioritario Salar de Tara.

SITIO PRIORITARIO	**Salar De Tara**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
4400 m.s.n.m.	964396 Km^2	678079m E	7451986m N
Grado de Endemismo (CONAF, 2008d)	Reducido		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013; CONAF, 2008d)	Salar de Tara		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Tara (144) - Salar de Tara 1 (148) - Huaillitas (150) - Salar de Tara 2 (152) - Cueva Pintada (154) - Salar de Talar 1 (160) - Salar de Talar 2 (161) - Salar de Talar 3 (169)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (678079m E - 7451986m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAF, 2008d)			
Dentro del sitio Ramsar la propiedad es fiscal			
Características del sitio			
El Salar de Tara forma parte de la Reserva Nacional Los Flamencos y fue declarado sitio Ramsar en 1995. Corresponde a un salar tipo playa con un sistema lagunar que tiene extensión variable. <u>Climatología</u> La precipitación anual está datada en 150 mm anuales y la evaporación potencial en 1500 mm anuales. La temperatura media en la región del salar es de 0°C (Richaser et al., 1999). El clima principal se caracteriza por la concentración de escasas lluvias en verano y una estación seca que dura de 7 a 10 meses (CONAF, 2008d).			

Folio007718

Geología y geomorfología

Las series geológicas expuestas en el Salar de Tara corresponden a rocas volcánicas y sedimentarias, desde el Plioceno al Cuaternario Superior (CONAF, 2008d). En cuanto a la geomorfología está constituida principalmente por el plateau volcánico terciario, que se encuentra interrumpido por estructuras volcánicas como el volcán Huailitas (CONAF 2008d).

Hidrología

La red de drenaje en el salar corresponde, por el oriente al río Zapaleri, la quebrada de Angostura y el estero Cueva Pintada, y por el poniente aportan el río Chico y Huailitas (CONAF, 2008d). El río Zapaleri es considerado como el único aporte relevante al Salar de Tara (Richaser et al., 1999) con un caudal aproximado de 400 l/s (CONAF, 2008d) aunque el resto de aportes no deben ser despreciados. En el interior del salar aparecen lagunas someras permanentes de tamaños variables.

Hidroquímica

El agua del río Zapalieri aporta una salinidad de 287 mg/l STD mientras que el agua proveniente del sureste del salar es 3,5 veces más salada que el agua de este río aunque su composición es muy parecida. La laguna norte en cuanto al contenido en sales es considerada salobre (2,5 g/l STD) y la laguna sur es considerada salmuera (176 g/l STD). Ambas son de tipo Na/Cl con concentraciones menores del resto de componentes, siendo en ambas el SO_4 superior al Ca. El agua de mejor calidad es la proveniente del río Zapalieri a pesar de que tiene un leve exceso en arsénico. Por otro lado las aguas provenientes del sector nor-occidental están al límite de la potabilidad para los componentes mayores, el contenido en arsénico es superior al límite admisible y la concentración de boro hace que no sean adecuadas para uso en agricultura (Richaser et al., 1999).

Biodiversidad

El Salar de Tara corresponde a un humedal del tipo laguna salobre permanente y concentra la mayor cantidad de especies observadas en los Humedales de la Región de Antofagasta, registrándose un total de 28 especies predominando la Avifauna (89,5%) por sobre los mamíferos (10,5%) (CONAF, 2008e).

En relación a la presencia de flamencos en el Salar de Tara es importante destacar que este sistema constituye la principal zona de anidación y reproducción del flamenco de James (*Phoenicoparrus jamesi*), el cual presenta núcleos de agregación importantes en los periodos estival e invernal. Esta zona corresponde a una de las cuatro áreas con registro de nidificación en Chile. Durante 1986 se detectó una máxima abundancia de esta ave, la cual estuvo directamente relacionada con la población presente en el salar. El Flamenco Chileno (*Phoenicopterus chilensis*) también está presente en el salar, históricamente ha presentado abundancias comparativamente menores al flamenco de James, pero vale destacar el pick excepcional de 15.464 el año 1986 (presentes en los salares de Surire y Tara). Los eventos reproductivos del flamenco de James fueron 4.100 en el año 1986, 500 en el año 1988 y 100 en el año 1994; mientras que el evento reproductivo del flamenco chileno reportado fue de 1.250 en el año 1986 (Rodríguez,

Folio007719

2005). También se encuentra presente el flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*). Es común además observar el ganso andino (*Chlöephaga* melanoptera), asimismo es un sitio de concentración de otras aves acuáticas, tanto residentes como migratorias interhemisféricas (CONAF, 2008d) La comunidad local pastorea camélidos y recolecta plantas para su uso como combustible y medicamento (CONAF, 2008d).

Especies en Estado de Conservación (CONAF, 2008d; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013). **[xx] Citado en MMA, 2013; pero no descrito para la región según Listado Oficial.**

Anfibios
- SAPO ESPINOSO; *Rhinella spinulosa* (Preocupación Menor)
- [xx] SAPO; *Termatobius halli* (En Peligro Crítico)

Reptiles
- LAGARTIJA DE FABIÁN; *Liolaemus fabian* (Rara)

Aves:
- FLAMENCO CHILENO; *Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable)
- GAVIOTA ANDINA; *Larus serratus* (Vulnerable)
- HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus cassini* (Vulnerable)
- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable)
- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable)
- PERDICITA CORDILLERANA; *Attais gayi* (Rara)
- PIUQUÉN, GANSO ANDINO; *Chlöephaga melanoptera* (Vulnerable)
- SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable)
- TAGUA CORNUDA; *Fulica cornuta* (Vulnerable)
- TAGUA GIGANTE; *Fulica gigantea* (Vulnerable)

Mamíferos
- COLOCOLO; *Leopardus colocolo* (Casi Amenazada)
- GATO ANDINO; *Oreailurus jacobita* (En Peligro-Rara)
- PUMA; *Puma concolor* (Casi Amenazada)
- QUIRQUINCHO DE LA PUNA; *Chaetophractus nationi* (En Peligro)
- RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; *Abrocoma cinérea* (Preocupación Menor)
- TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable)

Folio007720

	- VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En Peligro) - VIZCACHA; *Lagidium viscasia* (En Peligro) - ZORRO CULPEO *Pseudalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio007721

3.3.9 Salar de Aguas Calientes (I)

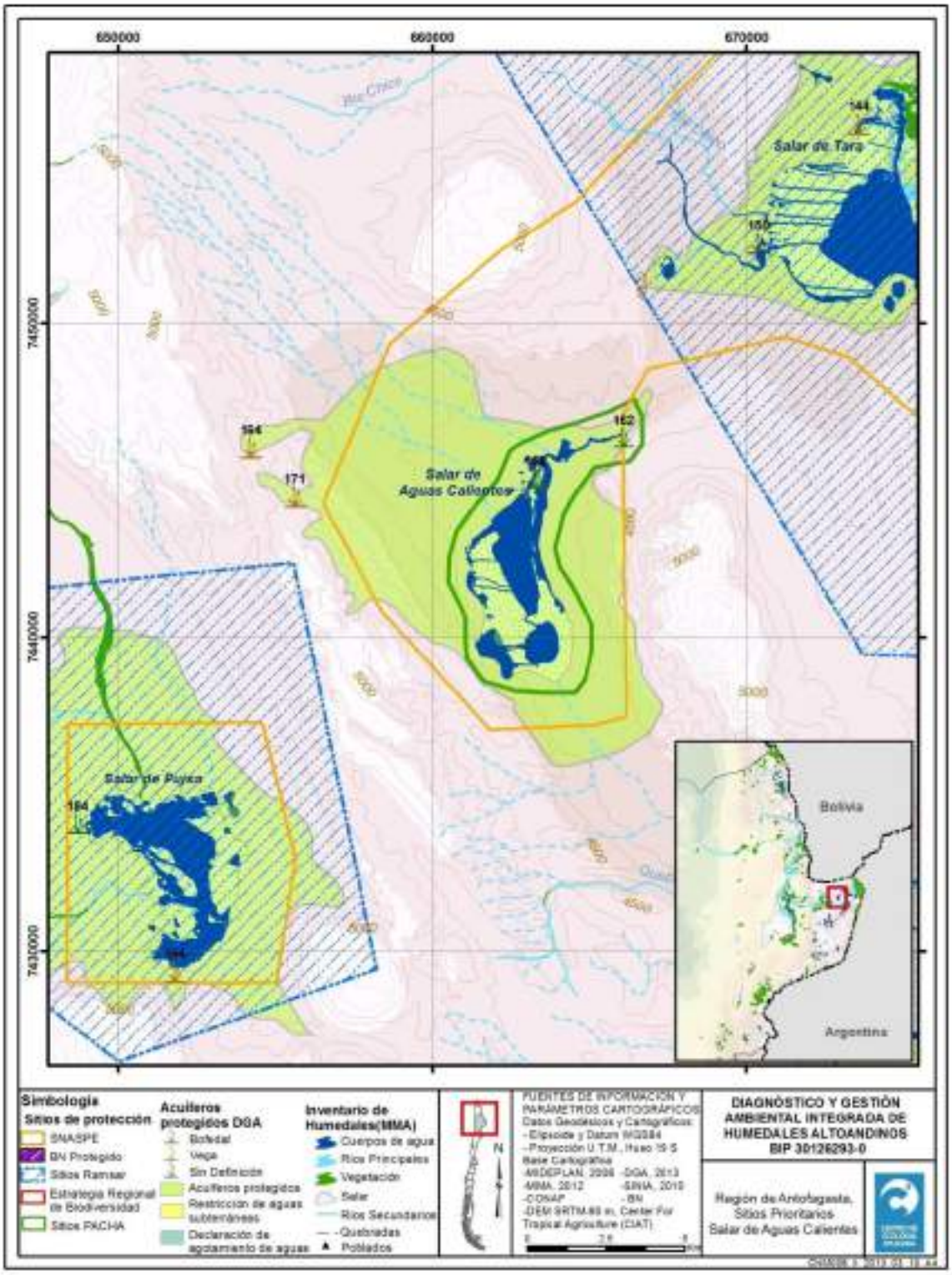


Figura 3.13. Ubicación del sitio prioritario Salar de Aguas Calientes (I).

Folio007722

Tabla 3.11. Ficha sitio prioritario Salar de Aguas Calientes.

SITIO PRIORITARIO	**SALAR DE AGUAS CALIENTES (I)**		
Altitud	**Superficie**	**Coordenadas WGS84**	
4100 m	Cuenca: 281 km^2 Salar: 15 km^2 Lagunas: 2-3 km^2	663217m E	7442558m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	-		
Sitio SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vega y Bofedales alimentados por acuíferos Protegido por Res. DGA N°87/2006	-Pili (215) -Río Negro (221) -Suculto (224) -Toro Blanco (225) -Chamaca (226) -Aguas Calientes 4 (230) -Sucultur (231)		
Acuíferos protegidos (DGA,2010c)	Sí (661621m E-7443006m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad			
-			
Características del sitio			
El Salar de Aguas Calientes se encuentra en el norte del Altiplano de la II Región en la pampa del mismo nombre entre el cordón Quilapana al este y los cerros de la Pacana al oeste, flanqueado por otros dos salares: el salar de Tara y el salar de Pujsa. (Risacher et al., 1999). <u>Clima</u> Las precipitaciones se presentan como tormentas de corta duración y de poca extensión territorial. El agua precipitada en la montaña sostiene las zonas bajas que son de aridez extrema. Según la clasificación Köeppen, el área obedece a “clima de tundra por efecto de altura con precipitación estival”, con temperatura promedio anual de 1ºC, humedad media anual del 27% (Risacher et al.1999).			

Hidroquímica

Es un depósito evaporítico de unos 15 km^2, el cual drena a una cuenca endorreica de unos 281 Km^2, con una orientación de su eje mayor NS de 6,5 Km y que en su parte más ancha tiene aproximadamente 2,4 Km. (Garcés & López, 2012)

El Salar de Aguas Calientes es un salar de tipo playa con lagunas superficiales de extensión variable que ocupa un área relativamente reducida de la depresión, que está recubierta por una costra de materiales salinos, mayoritariamente halita y yeso. (Risacher et al., 1999).

La presencia de depósitos aluviales se presentan por el sector este del salar, constituidos principalmente por arenas mezcladas con material piroclásticas, de cenizas pómez y gravas de formas angulosas. Mientras que, por el sector poniente del salar se encuentran depósitos sedimentarios de ignimbritas. La actividad evaporítica actual en los salares se asocia a una elevada tasa de evaporación. La presencia de agua superficial está restringida a zonas reducidas y marginales en las que se acumulan las aguas procedentes de quebradas o donde aflora el agua subterránea, que en algunos casos es de carácter termal. (Garcés & López, 2012).

Esta situación obedece al balance hídrico actual, claramente deficitario, ya que las precipitaciones que recibe la cuenca de drenaje se sitúan en torno a 150 mm/año, siendo la evaporación estimada superior a 1.500 mm/año lo que revela un ambiente marcadamente árido. (Garcés & López, 2012)

En el salar de Aguas Calientes existen aguas con características hidrológicas y geoquímicas marcadamente diferentes. La naturaleza química de las aguas evidencian que el salar pertenece al sistema Na-Cl, y guardan relación directa con la composición salina del salar, cuyos sedimentos están principalmente constituidos por halita acompañada de yeso y con presencia de boratos en su zona central. Es de notar la gran concentración de As y B, en las salmueras de la zona centro-occidental del salar, lo cual obedece al origen predominantemente hidrotermal de las soluciones de recarga. (Garcés & López, 2012)

La composición de todas las aguas parece estar ligada a la composición salina de los sedimentos del salar, ya que su contacto tanto con las aguas superficiales que acceden al salar como con las de los aportes subterráneos, provoca el enriquecimiento en cloruro y sodio, generando de esta forma una homogeneidad composicional de las soluciones. La actividad evaporítica actual da lugar a que en los periodos de mayor concentración por evaporación de las soluciones superficiales precipiten sales minerales del mismo tipo que las que constituyen el núcleo salino del salar, habiéndose identificado en este trabajo que se trata mayoritariamente de halita y yeso. (Garcés & López, 2012).

Geología

El sustrato geológico de la zona donde se sitúa el salar está constituido principalmente por rocas ígneas de edad Plioceno. La más importante es la Ignimbrita Atana con un volumen de unos 2500 Km^3 de tobas dacíticas blancas, rosadas y grises que pertenece a la zona geológica conocida como Complejo Volcánico Altiplano Puna (APVC). Esta unidad se sitúa estratigráficamente sobre otras unidades ignimbríticas más antiguas,

asociadas a la actividad ígnea existente en este sector al menos desde el Mioceno Superior, asociada a la caldera de La Pacana, que se ha interpretado como la caldera de colapso más antigua del vulcanismo cenozoico en esta región (Garcés & López, 2012)

Las secuencias geológicas en esta cuenca son las siguientes: (Jiménez, 2012)

MQs: Mioceno-Cuaternario. Secuencias sedimentarias. Correspondientes a depósitos evaporíticos: sulfatos, cloruros, carbonatos y niveles detríticos finos.

Ms3i: Mioceno superior. Centros y secuencias volcánicas: lavas, domos y depósitos piroclásticos, andesíticos a dacíticos, con intercalaciones aluviales, asociados a depósitos epitermales de Au-Ag.

P3i: Plioceno. Centros volcánicos: lavas, domos y depósitos piroclásticos andesíticos a dacíticos, conos de piroclastos y lavas basálticas a andesito-basálticas- P3t: Plioceno. Depósitos piroclásticos dacíticos a riolíticos parcialmente soldados.

Q3i: Cuaternario. Estratovolcanes y complejos volcánicos: lavas basálticas a riolíticas, domos y depósitos piroclásticos andesito-basálticos a dacíticos: principalmente calcoalcalinos.

Qa: Pleistoceno-Holoceno. Secuencias sedimentarias. Depósitos aluviales, coluviales o lacustres: gravas, arenas y limos. Abanicos aluviales.

Qe: Pleistoceno-Holoceno. Secuencias sedimentarias. Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes activos e inactivos.

Desde el punto de vista económico, el salar posee importantes reservas de boratos, sales minerales altamente solubles, que están genéticamente relacionados con la actividad volcánica del Terciario Superior – Cuaternario. El yacimiento de boro en este salar ha sido prospectado pero no explotado, quedando en la superficie de su zona central una serie de calicatas abiertas de hasta 2 m de profundidad, en cuyo fondo aflora el agua freática del salar. (Garcés & López, 2012)

Hidrología

La alimentación superficial principal del salar es a través de las quebradas que descienden de las laderas del cerro Incahuasi (quebrada Peña Negra) por el norte y, por el este, la quebrada que corre entre el cerro Losloyo y la Pampa del Morado. Esta última forma importantes vegas en su desembocadura y alimenta la laguna de este extremo. La otra laguna destacable se encuentra al suroeste del área del salar. (Jiménez, 2012)

Los aportes superficiales más importantes son el Río Pili y la Quebrada de Chamaca. (Rivera & Cruces, 2009).

Producto de la climatología actual es posible diferenciar tres tipos principales de aguas: los aportes de drenaje, las acumulaciones de agua en la aureola pantanosa externa o “bofedales”, y las aguas del interior del cuerpo salino (surgencias termales y salmueras). Los principales aportes de agua al salar ingresan por la zona norte y por el sector sur, siendo este último de carácter termal. Los restantes aportes se limitan a las escasas

Folio007725

precipitaciones que acceden al salar en forma de escorrentía superficial o subsuperficial. Todas estas aguas circulan hacia las zonas más bajas del salar, y se acumulan en distintos puntos a lo largo de su sector occidental como consecuencia de un ligero basculamiento de su superficie. Las condiciones hidrológicas afectan factores abióticos, como anaerobiosis de suelos, disposición de nutrientes y salinidad, factores determinantes del desarrollo de la flora y fauna (Garcés & López, 2012).

Las características hidroquímicas del salar indican que el sector norte es el más interesante desde el punto de vista ambiental, ya que constituye un refugio para comunidades vegetales y para camélidos, pero también que es el más sensible a cualquier cambio que pueda venir provocado por la puesta en explotación de los recursos del salar, principalmente boratos (Garcés & López, 2012).

Existen importantes diferencias entre las aguas acumuladas en distintos sectores. Así, en la zona norte del salar, las aguas de una surgencia no termal discurren hacia la base del salar, alimentando una zona de bofedal en la que se desarrolla una importante vida vegetal y que, además, suministra agua a los rebaños de camélidos del área. Todas estas aguas se mantienen en un rango de dilución elevado (Garcés & López, 2012).

Las principales características morfométricas, climatológicas (Risacher et al., 1999) e hidromorfométrica (Jiménez, 2012), corresponden a :

- Superficie de la cuenca: 281 km^2 y 263 km^2 (en Risacher 1999 y Jiménez 2012, respectivamente)
- Superficie del salar: 15 km2
- Superficie de las lagunas 2-3 km2
- Precipitaciones: 150 mm/año
- Evaporación potencial: 1500 mm/año
- Temperatura media: 1°C
- Perímetro de la cuenca: 99,1 km
- Compacidad: 1,7
- Pendiente del dren principal: 1,2 grados
- Suma de segmentos (n° total de cauces): 56
- Longitud total del drenaje: 194,9 km
- Densidad del drenaje:0,74 km/km2
- Frecuencia del drenaje: 0,21 N°/ km2
- Distancia máx entre divisoria y salar o laguna: 21,3 km
- Nieve estacional: NO

La morfología superficial del salar es prácticamente plana, aunque un ligero basculamiento hacia el oeste condiciona que las aguas que acceden al mismo, discurran y se acumulen en su margen occidental (Garcés & López, 2012).

Calidad del agua

Las aguas de aporte del salar de Aguas Calientes 1 son de mala calidad debido a una salinización por salmueras de tipo Na-(Ca) / Cl, de origen desconocido, probablemente afuera de la cuenca. El agua de la vertiente norte del salar, menos salina, muestra todavía algunos rasgos del agua diluida inicial. Su vía evolutiva es neutra sulfatada, mientras que las vertientes más contaminadas siguen la vía cálcica produciendo efectivamente

salmueras de tipo Na-(Ca) / Cl. Las posibilidades de encontrar aguas diluidas de buena calidad son más elevadas en el norte de la cuenca (Risacher et al.1999).

Vegetación

- *Stipa crysophylla*, comúnmente llamado Coiron Amargo: La comunidad *Stipa crysophylla*, gramínea caespitosa se distribuye extensamente por las laderas pedregosas. La cobertura horizontal sobre el suelo no supera los 5% y el estrato vertical que conforma varía entre 0,1 y 0,2 m de altura. (Garcés & López, 2012).

- *Festuca crysophylla – Mulinum crassifolium*, llamada Paja Iro, Susurco: Vegetación con estrato herbáceo con dominio de *Festuca crysophylla* acompañada de *Stipa crysophylla*. La cobertura horizontal de este estrato llega al 70% y su altura no supera los 0,3 m. En las laderas sur y sureste, las gramíneas se entremezclan con un estrato arbustivo bajo, cuya especie dominante es *Mulinum crassifolium* y acompañada por *Adesmia horrida, Chaetanthera pulvinata y Parastrephia quadrangularis*. El estrato arbustivo presenta una cobertura horizontal que no supera el 15% y una distribución vertical que en los sectores de mejor desarrollo llega hasta los 0,5 m de altura. (Garcés & López, 2012).

Ninguna de las especies se encuentra en categoría de conservación. La vegetación de los "bofedales" está adaptada a las condiciones ambientales extremas de la Puna Altoandina. Las especies dominantes son: *Oxychloe andina, Distichia muscoides, Patosia cfr. Clandestina y Scirpus atacamensis* (Garcés & López, 2012).

Fauna

Tagua gigante (*Fulica gigantea*), que es endémica; el pato jergón chico (*Anas flavirostris*); *Chloephaga melanoptera*, la gaviota andina (*Larus serranus*) y flamencos (*Phoenicopterus Chilensis, P. Jamesis y P. Andinus*), los cuales emigran a lugares adyacentes en inverno cuando la temperatura baja los 0ºC, puesto que las lagunas se congelan superficialmente dificultándose la obtención de su alimentación. (Garcés & López, 2012). Chorlo de la puna (*Charadrius)* (CONAF, 2003).

Los invertebrados acuáticos están representados principalmente por crustáceos, insectos y gastrópodos (Garcés & López, 2012).

Para vertebrados terrestres, se señala la presencia en el Salar de aves rapaces como el aguilucho (*Buteo polyosoma*), y el carancho cordillerano (*Phalcoboenus megalopterus*); la perdicita cordillerana (*Attagis gayi*), el minero grande (*Geositta isabellina*), el minero de la puna (*Geositta punensis*), la bandurrilla de pico recto (Upucerthia ruficauda), el cometocino de dorso castaño (*Phrygilus dorsalis*). Entre los mamíferos, el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), la vicuña (*Vicugna vicugna*), el tucu-tucu de Atacama (*Ctenomys fulvus*) y la vizcacha (*Lagidium viscacia*) y de entre los reptiles, la lagartija de Fabian (*Liolaemus fabiani*). Ocasionalmente dos roedores entran desde el sistema terrestre a los bofedales, la vizcacha y el lauchón orejudo (*Phyllotis boliviensis*). (Garcés & López, 2012).

Folio007727

Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013).	
Fauna	Reptiles: - LAGARTIGA DE FABIAN; *Liolaemus fabiani* (Rara) Aves: - FLAMENCO CHILENO; *Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA; *Larus serranus* (Vulnerable) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attais gayi* (Rara) - PIUQUÉN; *Chloephaga melanoptera* (Vulnerable) - TAGUA GIGANTE; *Fulica gigantea* (Vulnerable) Mamíferos: - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En peligro) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (En peligro) - ZORRO CULPEO; *Pseudalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio007728

3.3.10 Sistema de Lagunas Miscanti y Miñiques

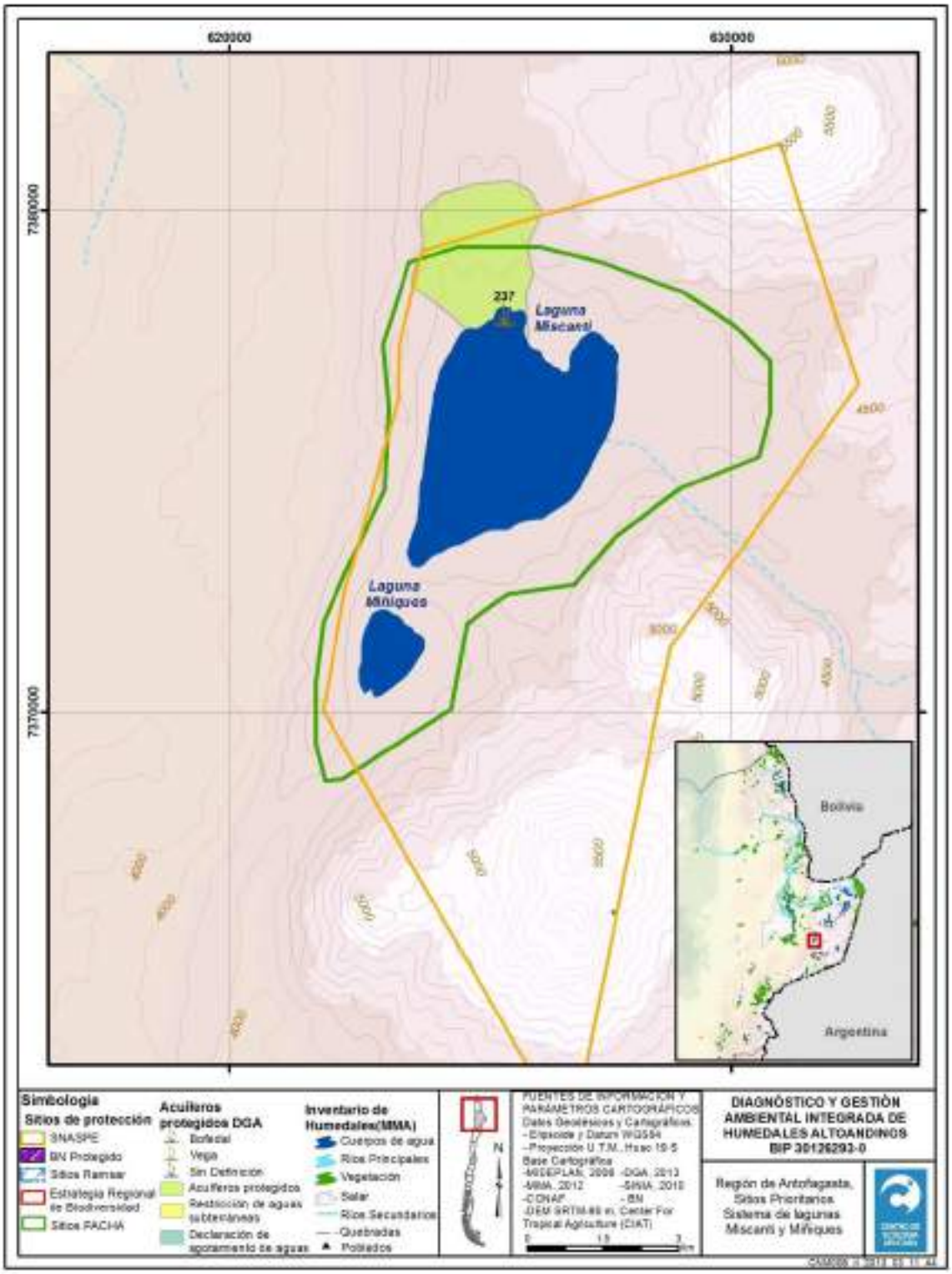


Figura 3.14. Ubicación del sitio prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques.

Folio007729

Tabla 3.12. Ficha sitio prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques.

SITIO PRIORITARIO	Sistema de Lagunas Miscanti y Miñiques		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
4120 m.s.n.m.	15 Km^2	625726m E	7374991m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	-		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Miscanti (237)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (624998m E - 7379012m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad			
-			
Características del sitio			
Clima y Geomorfología Este humedal está formado por dos lagunas que en conjunto tienen una superficie de 10.977 hectáreas. Se encuentran a una altitud de Miscanti - 4.110 m.s.n.m. y Miñiques - 4.120 m.s.n.m. La laguna Miscanti se encuentra a menos de un kilómetro del borde oriental de la cuenca del salar de Atacama, a los pies del volcán del mismo nombre. Su cuenca colinda al sur con la cuenca de la pequeña laguna Miñiques. Generalmente los estudios asocian las dos lagunas en un solo sistema. La laguna salobre Miscanti se encuentra a unos 10 metros más arriba que la laguna salada Miñiques, por lo que se supone que las aguas de la laguna Miscanti se infiltran hacia la laguna Miñiques. (Risacher et al., 1999b). La climatología de ambas lagunas está dada por: precipitaciones de 180 mm/año y evaporación potencial de 1.500 mm/año. La morfometría de este sistema se caracteriza por la superficie de la cuenca de 303 Km^2 (Miscanti) y 27,5 Km^2 (Miñiques); y por la superficie de las lagunas, 13,4 Km^2 (Miscanti) y 1,6 Km^2 (Miñiques). (Risacher et al., 1999b).			

La temperatura media superficial del agua es de 2 °C, aproximadamente. La composición de la laguna Miscanti, es salobre y netamente de tipo aniónico sulfatado. Considerando también, la baja salinidad de los aportes, se puede asumir que la composición de los aportes, se debe a la alteración de rocas volcánicas de la cuenca de drenaje. Todas la aguas, vertiente y laguna, de Miñiques, tienen una composición homogénea: Na-(Ca) / SO_4-Cl La composición aniónica de sus aguas es rigurosamente la misma que la laguna Miscanti, no así para los cationes. Las aguas de Miñiques tienen más calcio que las de la laguna Miscanti. La salinidad del aporte difuso es de 3,7 g/l, un valor elevado que no corresponde a un agua de alteración de rocas volcánicas (Risacher et al 1999b)

Biodiversidad

Cabe destacar la importancia que posee este sistema hidrológico por constituir el hábitat más importante de la tagua cornuda *(Fulica cornuta)* en Chile (Contreras, 2002). Personal de CONAF realiza desde 1995 el seguimiento de ciertos aspectos de la dinámica reproductiva de la tagua, los datos censales, permiten, por un lado, determinar sensibles fluctuaciones estacionales intranuales y supranuales, y por otro, establecer un monto histórico de 850 individuos en promedio (MMA, 2013).

Hidrogeología

Los balances hídricos para ambas lagunas están principalmente definidos por el volumen de aportes, para laguna Miscanti es de $19x10^6$ m^3/año y un volumen de infiltración de 1,4 m^3/año, estableciendo el cloruro como elemento conservativo; mientras que en la laguna Miñiques no se puede determinar el volumen de los aportes, puesto que se desconoce la composición de los aportes diluidos iniciales, sólo se puede estimar el volumen mínimo de los aportes que corresponde a $2,1x10^6$ m^3/año y el volumen de infiltración se desprecia debido a que la concentración de la laguna no es muy elevada (~10 g/l STD) (Risacher et al., 1999b)

Se han encontrado dos vertientes difusas a la orilla de la laguna (Miscanti) y una vertiente fluyente, cuenca arriba. La vertiente fluyente ha sido captada para conducirla a través de una tubería hasta el poblado de Peine, en la cuenca del salar de Atacama, por lo tanto este aporte, ya no alimenta más a la laguna Miscanti. Sin embargo, la napa que se descarga en esta vertiente podría seguir alimentando de manera difusa la laguna. No se observa ningún aporte fluyente en la laguna Miñiques, se ha encontrado solamente una vertiente difusa (Risacher et al., 1999b)

Potencial hídrico

La cuenca de laguna Miscanti, presenta interesantes potencialidades hídricas. Las aguas de aporte son diluidas y no muestran contaminación por antiguas evaporitas. El caudal entrante en la laguna es de unos 600 l/s, valor elevado en esta zona árida. La alimentación se hace sobre todo por descarga de napas subterráneas en la laguna. La composición de la laguna es de agua salobre de tipo Na/SO_4-Cl y proviene de la evaporación de una mezcla de aguas de aporte de vía evolutiva carbonatada con aguas de vía evolutiva neutra sulfatada (Risacher et al., 1999b).

<table>
<tr><td colspan="2">Calidad del agua

La vertiente difusa al norte de la laguna Miscanti y la vertiente fluyente cuenca arriba, siguen la vía neutra sulfatada al evaporarse, lo que corresponde a la composición de la laguna y a la litología volcánica de la cuenca, esto indica la presencia de azufre en los sectores aledaños a la cuenca. La vertiente difusa ubicada al suroeste de la laguna sigue la vía evolutiva carbonatada, sin embargo no logra desarrollarse porque las aguas se mezclan con otros aportes de vía neutra. La vertiente difusa de la laguna Miñiques, sigue la vía neutra sulfatada, pero no se sabe que vía sigue el agua de napa antes de mezclarse con el agua de la laguna. La laguna es del tipo sulfatada, coherente con los terrenos volcánicos aledaños (Risacher et al., 1999b).

El agua de la vertiente captada para la alimentación del pueblo de Peine (Miscanti) es de excelente calidad y apta para cualquier uso, doméstico o agrícola. Las aguas de las dos vertientes difusas contienen demasiado arsénico para el consumo humano y valores aceptables para el boro en riego, según la experiencia regional, mientras que el agua de la zona de Miñiques carece de aptitud para uso potable y/o agrícola. Pero no se puede descartar la presencia de napas diluidas en el sector oriental de la cuenca (Risacher et al., 1999b).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013; CONAF, 2008e)</td></tr>
<tr><td>Fauna</td><td>Aves
- FLAMENCO CHILENO; Phoenicopterus chilensis (Vulnerable)
- GAVIOTA ANDINA; Larus serranus (Vulnerable)
- PERDIZ DE LA PUNA; Tinamotis pentlandii (Vulnerable)
- TAGUA CORNUDA; Fulica cornuta (Vulnerable)
Mamíferos
- VICUÑA; Vicugna vicugna (En peligro)
- VIZCACHA; Lagidium viscacia (En peligro)
- ZORRO CULPEO; Pseudalopex culpaeus (Preocupación Menor)</td></tr>
</table>

Folio007732

3.3.11 Salar de Punta Negra

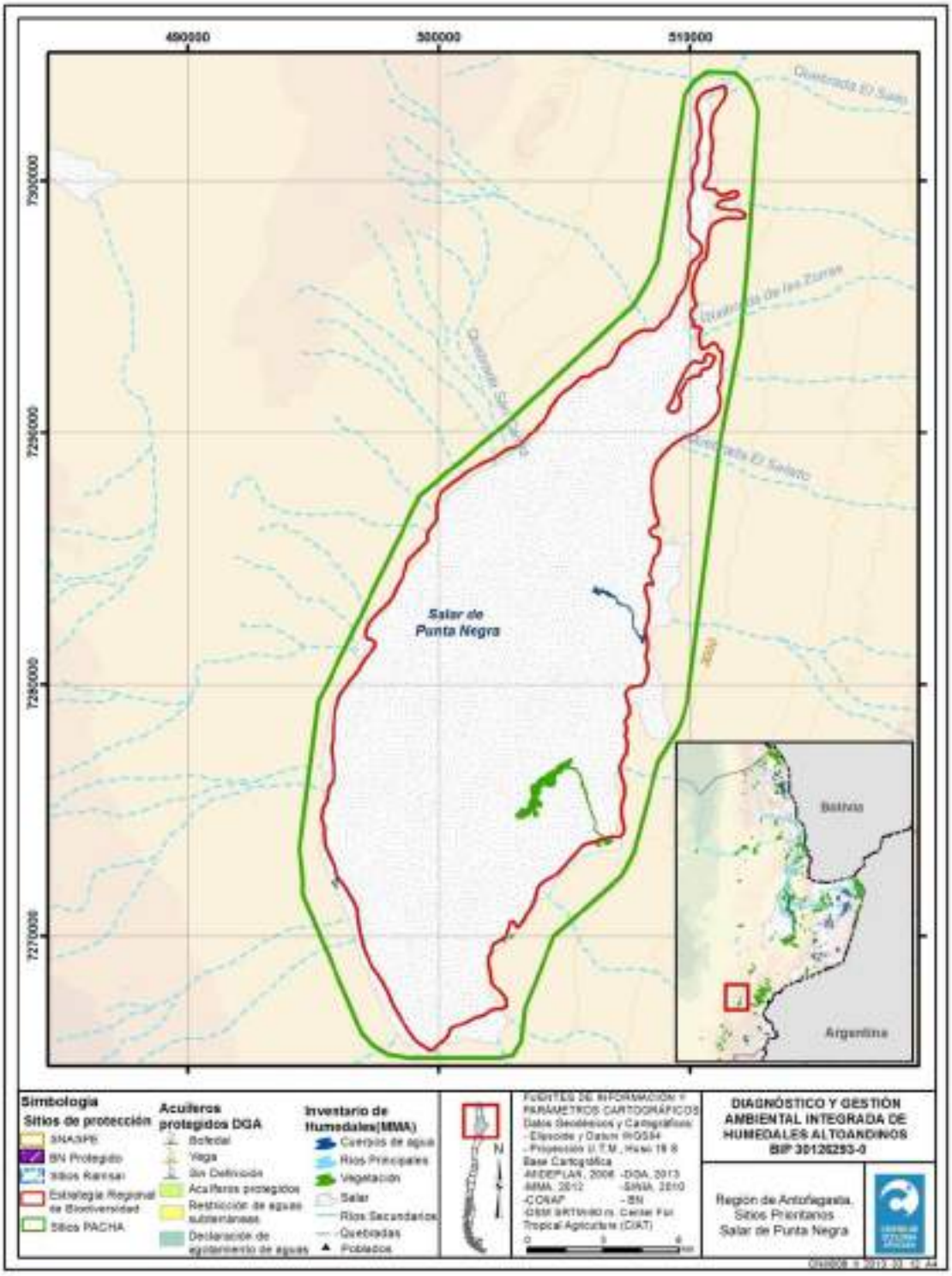


Figura 3.15. Ubicación del sitio prioritario Salar de Punta Negra.

Folio007733

Tabla 3.13. Ficha sitio prioritario Salar de Punta Negra.

SITIO PRIORITARIO	Salar de Punta Negra		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
2945 m.s.n.m.	241 Km^2	502907 m E	7280554 m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Bajo		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	No		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	No		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	No		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (Bienes Nacionales, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Propiedad mayormente fiscal, pero con derechos de explotación de recursos hídricos			
Características del sitio			
El Salar de Punta Negra forma parte del grupo de salares andinos y se ubica en la prolongación sur de la cuenca del Salar de Atacama. Se han hallado evidencias de que el salar fue una laguna de agua dulce que fluía hacia el norte para desembocar en el Salar de Imilac, luego en la Quebrada de Agua Colorada y finalmente en el Salar de Atacama, con desagüe activo hasta hace 10.000 años o menos (Lynch, 1986). Su cuenca ocupa una extensión de 4.882 Km^2 y sus límites este y sur corresponden a la franja volcánica de la Cordillera de Los Andes, por el norte a la Sierra de Almeida, y por el oeste la Cordillera de Domeyko (DGA, 2005b). <u>Hidrología</u> Las precipitaciones anuales promedio registradas en el sector del salar son del orden de 20 mm, variando entre 1 y 89 mm (periodo 1999 – 2007; MEL y MWH Chile, 2008), mientras que la evaporación potencial alcanza valores anuales de 2.000 mm y la temperatura media es 10°C (Risacher et al., 1999b).			

Las precipitaciones que afectan a la cuenca ocurren como lluvia y como nieve en dos periodos del año, entre diciembre y marzo, y entre junio y septiembre (DGA, 2005b). La evaporación desde la superficie del salar está estimada en 750 l/s). Con lo anterior, la recarga total promedio en el área de salar se estima entre 80-600 l/s, con un promedio de 250 l/s (DGA, 2005b).

La escorrentía superficial para un salar de este tamaño, es considerada baja, siendo del orden de 12 l/s, correspondiendo al 1% del agua que cae sobre la cuenca (Risacher et al., 1999b). El agua subterránea es alimentada principalmente por escorrentía superficial esporádica y escorrentía subterránea causadas por el derretimiento nival y por precipitaciones. Por otro lado la descarga natural se produce principalmente por evaporación (Risacher et al., 1999b; MEL y CH2MHILL, 2001).

Cabe señalar que también existen descargas artificiales del acuífero, las que ocurren por extracción de aguas subterráneas que realiza Minera Escondida Limitada, titular de derechos de aprovechamiento de agua por 1.526,34 L/s en la cuenca del salar. La extracción se realiza desde una profundidad que varía entre 120 y 250 m, mediante bombeo en 49 pozos, con una capacidad instalada de 1.000 L/s, estos pozos se ubican en un área cuyo eje se orienta Norte a Sur y está a 5 km al este del salar (MEL y Rescan Consultants Inc., 1996; MEL y CH2MHILL, 2001).

Es importante destacar que tal extracción de agua ha llevado a la reducción considerable de las lagunas que se situaban en la superficie del salar (DGA, 2004a), lo que puede deberse a que la capacidad de recarga del acuífero es lenta comparada con la tasa de extracción de agua (MEL y CH2MHILL, 2001).

Composición de las aguas

En cuanto a la composición de las aguas en el salar, se pueden diferenciar cuatro grupos de agua según su posición. El anillo exterior es el que tiene mayor salinidad, presentando las orillas una salinidad elevada causada por una cuña salina o a la pre-evaporación de las napas al llegar a las orillas. La elevada salinidad en el anillo exterior parece estar debida a la disolución de antiguas evaporitas o salmueras. La calidad de las aguas en el sector varía entre aguas que cumplen con las normas chilenas de potabilidad y riego con algunos componentes al límite (salinidad y arsénico), aguas que sobrepasan levemente los límites normativos de arsénico y boro, y que podrían ser aprovechadas para uso potable con restricciones o aguas salobres con valores lejanos de cumplir con las normas de potabilidad y riego (Risacher et al., 1999b).

Biodiversidad

Respecto a los hábitats presentes el sector del Salar de Punta Negra, destacan además del salar, bofedales y manantiales. Las lagunas del salar constituyen un importante hábitat y lugar de reproducción para especies flamencos (Contreras, 2002; CONAF, 2003). Además, en los bofedales y manantiales pueden ser observadas algunas vicuñas (*Vicugna vicugna)* (CONAF, 2003).

Folio007735

Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002, DS N° 29/2011, actualizado 2013, MMA, 2013)	
Fauna	Reptiles: - DRAGÓN DE OIDO CUBIERTO; *Liolaemus aduituvelata* (Rara) Aves: - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus* (Vulnerable) - FLAMENCO CHILENO; *Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attais gayi* (Rara) Mamíferos: - GUANACO; *Lama guanicoe* (Vulnerable) - PUMA; *Puma concolor* (Casi Amenazada) - TUCO – TUCO DE ATACAMA: *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En peligro) - ZORRO CULPEO: *Pseudolapex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio007736

3.3.12 Salar de Pujsa

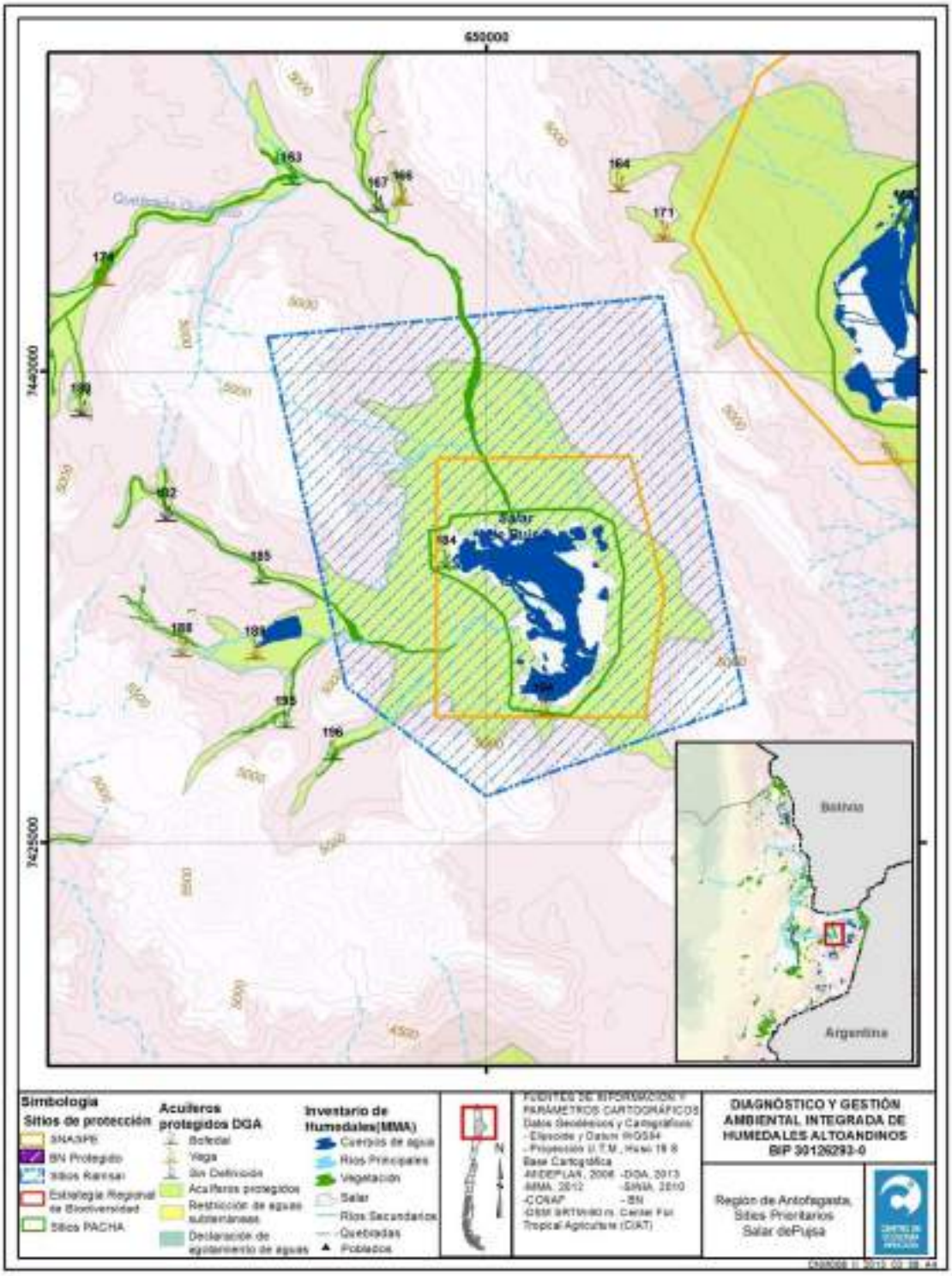


Figura 3.16. Ubicación del sitio prioritario Salar de Pujsa.

Folio007737

Tabla 3.14. Ficha sitio prioritario Salar de Pujsa.

SITIO PRIORITARIO	**Salar de Pujsa**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
4520 m.s.n.m.	57,02 Km^2	649862m E	7433356m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	**-**		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL DE LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (CONAF, 2008b; Ramsar, 2013)	Sí		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	- Pujsa norponiente (184) - Pujsa sur (194)		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Sí (649862m E - 7433356mm N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAF, 2008b)			
Terrenos fiscales, declarados área protegida con tuición y administración de CONAF.			
Características del sitio			
<u>Geomorfología</u> El salar de Pujsa se encuentra a una altura de 4530 m.s.n.m. y tiene una superficie de 57,02 Km^2. El salar cuenta con 18 km^2 de área, emplazado en una cuenca de 634 Km^2 de superficie, con un espejo de agua de 1 a 10 Km^2 (Risacher et al., 1999b). Se ubica al costado sur de la ruta hacia el Paso Jama, en la parte norte del altiplano de la Región de Antofagasta, al suroeste del Salar de Tara y separado por un cordón montañoso de la cuenca del salar de Atacama al oeste. Tiene un relieve caracterizado por sectores planos y ondulados, con llamativas estructuras de rocas volcánicas que emergen de los terrenos áridos (CONAF, 2008b). Es un salar de tipo playa con lagunas superficiales. Existe muy poca información sobre la extensión y las variaciones de superficie de las lagunas. Existen antiguas islas de hielo en el salar que proveen aguas diluidas a las lagunas al derretirse. No es posible, entonces, estimar el balance hídrico, aún muy aproximado, de las lagunas (Risacher et al., 1999b). <u>Climatología</u> Entre los parámetros climatológicos de la zona, se encuentran: precipitaciones de 150 mm/año; evaporación potencial de 1.500 mm/año; temperatura media de 1 °C. (Risacher			

et al., 1999b).

Biodiversidad

En este salar se desarrolla una importante concentración estival e invernal del Flamenco Andino (*Phoenicoparrus andinus*) y del Flamenco de James (*Phoenicoparrus jamesi*). En el caso del Flamenco Chileno (*Phoenicopterus chilensis*) este se presenta en el salar solo en el periodo de verano. Además se ha registrado un incremento de la abundancia histórica de este flamenco en la zona, pese a esto los intentos de nidificación han sido aislados y de escasa envergadura. Cabe destacar que el salar de Pujsa constituye uno de los sistemas exclusivos presencia del flamenco Chileno (Rodríguez, 2005).

Hidrología

Según análisis de los aportes hídricos de la zona, se han definido las aguas como sulfatadas, con origen de rocas volcánicas y azufre. El agua más diluida, tiene concentraciones de analitos que se enmarcan dentro de las normas de potabilidad, muy por debajo de las mismas, excepto para el arsénico que sobrepasa 16 veces el límite permisible para agua potable. El contenido de boro la hace no recomendable para riego. El aporte ubicado más hacia el norte, está levemente por encima de la norma de potabilidad en sulfato, arsénico y salinidad total. El aporte ubicado cercano al centro del salar ubicación norte, posee 20 veces más arsénico que esta norma y es muy salada. (Risacher et al., 1999b). La composición química de la laguna, de tipo Na/SO_4-Cl, no proviene de la evaporación de los dos aportes cuenca arriba, sino del agua de una vertiente difusa a la orilla norte del salar. Sin embargo, pueden existir aportes adicionales no detectados. La composición de los aportes y las vías evolutivas que siguen al evaporarse, se encuentra relacionada con la geología de la cuenca. La aptitud de uso de las aguas, aún las muy diluidas, está limitada en potabilidad por el alto contenido en arsénico (Risacher et al., 1999b).

Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013)

Fauna	Aves: - FLAMENCO CHILENO*; Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA; *Larus serranus* (Vulnerable) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES*; Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO*; Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - SURI*; Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) Mamíferos: - VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En peligro) - ZORRO CULPEO*; Pseudalopex culpeaus* (Preocupación Menor)

Folio007739

3.3.13 Laguna Lejía

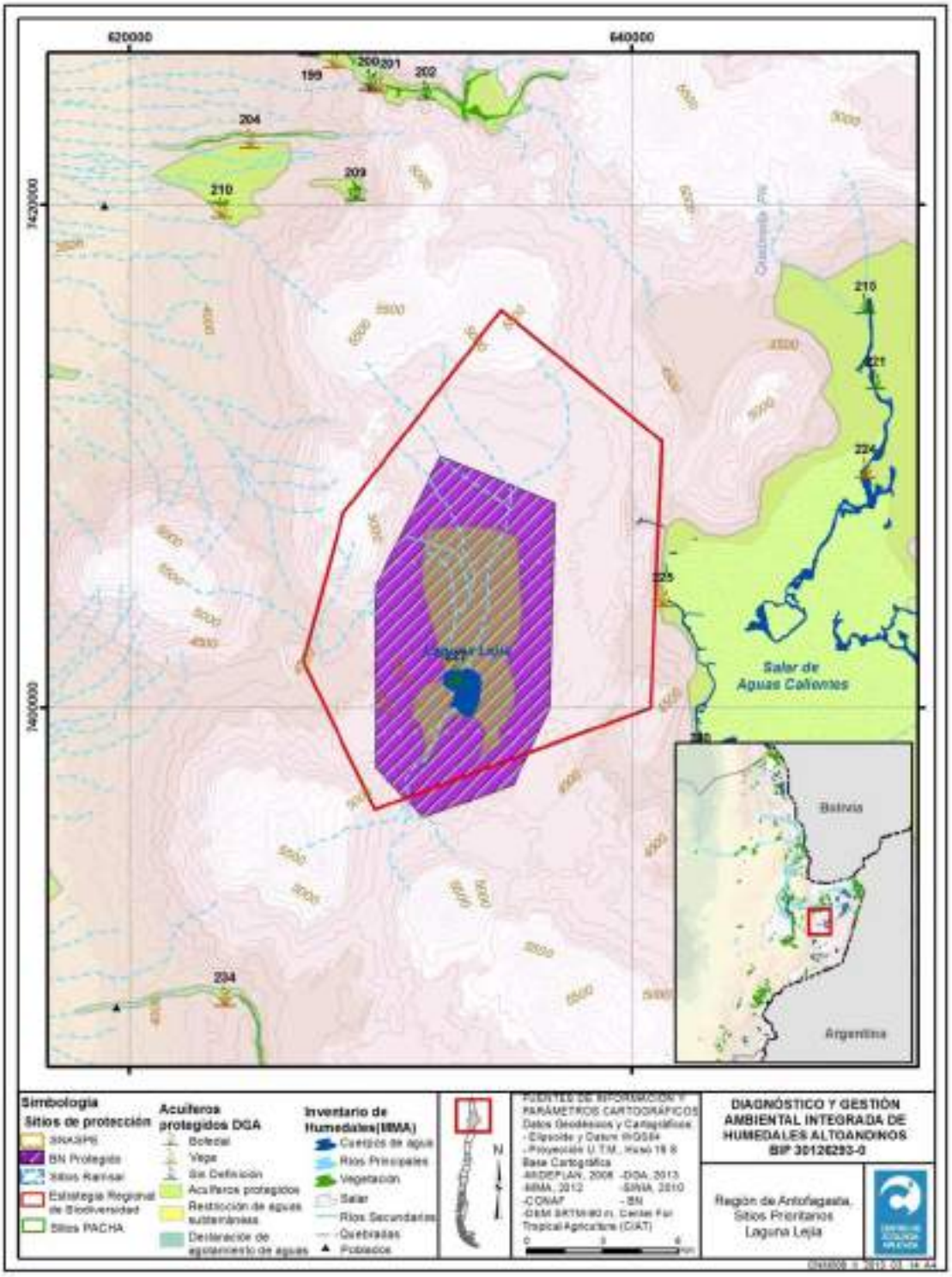


Figura 3.17. Ubicación del sitio prioritario Laguna Lejía.

Folio007740

Tabla 3.15. Ficha sitio prioritario Laguna Lejía.

SITIO PRIORITARIO	**Laguna Lejía**		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
4325 m.s.n.m.	1,9 km^2	634430m E	7405267m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	-		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	No		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	No		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	No		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	No		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	Sí		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
Algunas reclamaciones indígenas, exploraciones concedidas.			
Características del sitio			
Ubicación El sistema laguna Lejía se encuentra en el Altiplano de la II Región de Antofagasta. Es colindante con el Salar de Atacama al oeste y el Salar de Aguas Caliente 2 al este. Al norte, el activo volcán Lascar domina su cuenca de drenaje. (DGA, 2012b). Geomorfología La geomorfología de la mayoría de estos sistemas salinos andinos, ubicados en la región de Antofagasta, son producto de dos tipos de procesos, lo de tipo tectónicos y los volcánicos. Respecto al proceso volcánico, el ultimo evento registrado en los sedimentos de la Laguna, ha sido fechado por termoluminiscencia a los 16.700 ± 1.200 años AP. Complementado a esta información, el conjunto de diatomeas en los sedimentos de la Laguna Lejía sugiere un incremento de las aguas salinas asociadas a alta evaporación y largo tiempo de procesos de enriquecimiento en las aún grandes extensiones de cuerpos de agua (Nuñez & Grosjean, 1994).			

El volcán Láscar, ubicado al oeste de la laguna, es una de las principales unidades morfológicas del área de laguna Lejía, es el volcán más activo de la zona volcánica central de los Andes, y su evolución puede relacionarse con los cambios climáticos regionales del Cuaternario, registrados en los sedimentos de lagos aledaños. Destacan también las unidades geomorfológicas, que conforman el límite de la cuenca de la laguna Lejía, una de ellas es el volcán Aguas Calientes, situado al norte de la laguna, el que junto al volcán Chiliques y los cerros Lena y Lejía completan la formación de un "anfiteatro" alrededor de la laguna (CEAA, 2008d).

Clima y Meteorología

La ubicación en altura, por sobre los 3000 m.s.n.m., le da por característica un clima de tipo frío (CONAF, 2010). El promedio anual de las precipitaciones es de 150 mm, que principalmente se dan durante la estación de verano. La temperatura media anual de la Laguna es de 1°C. Se caracteriza por presentar altas concentraciones de sales, con un contenido de sólidos disueltos en el orden de los 70 g/l. (Risacher et al., 1999b).

Hidrología

La laguna es pequeña y poco profunda (1 m), de tipo endorreica, con probable intercomunicación subterránea con el salar de Aguas Calientes y la laguna Miscanti, como parte de un acuífero en común. Sus parámetros hidrológicos son controlados por afloramientos subterráneos, con una escasa precipitación, excesiva evaporación y un limitado drenaje interno (estimado en 40 l/min) a través de la quebrada Nacimiento (CEAA, 2008d).

Respecto a las características hidrológicas, la laguna aporta con un volumen superficial de 2.600.000 m^3/año (82 l/s) y con un volumen de infiltraciones de 29.600 m^3/año (1 l/s). Respecto a las precipitaciones, se descuenta la pérdida de humedad de superficie por medio de la evaporación potencial que es aproximadamente de 1.500 mm/año. Se ha detectado solo como fuente de alimentación a una vertiente difusa al oeste de la laguna. (Risacher, et al., 1999b).

Calidad química de las aguas

En este tipo de sector, existe una estrecha dependencia ente los depósitos salinos y el clima, por lo que le da un carácter variable a la calidad de sus aguas (Nuñez & Grosjean, 1994). La composición iónica de la laguna es de carácter sódica-bicarbonatada con aportes secundarios del ion magnesio y el anión sulfato (Na-Mg- / HCO_3-SO_4). Dicha composición es considerada poco común dentro del grupo de lagunas en el norte del país, debido a que es la salmuera de más alto porcentaje en magnesio. La vertiente difusa presenta un contenido de sólidos disueltos totales en el orden de los 1,3 g/l. Su composición iónica es el producto de la alteración de las rocas volcánicas con azufre. Presenta un contenido de arsénico 4 veces superior a la norma de agua potable (NCh 409/1, <0,01 mg/L). (Risacher, et al., 1999b).

Biodiversidad

Este sitio corresponde a una extensión del salar de Atacama y es vital en los periodos de alimentación, especialmente para los flamencos, ya que sirve como alternativa

Folio007742

<table>
<tr><td colspan="2">respecto a las otras lagunas intervenidas de dicho salar. Existen pretensiones de actividades extractivas en el sector (CONAMA, 2002).

Respecto de la flora del sector, se han descrito un total de 29 especies, de herbáceas y arbustos nativos, que se dividen en 13 familias y 23 géneros donde destacan predominantemente las Poáceas y Asteráceas. Estas especies, se agrupan en dos formaciones vegetacionales: Puccinellia – Calandrinia y Stipa – Deyeuxia, en las cuales no se presentan especies con categoría de conservación (CEAA, 2008d).

En lo que se refiere a la fauna presente han sido descritos 39 especies de vertebrados, 38 nativos y 1 introducido (Burro) y distribuidos en 14 órdenes, 21 familias y 28 géneros, cuya proporción de mamíferos es de 18,4%, 78,9% de aves y 2,6% de reptiles (CEAA, 2008d).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013)</td></tr>
<tr><td>Fauna</td><td><u>Aves</u>
- FLAMENCO CHILENO; Phoenicopterus chilensis (vulnerable)
- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; Phoenicoparrus jamesi (vulnerable)
- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; Phoenicoparrus andinus (Vulnerable)
- SURI; Rhea pennata tarapacensis (Vulnerable)
- TAGUA CORNUDA; Fulica cornuta (Vulnerable)</td></tr>
</table>

Folio007743

3.3.14 Sistema Hidrológico de Soncor

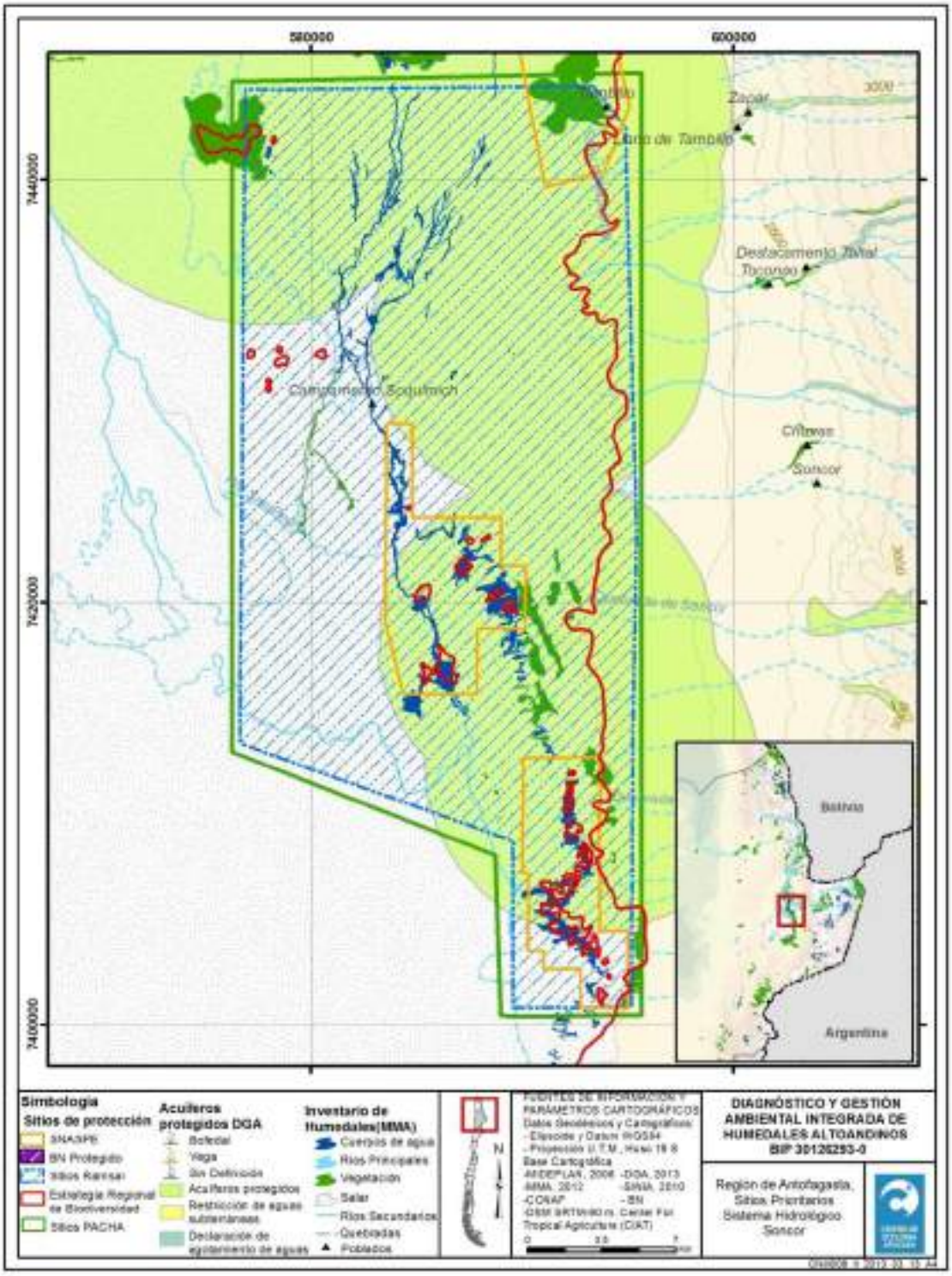


Figura 3.18. Ubicación del humedal prioritario Sistema Hidrológico Soncor.

Folio007744

Tabla 3.16. Ficha humedal prioritario Sistema Hidrológico Soncor.

HUMEDAL PRIORITARIO	Sistema Hidrológico de Soncor		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
2300 m.s.n.m.	50,16 Km^2	586603m E	7425694m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	-		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
Sitio Ramsar (Ramsar, 2013)	Sí (Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama). Fue ampliado a partir de 2010		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	No		
Acuíferos Protegidos (DGA, 2010c)	Sí (585807m E - 7435771m N)		
Zona de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAF, 2008a)			
Fiscal dentro del sitio Ramsar			
Características del sitio			

Este sitio se inserta en la cuenca endorreica del Salar de Atacama, declarado sitio Ramsar en 1995, además forma parte de la Reserva Nacional Los Flamencos (CONAF, 2003). Se caracteriza por presentar una costra conformada por distintos tipos de sales, principalmente de cloruros y de sulfatos. Existe además un sistema hidrológico conformado por una serie de canales superficiales y cuerpos lagunares que en conjunto constituyen un hábitat preferente de aves acuáticas, varias de las cuales se encuentran con problemas de conservación, como son las tres especies de flamenco altoandinos *Phoenicopterus chilensis, Phoenicoparrus jamesi* y *Phoenicoparrus andinus*, siendo esta última especie la que encuentra en las lagunas Barros Negros, Chaxas y Puilar de este sitio, su centro reproductivo más importante a nivel mundial. Además, dichos cuerpos lacustres representan puntos de alimentación y descanso para algunas especies de aves acuáticas migratorias interhemisféricas, como son el playero de Baird (*Calidris bairdii*) y el pollito de mar tricolor o pollito de Wilson (*Steganopus tricolor*), entre otros (CONAF, 2003 y 2008a).

Clima

El clima de esta zona se ha definido como “Desértico-Normal" y "Desértico-Marginal de Altura". El factor climático regional se debe a la presencia del Anticiclón de América del

Folio007745

Sur sobre la cuenca del salar de Atacama, la cual se extiende hasta la Cordillera Andina. Las escasas precipitaciones que afectan la cuenca del Salar, y que ocurren entre Diciembre y Marzo, se originan a partir de la humedad transportada desde la cuenca amazónica generándose un período de lluvias estivales (Invierno Altiplánico).
También ocurren precipitaciones de menor importancia entre Abril y Agosto por el desplazamiento de frentes fríos desde la Antártica, reflejando un debilitamiento estacional del anticiclón.

Este sistema hidrológico constituye un sitio de desarrollo turístico controlado bajo responsabilidad de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao. Forma parte de la Reserva Nacional Los Flamencos (CONAF, 2003)

Hidrología

El Sistema Hidrológico de Soncor se caracteriza por sus diversos tipos de costras salinas que, dependiendo de sus componentes químicos, ofrecen superficies de formas variables: estructuras de polígonos, lisas y pulvurulentas. Se presentan lagunas someras, comúnmente de una profundidad inferior a un metro (CONAF, 2008a).

La red hídrica del Sistema Hidrológico de Soncor se conforma por un conjunto de lagunas someras, generalmente unidas entre sí por canales superficiales. Ejemplo de esto es el Río Burro Muerto que escurre de Norte a Sur, uniendo las lagunas Burro Muerto (1 ha), Chaxas (37 ha) y Barros Negros (103 ha). Conectada sub-superficialmente con este sistema se encuentra Laguna Puilar conformada por espejos lacustres someros, sinuosos y desmembrados (CONAF, 2008a).

Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013)

Fauna	Aves: - FLAMENCO CHILENO*; Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA*: Larus serranus* (Vulnerable) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES*; Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO*; Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Chloephaga melanoptera* (Vulnerable) - SURI*; Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) Mamíferos: - ZORRO CULPEO*; Pseudalopex Culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio007746

3.3.15 Salar de Aguas Calientes IV

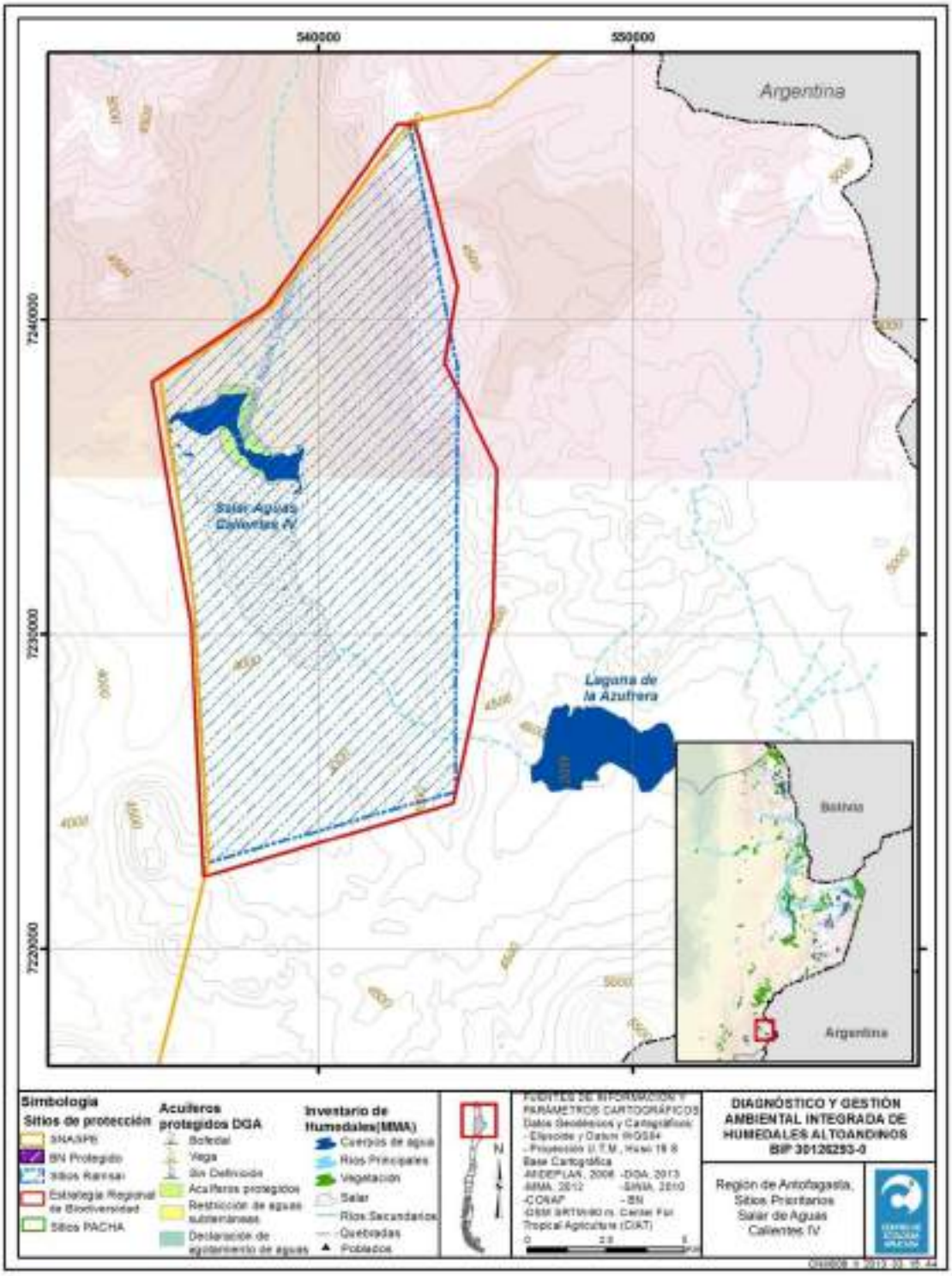


Figura 3.19. Ubicación del sitio prioritario Salar de Aguas Calientes IV.

Folio007747

Tabla 3.17. Ficha sitio prioritario Salar de Aguas Calientes IV.

SITIO PRIORITARIO	Aguas Calientes IV		
Altitud	**Superficie Aprox.**	**Coordenadas WGS84**	
3665 m.s.n.m.	19,5 km^2	540483m E	7233192m N
Grado de Endemismo (CONAMA, 2002)	Bajo		
Pertenencia a SNASPE (CONAMA, 2002)	No		
Sitio Ramsar (CONAF, 2008c; Ramsar, 2013)	Si, (Salar de Aguas Calientes IV)		
Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006	No		
Acuíferos protegidos (DGA, 2010c)	Si (537657m E - 7236359m N)		
Área de Restricción de aguas subterráneas (DGA, 2013b)	No		
Declaración de agotamiento de aguas (DGA, 2013b)	No		
Bien Nacional Protegido (MBN, 2010)	No		
Propiedad (CONAMA, 2002)			
La mayor parte es fiscal con una pequeña destinación (casi 10 ha) para el Ministerio de Defensa.			
Características del sitio			
<u>Ubicación</u> El sistema Salar de Aguas Calientes IV está situado en el Altiplano al sur de la II región de Antofagasta, en el norte de Chile. Es colindante con el Salar de Punta Negra y Pajonales. Al norte el volcán Llullaillaco cierra su cuenca. <u>Geomorfología</u> La geomorfología del Salar se asocia puntualmente a dos tipos de procesos, tectónicos y volcánicos. Su origen es el resultado de la desecación del lago formado por consecuencia del derretimiento de glaciares. El Salar está formado por una fracción líquida salmuera y otra sólida o costra salina (CONAF, 2010). La ubicación en altura (por sobre los 3000 metros) de este de Salar, le da por característica un clima de tipo frío. Con relación a las precipitaciones, estas son más frecuentes durante los meses de verano, con montos anuales que fluctúan entre los 25 a los 150 mm, que unido a las bajas temperaturas causadas por la altitud del lugar, le otorgan al paisaje una fisonomía esteparia. La temperatura media anual registrada está en el orden de los 8°C, con un valor máximo de 32°C y mínimo de -20°C (CONAF, 2010). Respecto a las características hidrológicas, la laguna aporta con un volumen superficial			

Folio007748

de 2.960.000 m^3/año (94 l/s) y con un volumen de infiltraciones de 56.000 m^3/año (21 l/s). Respecto a las precipitaciones, se descuenta la pérdida de humedad de superficie por medio de la evaporación potencial que es aproximadamente de 1.630 mm/año. La salinidad varía desde concentraciones muy bajas en los sitios de surgencia, hasta valores máximos al interior de la laguna o riberas alejadas de dichas surgencia (CONAF, 2010). Respecto a otras fuentes de aporte al salar, se han encontrado 3 vertientes difusas y 2 fluyentes de tipo termal (Risacher et al., 1999b).

Calidad química de las aguas

En este tipo de sector, existe una estrecha dependencia ente los depósitos salinos y el clima, por lo que le da un carácter variable a la calidad de sus aguas. Por ejemplo, al este del Salar se ha encontrado que las aguas tienen una composición iónica de carácter sódico-sulfatado con aportes secundarios de calcio y cloruro (Na-Ca / SO_4-Cl). El posible origen de estas aguas se ha atribuido a la lixiviación de rocas volcánicas por aguas ácidas neutralizadas por la alteración de silicatos. En el sector norte, por otra parte, se presenta una composición iónica sódico-clorurado con aportes secundarios de calcio y sulfato (Na-Ca / Cl-SO_4). Estas vertientes podrían ser originadas por la redisolución de las evaporitas o salmueras de tipo Na-Mg/Cl. En general, el salar presenta un mayor contenido de aniones sulfato respecto al calcio (Risacher, et al., 1999b).

Biodiversidad

Las aguas del Salar aportan nutrientes y sedimentos al humedal, lo que se traduce en su alto valor ecológico, presentando entonces una alta concentración de especies de animales y vegetales que dependen del ecosistema acuático. Por lo que dicho Salar es de gran importancia para la conservación de las aves migratorias interhemisféricas que usan el lugar como sitio de paso (descanso y alimentación), tales como playeros, pitotoyes, falaropos además de especies locales como flamencos altoandinos, suri, piuquén, perdiz de la puna y pato juarjual, entre otros. La flora de su periferia permite la alimentación de algunos mamíferos como chinchilla andina y vicuña (CONAF, 2010).

Especies en Estado de Conservación (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013) **ˣˣ Citado en MMA, 2013; pero no descrito para la región según Listado Oficial.**

Fauna	Peces: - KARACHI; *Orestias agassi* (En Peligro) Anfibios: - **ˣˣ** SAPO; *Telmatobius halli* (En Peligro Crítico) Reptiles: - DRAGÓN DE STOLZMANN; *Liolaemus stolzmanni* (Rara) - LAGARTIJA DE SCHMIDT; *Liolaemus schmidti* (Rara) - LAGARTIJA DE WALKER; *Liolaemus walkeri* (Rara) - LAGARTIJA PANTERA; *Liolaemus pantherinus* (Rara)

Folio007749

	Aves: - CONDOR; *Vultur griphus* (Vulnerable) - HALCÓN PEREGRINO; *Falco peregrinus cassini* (Vulnerable) - FLAMENCO CHILENO; *Phoenicopterus chilensis* (Vulnerable) - GAVIOTA ANDINA; *Larus serranus* (Vulnerable) - PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; *Phoenicoparrus jamesi* (Vulnerable) - PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; *Phoenicoparrus andinus* (Vulnerable) - PERDICITA CORDILLERANA; *Attais gayi* (Rara) - PERDIZ DE LA PUNA; *Tinamotis pentlandii* (Vulnerable) - PIUQUÉN; *Cloephaga melanoptera* (Vulnerable) - SURI; *Rhea pennata tarapacensis* (Vulnerable) - TAGUA CORNUDA; *Fulica cornuta* (Vulnerable) - TAGUA GIGANTE; *Fulica gigantea* (Vulnerable) Mamíferos: - CHINCHILLA CORDILLERANA; *Chinchilla chinchilla* (En Peligro Crítico) - COLOCOLO; *Leopardus colocolo* (Casi Amenazada) - RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA: *Abrocoma cinérea* (Preocupación Menor) - RATÓN DE PIE SEDOSO; *Eligmodontia puerulus* (Preocupación Menor)VICUÑA; *Vicugna vicugna* (En Peligro) - TUCO – TUCO DE ATACAMA; *Ctenomys fulvus* (Vulnerable) - VIZCACHA; *Lagidium viscacia* (En peligro) - ZORRO CHILLA; *Pseudalopex griseus* (Preocupación Menor) - ZORRO CULPEO; *Pseudalopex culpaeus* (Preocupación Menor)

Folio007750

3.4 ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD AMBIENTAL DE LOS HUMEDALES

En esta sección se cuantifican los cambios que presentan los humedales como una estimación de la variación de la cobertura de vegetación y del tamaño de los cuerpos de agua en el tiempo, a partir del uso de técnicas y herramientas propias de la teledetección (interpretación de imágenes satelitales multiespectrales). Para la caracterización histórica de los diferentes sistemas vegetacionales y cuerpos de aguas de la zona de estudio, se desarrolló una metodología para la automatización del análisis de imágenes satelitales (imágenes multiespectrales LandSat). En particular, se desarrollaron programas computacionales para el análisis automatizado de imágenes, para lo cual se realizó un completo proceso de calibración de la técnica.

A continuación, se detallan cada una de las etapas y partes desarrolladas para lo antes descrito.

3.4.1 Metodología de análisis de las imágenes Landsat

3.4.1.1 Descarga

La primera etapa corresponde al proceso de selección y descarga de las imágenes multiespectrales Landsat, para lo cual se creó un plan de descarga. Las imágenes a utilizar están contenidas en 8 cuadrantes básicos de descarga (o Path/Row) y que en conjunto cubren de forma completa el área de estudio. En la Figura 3.20 se presenta la distribución de estos cuadrantes de descarga sobre el área de estudio.

Para definir la base de imágenes a utilizar, se definió como marco de referencia, analizar la evolución de las estaciones de verano, primavera e invierno para cada año. Con ello, se cubren tanto las estaciones en las cuales se concentra la precipitación y también las fechas donde la cobertura de nubes y/o nieve no interfieren en la estimación de vegetación y cuerpos de agua. Así, se descargó el mayor número de imágenes multiespectrales disponibles entre diciembre de 1984 a noviembre del año 2010, considerando como criterios de descarga que las imágenes contaran con cobertura de nubes menor al 30%, y a su vez intentando descargar a lo menos una imagen y como máximo 3 por estación del año. Cabe señalar que se descargaron algunas imágenes multiespectrales con una cobertura de nubes mayor al 30% en los periodos donde existía poca cobertura temporal, las que posteriormente fueron analizadas en forma individual revisando la buena calidad de la imagen en las zonas de interés. El registro final de descargas de imágenes correspondió a un total de 1479 imágenes para los 8 cuadrantes considerados.

La descarga de las imágenes multiespectrales Landsat se realizó desde la página http://glovis.usgs.gov/ (también disponibles en http://earthexplorer.usgs.gov/), y en su mayoría pertenecen al sensor Landsat 5 TM. Ello se debe a que este sensor estuvo en funcionamiento desde marzo del 1985 hasta noviembre del 2011. Además, se descargaron imágenes Landsat 7, las que fueron descartadas del análisis como se indicará más adelante en el informe.

Folio007751

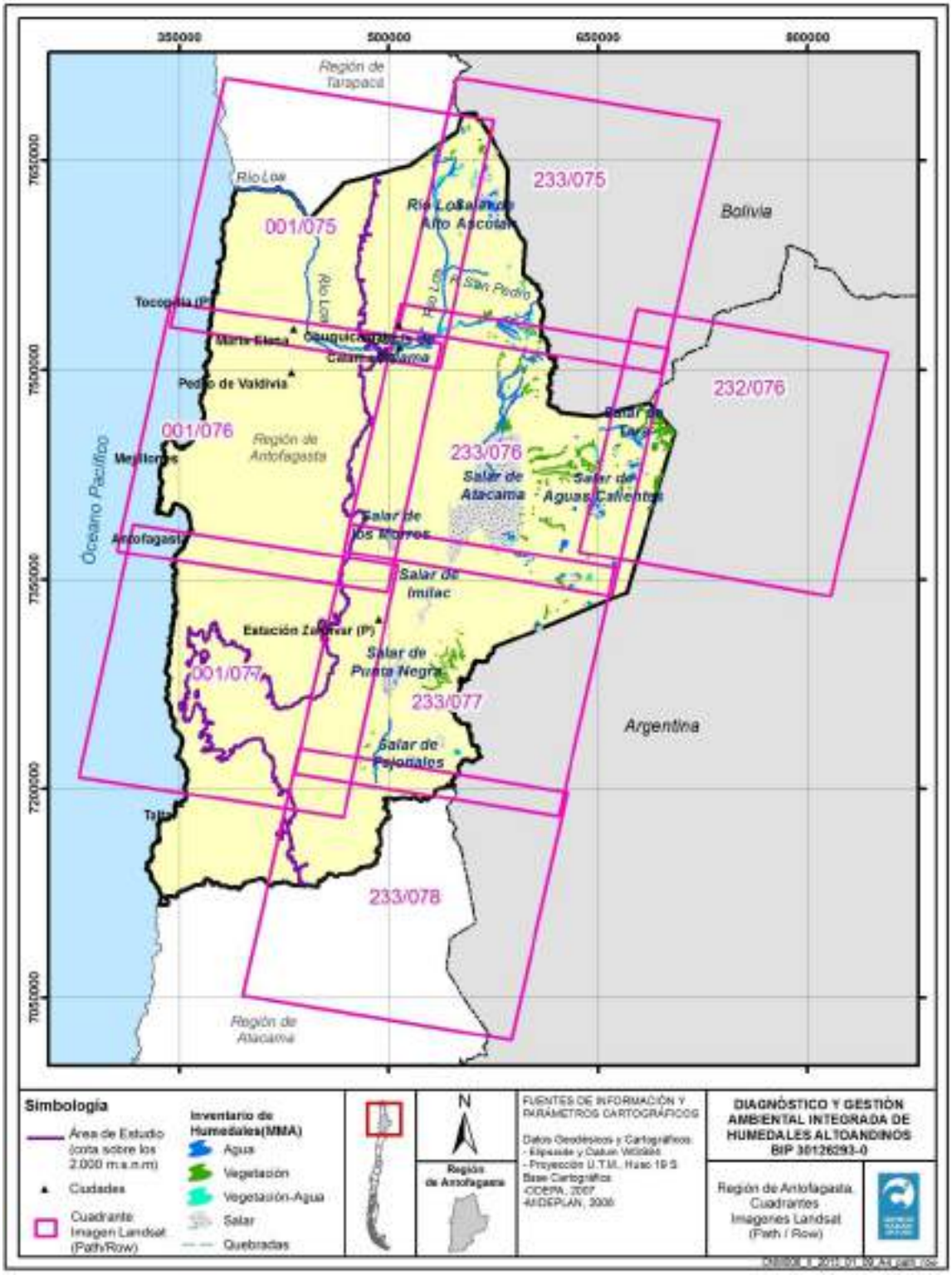


Figura 3.20. Distribución de los cuadrantes de descarga imágenes Landsat

Folio007752

De las 1479 imágenes descargadas desde la web y para los 8 cuadrantes anteriormente señalados, se realizó un descarte de imágenes por problemas como: problemas de georeferenciación, presentar múltiples gaps, bandas completamente fuera de rango. Por lo anterior, finalmente se procesaron 1381 imágenes de las descargadas inicialmente. La Tabla 3.18 presenta el desglose de las imágenes utilizadas por cuadrante de descarga.

Tabla 3.18. Resumen de imágenes Landsat procesadas por cuadrante de descarga (Path/Row)

Path/Row Imágenes Procesadas	N° imágenes procesadas
LS_233_076	153
LS_233_077	167
LS_233_075	170
LS_232_076	179
LS_001_075	197
LS_001_076	180
LS_001_077	165
LS_233_078	170
Total Imágenes Descargadas:	**1479**
Total Imágenes Procesadas:	**1381**
% imágenes Procesadas	**93,4%**

La ventaja del trabajo con imágenes Landsat es la extensa y completa serie de datos (imágenes) que provee el satélite Landsat 5 TM (TM: Thematic Mapper). Este satélite orbita la tierra desde mediados de los años ochenta, y tiene disponible 7 bandas espectrales con resolución (tamaño del pixel) de 30x30 metros para todas las bandas, a excepción de la banda 6 (banda termal) que posee un tamaño de pixel de 120x120 metros. Otra de las ventajas de estas imágenes satélites, es que se encuentran liberadas al público, sin costo y descargables vía internet desde la página del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Para mayores detalles de los sensores anteriormente descritos, se sugiere visitar la página http://landsat.usgs.gov/, la que contiene toda la información técnica del satélite, los sensores y las características de las imágenes (productos).

3.4.1.2 Preprocesamiento

El pre-procesamiento corresponde a un análisis básico de la posición de las imágenes, esto debido a que algunas de ellas presentan corrimientos por una mala georeferenciación. Este análisis de realiza determinando el desplazamiento del centroide de las imágenes, respecto de la posición media de ellas. Con ello, se pudo eliminar todas imágenes que presentaban corrimiento excesivo tanto en la dirección Norte como Este.
El hecho del desplazamiento del área cubierta por las imágenes para diferentes fechas, conlleva a la posibilidad de la pérdida de detección de los sistemas que se encuentran cercanos a los bordes de las imágenes. Esto es posible de ver en la Figura 3.21, en donde se muestra el área común que comparte toda la serie de imágenes del cuadrante 233/076.

Folio007753

Es por lo anterior, que en pasos posteriores del análisis, se incorporaron filtros que permitieron desechar la información parcial obtenida en los sistemas ubicados en los límites de las imágenes.

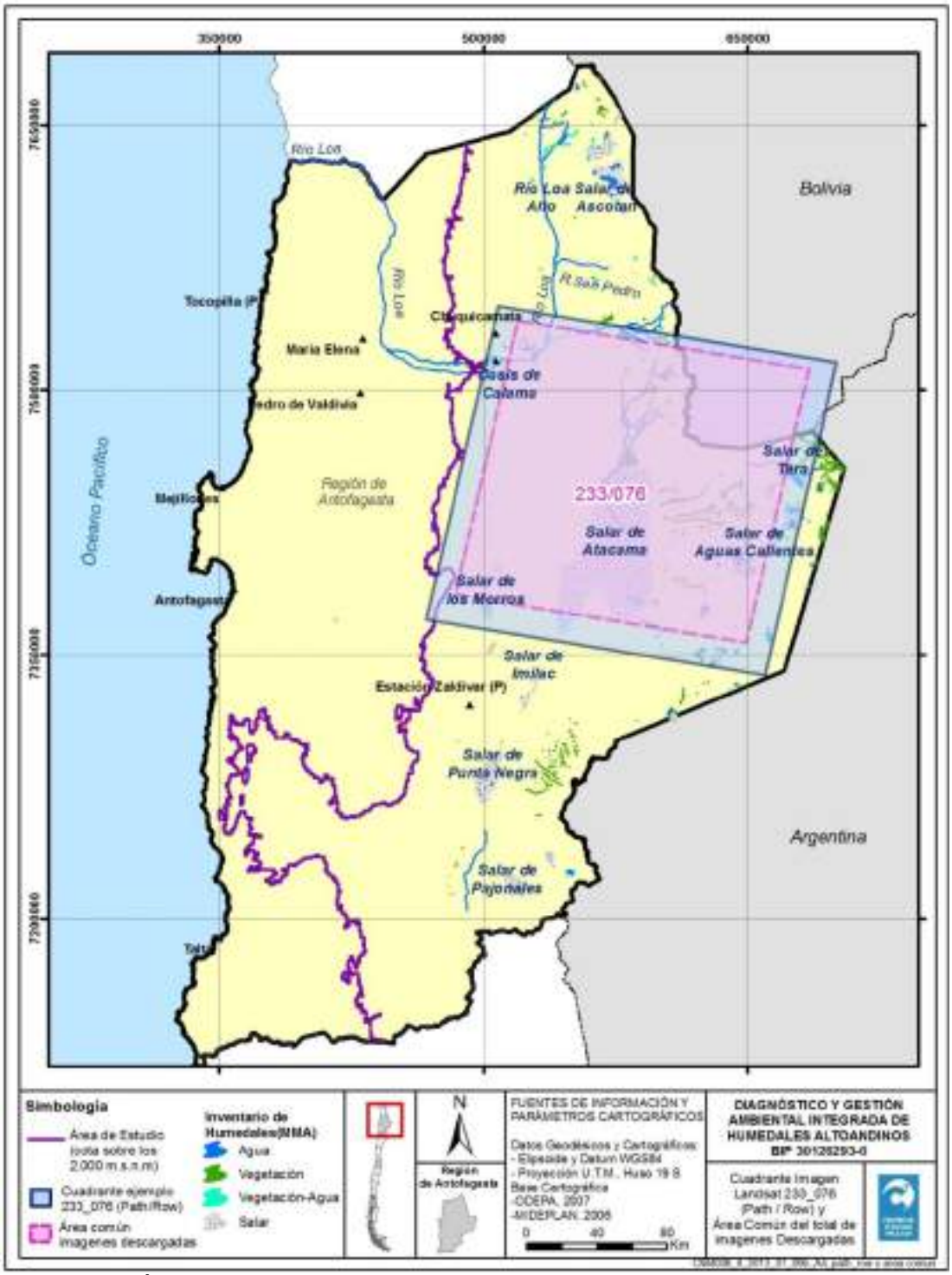


Figura 3.21. Área Común dentro de una imagen Landsat, ejemplo cuadrante 233_076 (Path/Row)

Folio007754

Para el caso del tratamiento de imágenes para la fotointerpretación, que correspondieron a la información base para la calibración de la metodología automatizada, con el fin de lograr áreas comparables en la estimación de la vegetación a una escala regional dentro de cada imagen, se delimitó un área de trabajo general denominada *Área de Contacto Roca-Relleno* la que se define como el área de depositación de los cursos fluviales y las laderas adyacentes (conos de deyección y/o áreas de depositación, ya sean áreas de depositación fluvial o zonas activas de depositación en laderas) donde se asume un desarrollo teórico de la vegetación. Con ello, se descartan las áreas que puedan entregar valores con falsos positivos en relación a la respuesta del índice NDVI como comúnmente lo son las laderas cubiertas por sombras, roca desnuda en tonos oscuros u otros. Para la delimitación del área de contacto roca-relleno, se utiliza el mosaico de un modelo digital de terreno ASTER GDEM (METI/NASA, 2009), descargado desde la página http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/search.jsp. Alguna de las características de este modelo de elevación del terreno es que posee un pixel de 30x30 metros, que en general tiene una buena correspondencia con el tamaño del pixel de las imágenes Landsat utilizadas, con un error estándar de entre 7 a 14 metros en la vertical los que también son aceptables pues la escala de trabajo (regional) permiten este margen de error. Utilizando este modelo digital se procede a generar curvas de nivel cada 25 metros ayudados por el software ArcGis 9.3, donde posteriormente se trazarán perfiles topográficos que ayudan a analizar la morfología y las pendientes del sector delimitando así las áreas de laderas rocosas, con las zonas de depositación y fondo de valle; complementando esta información se utilizan los datos vectoriales de las cartas geológicas superficiales disponibles en la región. Una vez delimitada el área de contacto roca-relleno, se procede subdividir esta área de trabajo en polígonos de análisis de acuerdo al catastro de vegas y bofedales que Ciren posee y mantiene a libre disposición en la página: http://sitha.ciren.cl/cartografia-antofagasta; cabe señalar que la estimación de la vegetación se efectuará en los sectores donde se observe una cobertura mínima de 0.9 ha (10 pixeles de una imagen Landsat) puesto que por el tamaño del pixel de las imágenes Landsat, las superficies menores a la anteriormente expuesta presentan una menor confiabilidad de análisis al momento de estimar vegetación. Así mismo, se definen polígonos de estudio para la estimación de cuerpos de agua, los que permitan comparar los datos históricos.

En La Figura 3.22 se presentan la ubicación de las 30 sitios/áreas de análisis de vegetación, las cuales fueron elaboradas a partir de la distribución de las áreas prioritarias de la región, y de la ubicación de vegas y bofedales provenientes del catastro de elaborado por Ciren, referenciado anteriormente. En la Tabla 3.19 se detallan las características de esas áreas (número de subsistemas que la componen y nombre de los sistemas). Para el caso del análisis de cuerpos de agua, se definen 28 sitios/áres de interés de analizar, las cuales son mostradas en la Figura 3.23 y caracterizadas en la Tabla 3.20.

Folio007755

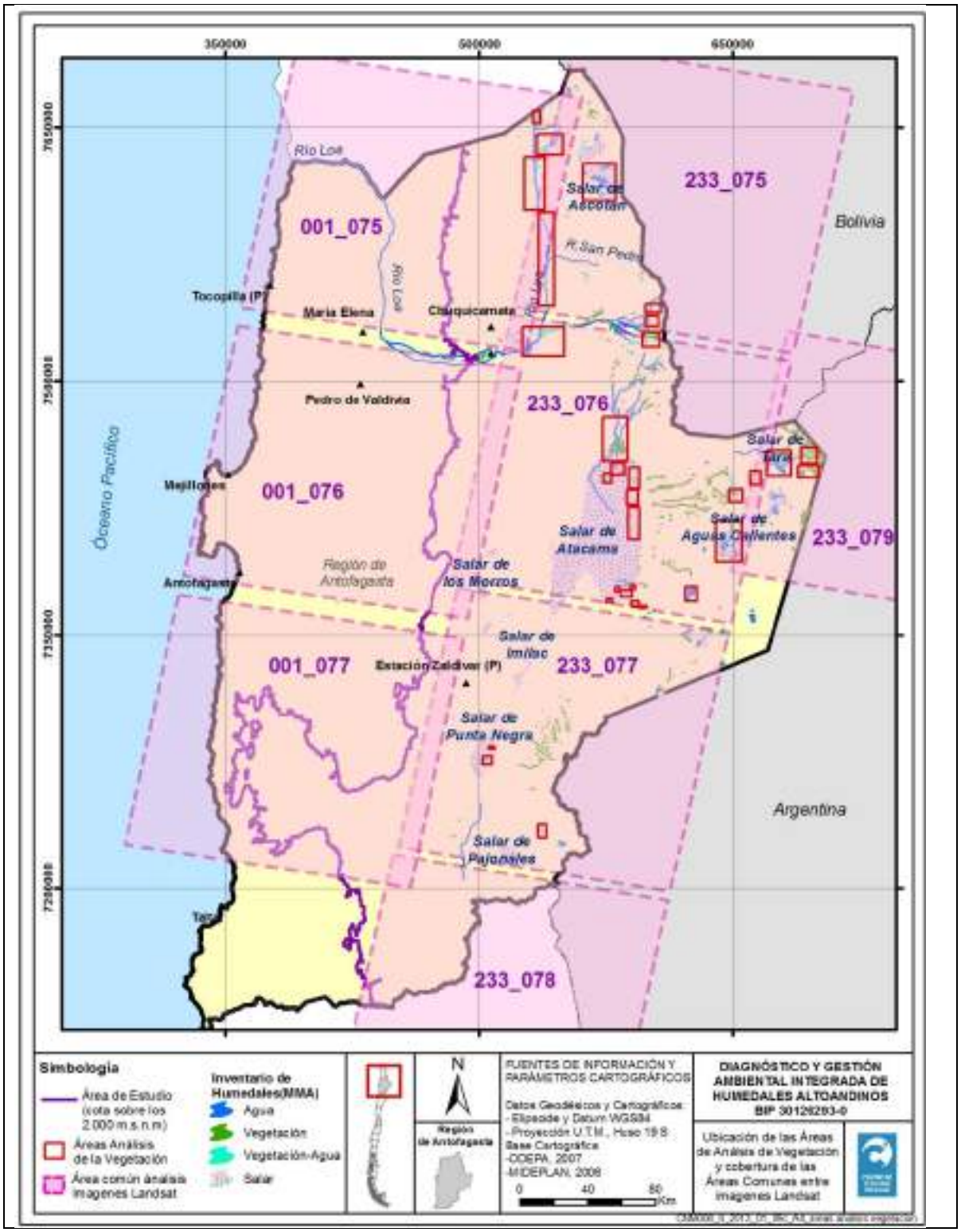


Figura 3.22. Ubicación de las áreas de análisis de vegetación (SV) y cobertura espacial de las áreas comunes de las imágenes Landsat utilizadas.

Tabla 3.19. Sistemas que componen las áreas de análisis de vegetación.

Código	N° de sistemas vegetacionales contenidos	Nombre y descripción otorgada en estudio	Nombre Vegas y/o Bofedales (Sitha, Ciren)
SV_01	4	Sitio Prioritario Alto Loa, cabecera del río	Sistemas Coyahuasito, Mino 1 , Mino 2 y Paco Paco
SV_02	3	Sitio Prioritario Alto Loa, río Chaihuiri	Sistemas Chela, Chaihuiri y Quenuales
SV_03	1	Sitio Prioritario Alto Loa, caja de rio primera sección	Sistema Alto Loa
SV_04	2	Sitio Prioritario Alto Loa, caja de rio segunda sección	Sistemas de la sección alta del Río Loa: Taira y Santa Barbara
SV_05	4	Sitio Prioritario Salar de Ascotán, Salar y quebradas	Sistemas Palpana, Cebollar, Cebollar Viejo y Polapi
SV_06	2	Sitio Prioritario Oasis de Calama, sector medio río Loa	Sistemas Chiu-Chiu y Río Loa Salar de Rudolf
SV_07	3	Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Toconce y quebradas	Sistemas Linzor Alto, Linzor Bajo y Chillahuita
SV_08	2	Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Hojalar	Sistemas del Cerro Plomo y Aguas Calientes 1
SV_09	1	Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Salado	Sistema El Tatio
SV_10	3	Sitio Prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama	Sistemas Calar, Oyape y Baltinache
SV_11	2	Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna de Cejas y otros cuerpos de agua	Sistemas Cejar y Yona Grande
SV_12	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna Tebinquiche	Sistema Tebinquinche
SV_13	4	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_A	Sistemas Los Pantanos, Tujilirea, Tambillo y Olar
SV_14	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_B	Sistema Tapar
SV_15	2	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_C	Sistemas Carvajal y Quelana
SV_16	2	Sitio Prioritario Salar de Pujsa	Ssistemas Pujsa Norponiente y Pujsa Sur

Folio007757

Código	N° de sistemas vegetacionales contenidos	Nombre y descripción otorgada en estudio	Nombre Vegas y/o Bofedales (Sitha, Ciren)
SV_17	2	Sitio Prioritario Aguas Calientes I	Sistemas Aguas Calientes y Aguas Calientes 6
SV_18	9	Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna salar de Tara	Sistemas Tara, Salar de Tara 1, 2, 3, 4 y 5, Huaillitas, Cueva Pintada y Tara Oriente
SV_19	8	Sitio Prioritario Salar de Tara, quebradas sector oriente	Sistemas quebrada Blanca, Laguna Colarada, Chojfias, Poquis, Piedra Delfín, Colorada, Cienaga Grande y Hoyitos
SV_20	3	Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna Helada y quebradas	Sistemas quebrada Delgada, Laguna Helada y Guachalajte
SV_21	1	Sitios Prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques	Miscanti
SV_22	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, cabecera río Tulan	Sistema Tulan
SV_23	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilomonte	Sistema Tarajne y Tilomonte (Oasis de Tilomonte, cultivos)
SV_24	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_A	Sistema Pelao
SV_25	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_B	Sistema Silolao
SV_26	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_C	Sistema La Punta
SV_27	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo	Sistema Tilopozo
SV_28	1	Sitio Prioritario Salar de Punta Negra, sistema VCL-2	Sistema Salar de Punta Negra-VCL 2
SV_29	1	Sitio Prioritario Salar de Punta Negra, sistema VCL-3	Sistema Salar de Punta Negra-VCL 3
SV_30	1	Sitio Prioritario Salar de Aguas Calientes IV	Aguas Calientes 6

Folio007758

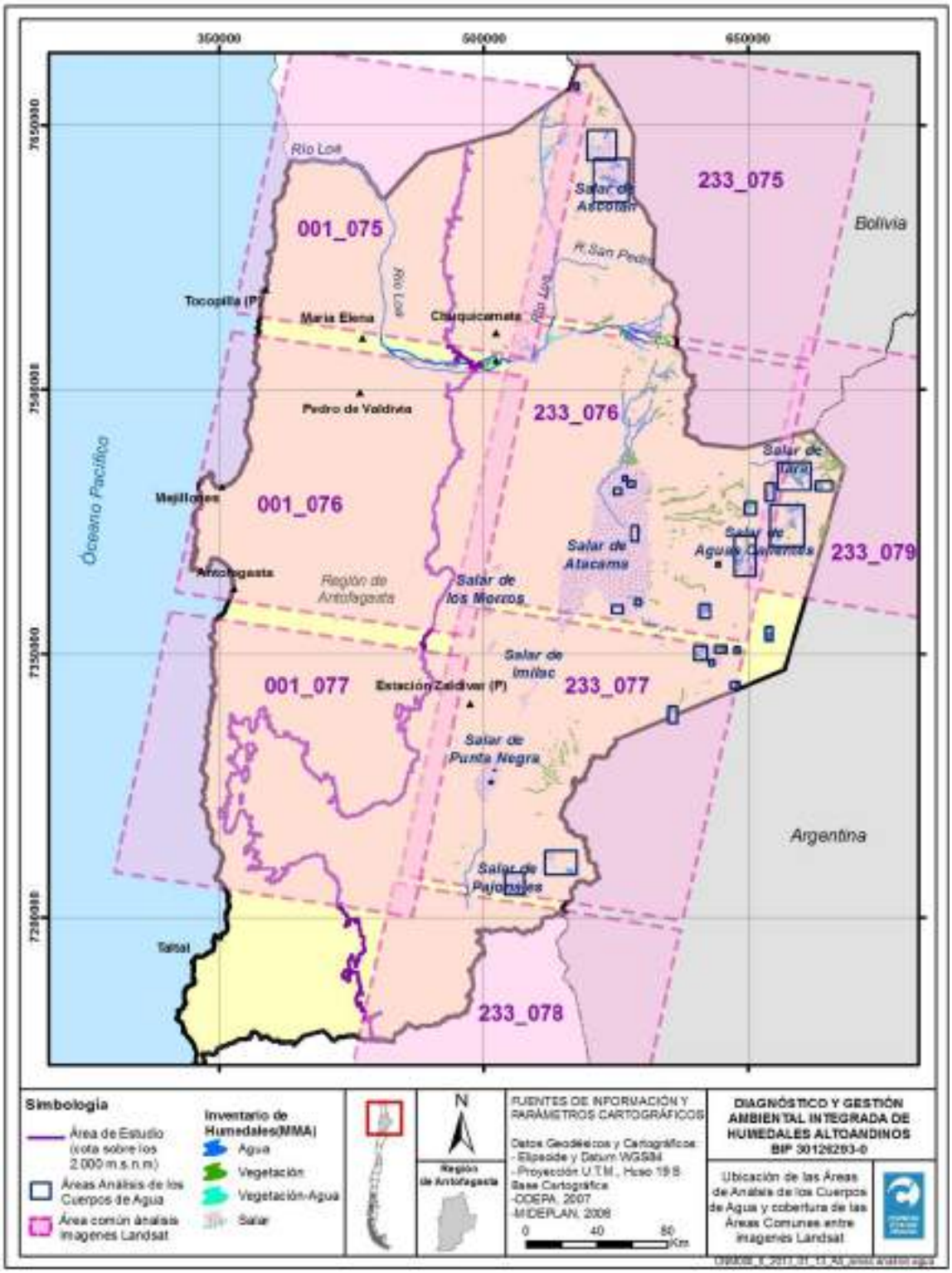


Figura 3.23. Ubicación de las áreas de análisis de cuerpos de agua (SCA) y cobertura espacial de las áreas comunes de las imágenes Landsat utilizadas.

Folio007759

Tabla 3.20. Definición de los sistemas que componen las áreas de análisis de cuerpos de agua.

Código	Nombre y descripción otorgada en estudio
SCA_01	Lagunas Salar de Alconcha
SCA_02	Lagunas Salar de San Martín o Carcote
SCA_03	Lagunas Salar de Ascotán
SCA_04	Lagunas de Cejas Salar de Atacama
SCA_05	Laguna Tebinquiche Salar de Atacama
SCA_06	Laguna Yona Grande Salar de Atacama
SCA_07	Lagunas Chaxa y Barros Negros Salar de Atacama
SCA_08	Laguna Lejia
SCA_09	Laguna Salar de Aguas Calientes, cercana Laguna Lejía
SCA_10	Laguna Salar de Pujsa
SCA_11	Laguna Salar de Aguas Calientes I
SCA_12	Lagunas Salar de Loyoques o Quisquiro
SCA_13	Laguna Salar de Tara
SCA_14	Laguna Helada
SCA_15	Lagunas Miscanti y Miñiques
SCA_16	Laguna Salada Salar de Atacama
SCA_17	Lagunas La Punta y La Brava Salar de Atacama
SCA_18	Laguna Salar de Pular
SCA_19	Lagunas Salar de Capur
SCA_20	Laguna Salar de Talar
SCA_21	Laguna Salar de Aguas Calientes
SCA_22	Laguna Tuyajto
SCA_23	Laguna Salar El Laco
SCA_24	Laguna Salar de Incahuasi
SCA_25	Salar de Punta Negra, Sistema VCL-2
SCA_26	Salar de Punta Negra, Sistema VCL-3
SCA_27	Laguna Salar de Aguas Calientes VI y Laguna de la Azufrera
SCA_28	Laguna Salar de Pajonales

Folio007760

3.4.1.3 Corrección

Las imágenes Landsat descargadas no cuentan con tratamientos o correcciones radiométricas, es decir, desde origen la información contenida en los pixeles de trabajo se presentan en un sistema de Valores Digitales ("DN", Digital Numbers) que corresponden a valores entre 0-255. Por ello, para poder utilizar estas imágenes es necesario primero corregir o transformar los DN de las imágenes a valores de Reflectancia. Para ellos se utiliza la metodología denominada "Corrección Radiométrica Parcial", de la cual se obtiene la reflectancia media fuera de la atmosfera ("top-of-atmosphere reflectance"). En la actualidad se han desarrollado varios métodos para corregir el error que implica la interacción con la atmosfera (corrección radiométrica total), aunque en algunos casos estos métodos generan mayores errores si no se considera el contexto en el que se desarrollan (Schroeder et al., 2006). Es por ello que, considerando las características climáticas del área de estudio, se recomienda una corrección radiométrica parcial ((Washington-allen et al., 2008).

Para ejecutar las correcciones señaladas, se ejecutó una corrección radiométrica parcial (convertir de DN a reflectancia) basada en las siguientes ecuaciones (Chander *et al*., 2009):

$$L_\lambda = (gain_\lambda * DN7) + bias_\lambda$$

En donde L_λ es la *radiancia espectral* en la banda λ, gain y bias son constantes específicas para cada banda.

$$R_\lambda = (\frac{\pi * L_\lambda * d^2}{E_{sol,\lambda} * \sin(\theta_{SE})})$$

Donde R_λ es la reflactancia de la banda λ, $E_{sol,\lambda}$ es la radiancia emitida por el sol, y θ_{SE} es el ángulo de elevación del sol para la fecha de la toma.

3.4.1.4 Procesamiento y calibración del método

La etapa de procesamiento de las imágenes Landsat (Figura 3.24) se compone del análisis y estimación de las áreas cubiertas por vegetación y la ocupada por los cuerpos de agua en un área de control. Primeramente, se escogió como área de control y representativa al Salar de Atacama, debido a su diversidad florística y características particulares. En esta área de control se efectuó una estimación de la vegetación mediante una fotointerpretación, complementando tal información con índices de detección de agua (NDWI - Normalized Difference Water Index o Índice Diferencial de Agua Normalizado) y de vegetación (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index o Índice de Vegetación Diferencial Normalizado). Las características y composición de ambos índices serán explicadas más adelante. La idea de considerar un área de control, es contar con comparaciones entre la fotointerpretación y el análisis de los índices normalizados, para un área bien descrita y conocida por el consultor.

Folio007761

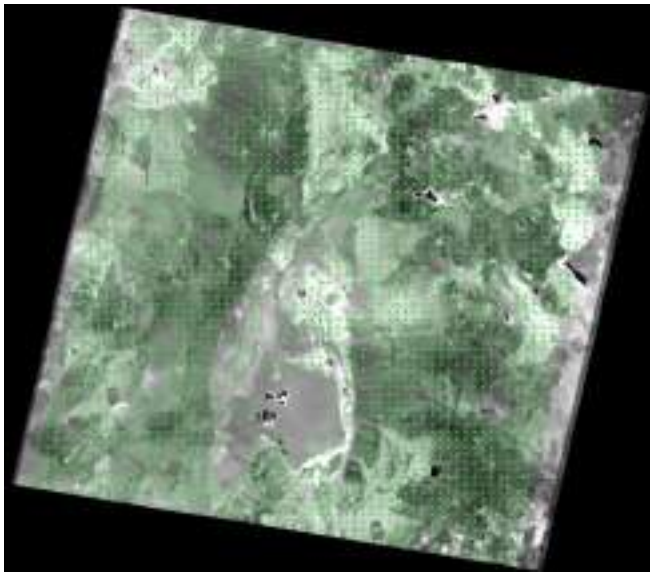


Figura 3.24. Ejemplo de Imagen LandSat utilizadas. La imagen corresponde al cuadrante que incluye el Salar de Atacama.

Las imágenes LandSat utilizadas como base del análisis (LandSat 5), se componen de 5 bandas espectrales (Figura 3.25), cada una de ellas dedicada a la detección la radiación emitida en un rango espectral. Las bandas existentes en el sensor, y el uso principal de cada una de ellas, se detalla a continuación:

1. **Banda 1 - Azul:** Especialización en el rango del azul, utilizada principalmente en trabajos para resalta la presencia de agua y realizar la separación existente entre el suelo y el agua.
2. **Banda 2 - Verde:** Especialización en el rango del verde, utilizada principalmente en trabajos para resalta la presencia de vegetación.
3. **Banda 3 - Rojo:** Especialización en el rango del rojo, utilizada principalmente en trabajos para estimar/medir la absorción de clorofila y en la discriminación de coberturas vegetacionales.
4. **Banda 4 – Infrarojo cercano:** Especialización en el rango del infrarrojo cercano (NIR), utilizada principalmente en trabajos para la detección de biomasa.
5. **Banda 5 – Infrarojo medio:** Especialización en el rango del infrarrojo medio (MIR), utilizada principalmente en trabajos para determinar el contenido de agua en la vegetación y de los suelos.

Cabe señalar que el análisis de vegetación posible de realizar mediante el uso de la estimación del índice NDVI, corresponde a la detección de la presencia de vegetación que cuenta con actividad fotosintética activa. Es por ello que la técnica no permite (de forma directa o mediante alguna metodología bien descrita y validada) realizar una segmentación entre el tipo de vegetación que compone una zona, o respecto del origen de la vegetación. Con lo anterior, cualquier zona con vegetación de origen antrópica será reconocida por la técnica como una zona con vegetación con actividad fotosintética. Es por lo anterior que, para el análisis de los sitios se establecieron máscaras para la zona de interés, con lo cual fue posible descartar zonas que presentan vegetación con origen antrópico y otras de tipo zonal-estacional (p.ej. vegetación de laderas con presencia estacional).

Folio007762

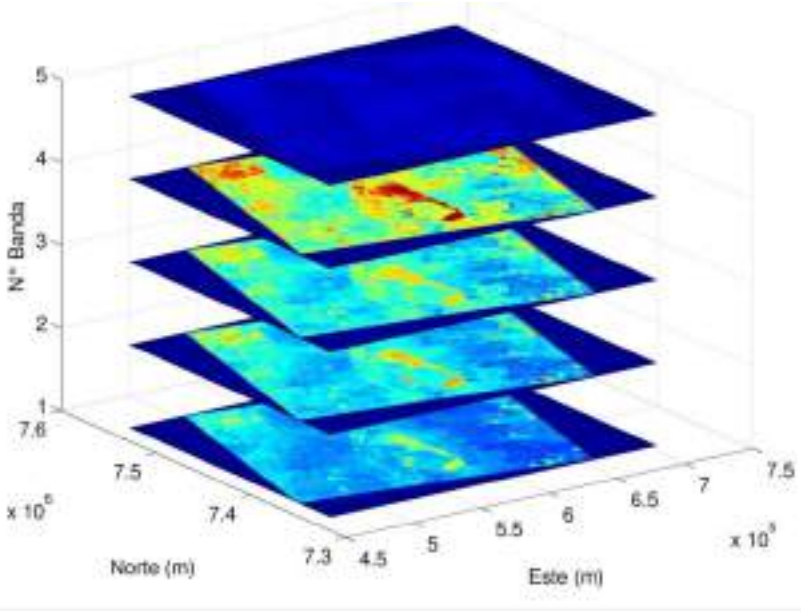


Figura 3.25. Ejemplo de la composición de bandas de las Imagenes LandSat utilizadas.

A continuación se detallan la metodología utilizada para ambos índices.

3.4.1.4.1 Análisis de NDWI

El índice NDWI se utiliza para determinar los límites superficiales de los cuerpos de agua (Gao, 1995; McFeeters, 1996), mediante la determinación de los pixeles de la imagen que cuentan con presencia abundante de agua (someras y profundas). Así, la utilización de este índice se debe al aprovechamiento de las características espectrales del agua, la cual presenta una alta reflectividad en el rango espectral del verde (Banda 2) y una baja reflectividad en el infrarrojo cercano (Banda 4) del espectro electromagnético. Las imágenes generadas con este índice tienden a destacar los cuerpos de agua, diferenciándose de las áreas de suelos secos o con vegetación. Los valores del índice varían entre -1 y 1, asociando los valores positivos a las superficies con agua superficial o suelos húmedos y cero o negativo para las superficies que comprenden el suelo y/o a vegetación terrestre. En el caso de zonas áridas, el contraste de las coberturas del suelo tiende a mostrar delimitaciones marcadas, en relación a los bordes de los cuerpos de agua superficiales.

Para el cálculo de los índice se realizar la operación de la imágenes, realizando la aplicación de una fórmula matemática a cada uno de los pixeles que las componen, y entre 2 o más banda de la imagen. Así, la fórmula aplicada para obtener el índice asociado a la presencia de agua (NDWI) es la siguiente (McFeeters, 1996):

$$NDWI = \frac{Banda\ 2 - Banda\ 4}{Banda\ 2 + Banda\ 4}$$

Para realizar la calibración del modelo automatizado de determinación de superficies de cuerpos de agua, se realizó un proceso iterativo de fotointerpretación, el cual permite

Folio007763

definir un valor umbral mínimo del índice NDWI que permita delimitar las superficies de agua. Este valor corresponderá al valor mínimo para el cual se considera la presencia de agua en cada uno de los pixeles de la imagen.

Cabe señalar que para fotointerpretar los cuerpos de agua, se utilizó el apoyo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), utilizando una composición de la imagen de falso color (bandas en orden 4-3-2). Esta composición tienden a resaltar los cuerpos de agua en tonos azules a negro y la vegetación en tonos rojizos (Fernandez y Herrero, 2003). Así, para fechas representativas de los años 1990, 1995, 2000 y 2010, se realizar un proceso iterativo de fotointerpretación. Este proceso considera la utilización de varios de los sitios en estudio, en los cuale se realiza la fotointerpretación, determinando el área a considerar como superficie de aguas. Con esa área, el índice de corte preliminar del NDWI es definido. Este indíce luego es utilizado en otro sitio y ajustado, según sea requerido para obtener una delimitación correcta del área del cuerpo de agua. Este proceso es realizado forma sistemática sobre al menos 4 sitios diferentes, dentro de los cuales se consideran sistemas de gran tamaño, pequeños y con geometrías regulares e irregulares. Así, de forma preliminar se estimó un valor umbral aproximado del NDWI de 0,011, como valor de corte en la detección de superficie de agua.

Una vez definido el umbral anterior, se realizó un análisis de la variabilidad del área versus el cambio del umbral para el “Sitio 7 – Salar de Atacama, Lagunas Chaxa y Barros Negros”. Este sitio fue escogido debido a que presentaba una mezcla de características comunes a los otros sitios, además de poseer un área media en relación a la los otros cuerpos de agua. Los valores del área obtenida para diferentes fechas y para un rango de lo valores de NDWI, se muestran en la Tabla 3.21. Los valores obtenidos muestran un comportamiento común para las series de cada año (ver Figura 3.26), junto con presentar al umbral del NDWI de 0,011 como el valor de cambio de comportamiento en la detección. Esto refuerza la elección del valor de 0,011 como valor umbral del quiebre en la detección de agua. Así, este valor permite discriminar de buena forma el inicio (borde) del cuerpo de agua.

Cabe señalar que los valores umbrales registrados en la fotointerpretación, no mostraron diferencias con los determinados en el modelo automatizado, es decir, existe una completa equivalencia entre los valores de NDWI estimados en el SIG y los estimados en modelo desarrollado.

Folio007764

Tabla 3.21. Áreas fotointerpretadas en Sitio 7 - Sistemas Linzor Alto, Linzor Bajo y Chillahuita para los años 1990, 1995, 2000 y 2010.

Año	1990	1995	2000	2010
Valor NDWI	**Área fotointerpretada (ha)**			
0,001	184,32	168,03	186,66	171,27
0,002	184,32	168,03	186,66	171,27
0,003	184,32	168,03	186,66	171,27
0,004	184,32	168,03	186,66	171,27
0,005	184,32	168,03	186,66	171,27
0,006	184,32	168,03	186,66	171,27
0,007	184,32	168,03	186,66	171,27
0,008	184,32	168,03	186,66	171,27
0,009	184,32	168,03	186,66	171,27
0,01	184,32	168,03	186,66	171,27
0,011	**184,23**	**167,76**	**186,39**	**171,27**
0,012	183,51	167,4	185,67	170,91
0,013	182,79	166,77	184,86	170,28
0,014	181,98	166,5	184,68	170,01
0,015	181,8	166,41	184,32	169,65
0,016	181,17	166,23	184,05	169,11
0,017	180,54	165,51	183,51	168,57
0,018	180,09	165,06	183,24	168,57
0,019	179,19	164,61	182,88	168,03
0,02	179,1	164,25	182,43	167,4
0,021	178,38	163,98	181,8	166,77
0,022	177,84	163,89	181,71	166,41
0,023	177,12	163,53	181,71	165,96
0,024	176,85	163,44	180,72	165,6
0,025	176,31	162,9	180,09	164,7
0,026	176,13	162,63	180	163,98
0,027	175,95	162,54	179,64	163,53
0,028	175,32	162,09	179,46	163,17
0,029	174,69	161,64	179,19	162,9
0,03	174,51	161,55	178,83	162,45
0,035	172,8	160,75	176,85	160,83
0,04	170,73	159,84	174,69	159,12

Folio007765

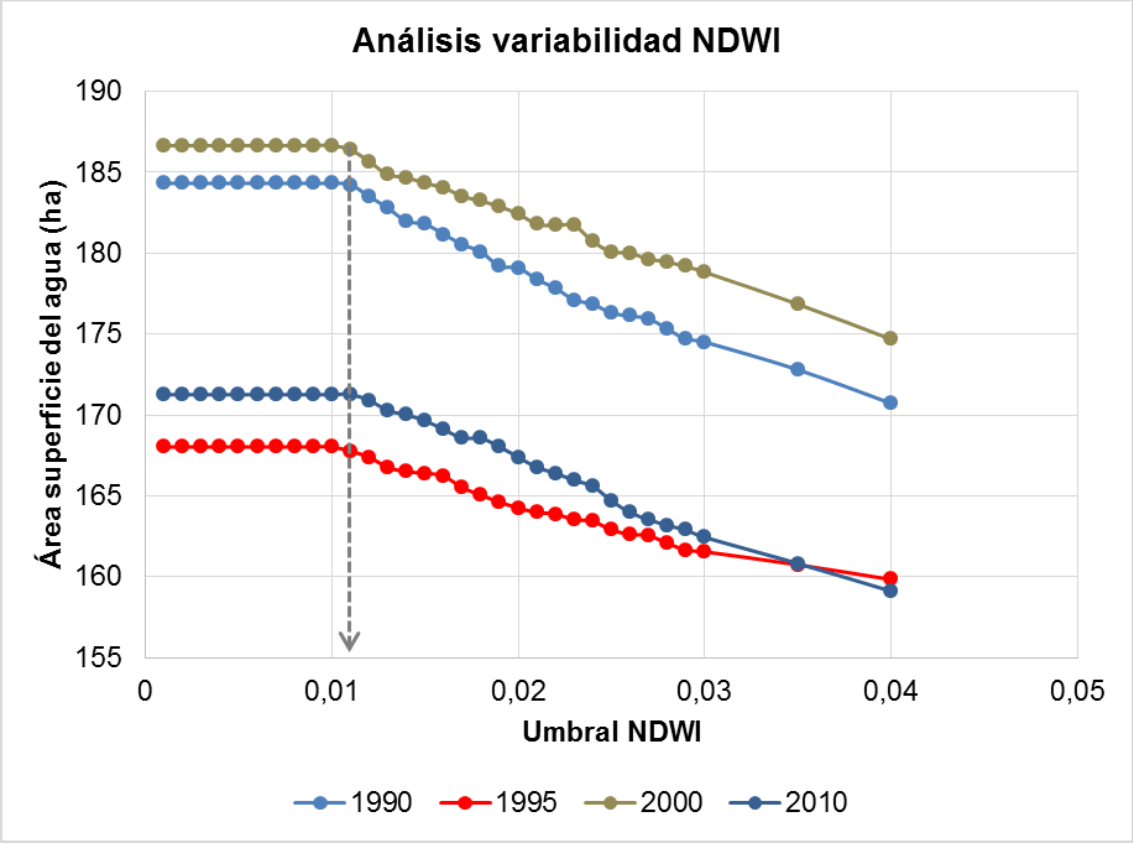


Figura 3.26. Deteminación del valor umbral del NDWI. La flecha indica el punto de cambio del comportamiento común (NDWI: 0,011).

3.4.1.4.2 Análisis de NDVI

El índice NDVI es típicamente utilizado para estimar (1) la cobertura de la vegetación, (2) crecimiento de las plantas (vigor) y (3) producción de biomasa, es decir, estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación. Por ello, este índice expresa la actividad fotosintética de la vegetación, donde al combinar las bandas del infrarojo cercano (Banda 4) y la banda del rojo (Banda 3) del espectro electromagnético, se establece una relación que varia entre valores -1 y 1, donde típicamente los valores negativos expresan una actividad fotosintética mínima (nula captura de energía luminosa) y los valores positivos una actividad fotosintética máxima (total utilización de la energía luminosa disponible) en la vegetación. La fórmula que sintenteza lo anterior es:

$$NDVI = \frac{Banda\ 4 - Banda\ 3}{Banda\ 4 + Banda\ 3}$$

En cuanto al proceso de calibración del modelo, se utiliza la misma metodología que para el índice NDWI, realizándose una calibración previa en base a un método iterativo sobre los diferentes sitios. El resultado del método iterativo es un valor de 0,11 para el umbral de detección de vegetación. Tras determinar el umbral preliminar, se realizó el análisis de variabilidad del área detectada en relación al NDVI para los años 1990, 1995, 2000 y

Folio007766

2010, en el "Sitio 27 - Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo". Los valores del área obtenida para diferentes fechas y para un rango de los valores de NDVI, se muestran en la Tabla 3.22. Los valores obtenidos muestran un comportamiento común para las series de cada año (ver Figura 3.27), a excepción del año 1995. Respecto de lo anterior, se observó que el año 1995 mostró un comportamiento levemente diferente a los otros, incluso en cuanto a la coloración de las imágenes. Es por ello que las variaciones en el comportamiento de los índices para ese año, no fueron posible de ser atribuídas a alguna variable o condición particular. Aún así, muestran un comportamiento similar al alejarse del punto de cambio de comportamiento encontrado, para el cual se determinó un umbral del NDVI de 0,108, como el valor de cambio de comportamiento en la detección. Esto es concordante con la elección del valor de 0,11 como valor umbral preliminar para la detección de vegetación.

En cuanto a los valores umbrales registrados en la fotointerpretación, ellos mostraron una pequeña diferencia respecto de los determinados en el modelo automatizado, obteniéndose que los valores de NDVI estimados en el SIG fueran mayores en 0,005 que los estimados en el modelo desarrollado. Esto se debe a las diferencias existentes en el procesamiento y tratamiento de decimales, y no se considera un error en la metodología.

Tabla 3.22. Áreas fotointerpretadas en Sitio 27 - Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo para los años 1990, 1995, 2000 y 2010.

Año	**1990**	**1995**	**2000**	**2010**
Valor NDVI	**Área fotointerpretada (ha)**			
0,096	203,130	262,440	209,340	192,150
0,097	191,250	246,690	198,720	189,450
0,098	184,500	233,460	190,800	177,840
0,099	179,010	219,420	188,280	168,390
0,100	176,400	213,030	186,660	165,420
0,101	174,690	206,010	180,360	163,710
0,102	165,780	196,380	168,120	159,750
0,103	157,950	193,410	162,000	149,130
0,104	154,530	192,870	159,750	144,540
0,105	151,560	192,780	155,430	141,750
0,106	147,420	179,460	154,440	137,880
0,107	147,240	160,920	154,350	137,070
0,108	**136,890**	**148,050**	**136,410**	**135,250**
0,109	131,310	148,410	131,760	122,760
0,110	129,600	148,410	131,310	119,880
0,111	129,600	148,410	131,310	119,880
0,112	129,600	148,410	131,310	119,880
0,113	126,630	148,410	129,600	115,920
0,114	116,460	141,030	117,360	105,930
0,115	116,370	117,990	116,640	104,850

Folio007767

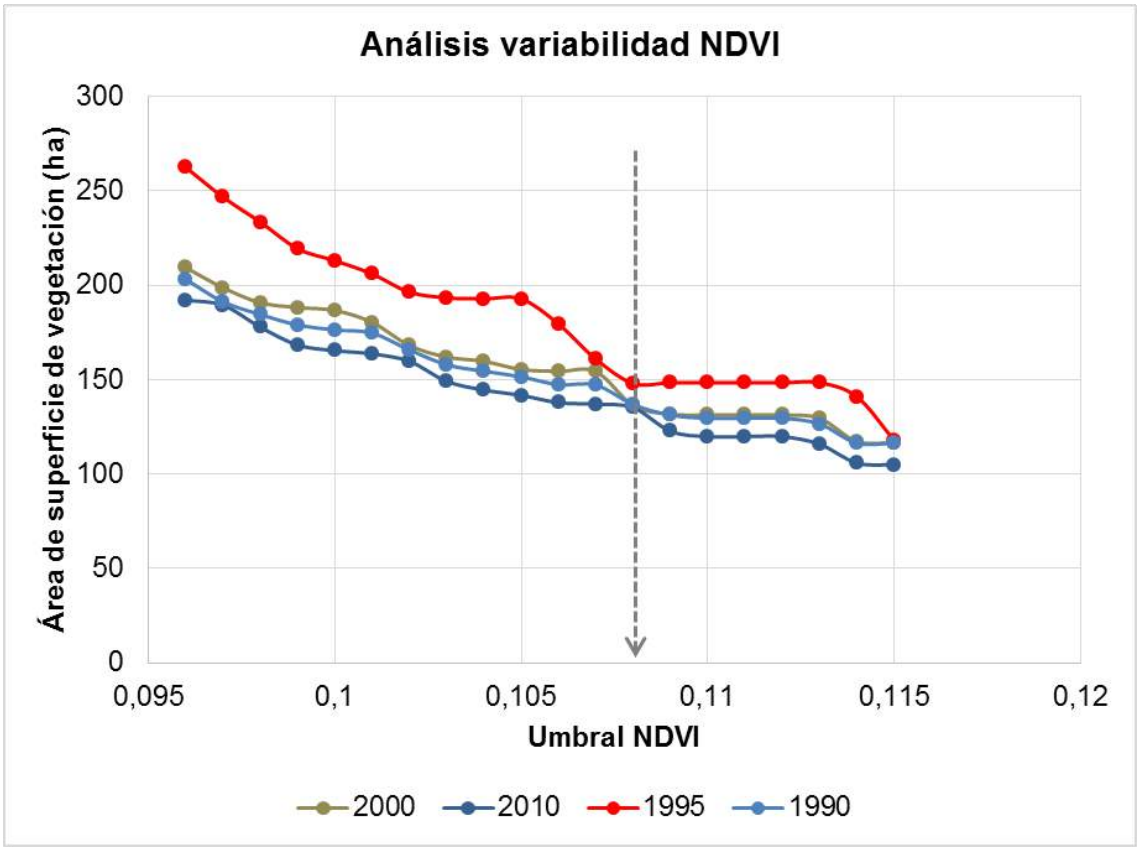


Figura 3.27. Deteminación del valor umbral del NDVI. La flecha indica el punto de cambio del comportamiento común (NDVI: 0,108).

3.4.1.4.3 Calibración

Una vez finalizado el procedimiento de calibración del umbral de corte para los índices NDWI y NDVI, se procede a ejecutar las rutinas del modelo automatizado (en el software MATLAB). El modelo realiza el procesamiento de cada pixel contenido dentro de los sitios de interés (Sitios Vegetacionales-SV), determinando si se encuentra o no por sobre el umbral de corte definido, y almacenando las coordenadas centrales (Este y Norte) de cada pixel. Con ello, cada pixel quedará identificado con un valor del índice y sus coordenadas georeferenciadas. Luego se almacenan estos registros en capas de información indexadas por fecha, Path/Row y número de sitio vegetacional o cuerpo de agua, generándose un registro trazable e histórico de la recurrencia temporal y espacial de las coberturas especiales. Lo anterior es denominado “Análisis de recurrencia vegetacional” o “Análisis de recurrencia de cuerpos de agua”, según corresponda.

El análisis de recurrencia es un procedimiento comparativo de coberturas en el tiempo, el cual tiene como finalidad contrastar solamente las superficies recurrentes en el tiempo de en un sistema dado. Esto se realiza para poder realizar análisis de la evolución temporal de las superficies ocupadas, pero sin considerar pequeñas áreas no estables temporalmente (p.ej. zonas con vegetación no vigorosa y esporádica, zonas de tierra con alta humedad cercanas a cuerpos de aguas, etc.). Finalemente, se define como zona a considerar en el análisis histórico, toda aquella que cuente con una recurrencia temporal superior o igual al 60%, considerándose así solamente las zonas que se presentan como parte estable (más del 60% de tiempo) de los sistemas.

Folio007768

3.4.2 Resultados

3.4.2.1 Análisis de cuerpos de agua (NDWI)

La ubicación de cada uno de los sitios en análisis se muestra en las Figura 3.28 y Figura 3.29, dividiendo el área en dos subzonas para mejorar la visualización de los sistemas.

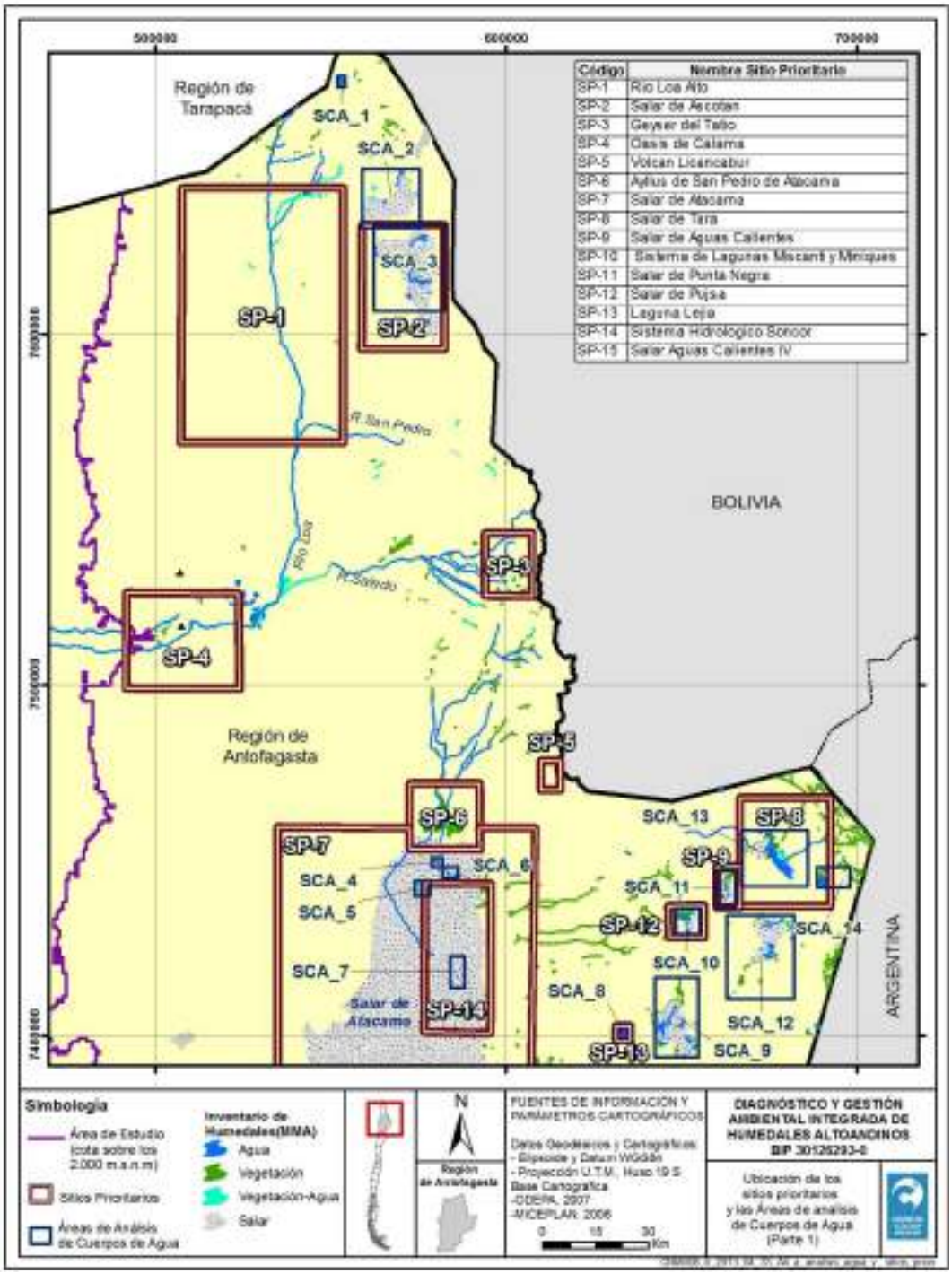
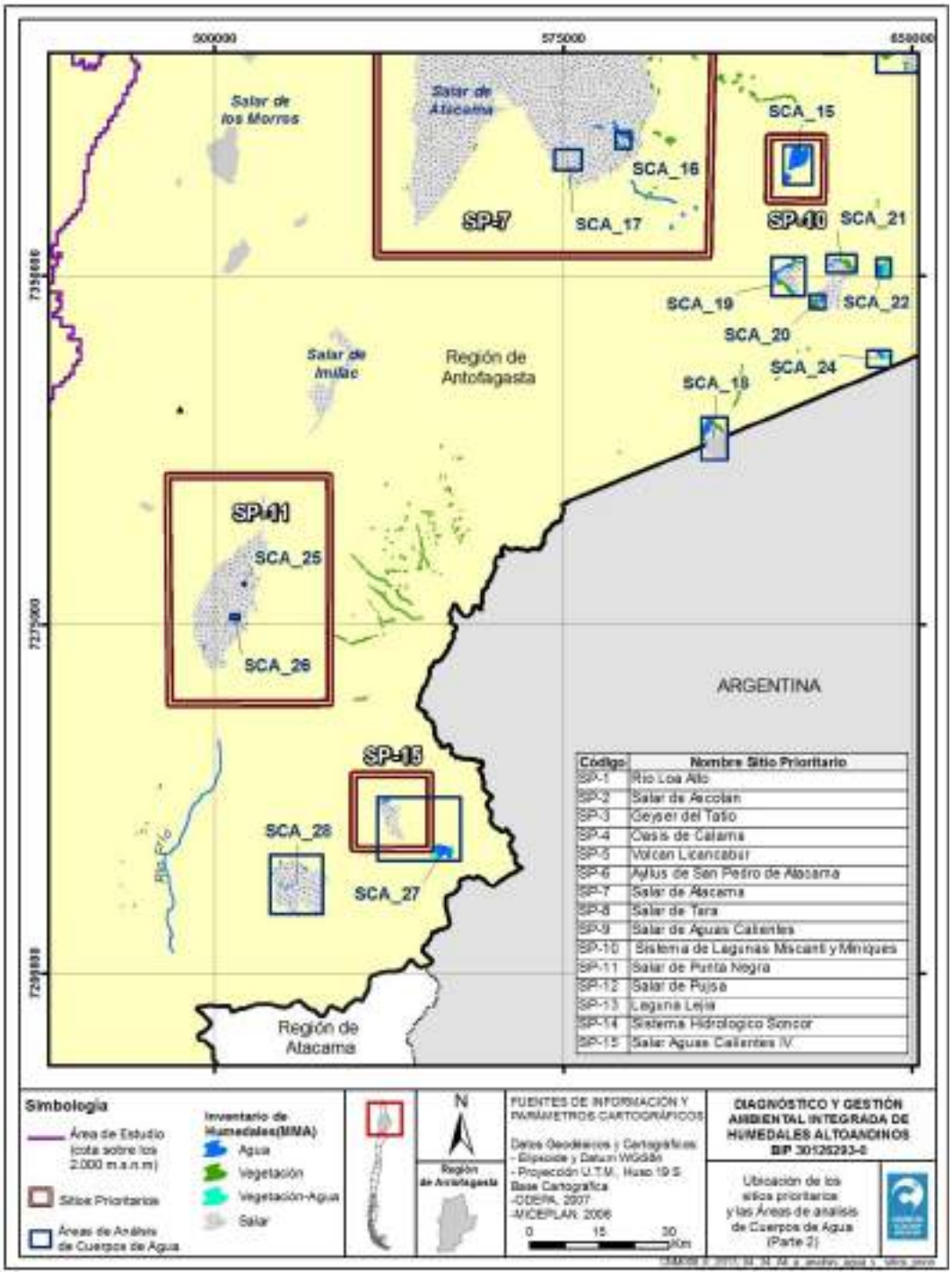


Figura 3.28 Ubicación general de los humedales prioritarios y las áreas de análisis de cuerpos de agua (zona norte del área de estudio) .

Folio007769



Código	Nombre Sitio Prioritario
SP-1	Río Loa Alto
SP-2	Salar de Aguas Calientes
SP-3	Geyser del Tatio
SP-4	Oasis de Calama
SP-5	Volcan Licancabur
SP-6	Aylus de San Pedro de Atacama
SP-7	Salar de Atacama
SP-8	Salar de Tara
SP-9	Salar de Aguas Calientes
SP-10	Sistema de Lagunas Miscanti y Miniques
SP-11	Salar de Punta Negra
SP-12	Salar de Pujsa
SP-13	Laguna Lejia
SP-14	Sistema Hidrologico Soncor
SP-15	Salar Aguas Calientes IV

Figura 3.29 Ubicación general de los humedales prioritarios y las áreas de análisis de cuerpos de agua (zona sur del área de estudio) .

Folio007770

Primeramente, se realizó una estimación de las áreas medias de recurrencia histórica, definida como toda el área en la cual se detectó la presencia de agua un 10% o más del tiempo de la serie de tiempo histórica (desde 1985 a 2010). Estas áreas incluirían tanto al "núcleo" de cada sistema, el cual se presenta con una mayor estabilidad y presencia en el tiempo, como también el área de variación estacional. Las áreas determinadas ayudarán en la comprensión de la dinámica de los sistemas, en términos del reconocimiento de tendencias en las variaciones temporales.

Tras la identificación del área con recurrencia histórica igual o por sobre el 10%, se realizó el análisis de las recurrencias móviles de cada sitio. La recurrencia móvil es definida como la recurrencia que presenta cada subzona (pixel) para un período de 10 años contiguos. Así, se realiza el análisis para intervalos de 10 años, y se desplaza el rango en 1 año a la vez. De los resultados es posible ver el comportamiento del área durante ese rango, el cual se considera que cuenta con condiciones climáticas similares, o al menos, con una relación. Con la obtención de la recurrencia móvil es posible determinar las tendencias (si es que existen) de las áreas en estudio.

En la Figura 3.30 a Figura 3.57 se entrega una representación de la recurrencia histórica de cada uno de los sitios en análisis, entregándose la recurrencia local sólo para los valores iguales o mayores al 10% de recurrencia temporal. La inclusión de recurrencias de bajo valor, busca mostrar las áreas límites de los cuerpos de agua (bordes o halos), que presentan variaciones debido a estacionalidad o a otras causales. Junto con la representación, se entrega la recurrencia móvil de la serie histórica, de la cual es posible observar las tendencias de la cobertura de los cuerpos de agua. Cabe señalar que los valores de recurrencia mostrados en los resultados corresponden alcanzan el 100% de recurrencia, correspondiente a la detección de agua en toda la serie de imágenes utilizadas en el análisis.

Cabe señalar que, los resultados obtenidos para la variación de las áreas superficiales, serán interpretados de forma conjunta con la evaluación de presiones existentes en la zona más cercana y a distancia media de cada sistema. Lo anterior se justifica en que, no todos los sistemas mostraron comportamientos similares en la variación temporal, además de que existen grandes diferencias en los tamaños de los sistemas. Así, las tendencias y variaciones identificadas serán utilizadas como input en el diagnóstico de los sistemas.

Folio007771

Tabla 3.23. Resumen de recurrencia histórica determinada para cada área de cuerpo de agua en análisis.

Sistema Cuerpos de Agua				
Código	**Nombre y descripción otorgada en estudio**	**Área Recurrente Histórica (ha) (>=10% del tiempo)**	**Este**	**Norte**
SCA_01	Lagunas Salar de Alconcha	27,72	553105,72	7671913,17
SCA_02	Lagunas Salar de San Martín o Carcote	185,58	567593,99	7637497,92
SCA_03	Lagunas Salar de Ascotán	1053,36	573800,69	7619904,99
SCA_04	Lagunas de Cejas Salar de Atacama	22,5	580467,75	7449115,49
SCA_05	Laguna Tebinquiche Salar de Atacama	216	576196,10	7441937,63
SCA_06	Laguna Yona Grande Salar de Atacama	24,93	583769,01	7446131,58
SCA_07	Lagunas Chaxa y Barros Negros Salar de Atacama	221,22	586181,78	7418316,43
SCA_08	Laguna Lejia	213,48	633404,54	7400793,36
SCA_09	Laguna Salar de Aguas Calientes, cercana Laguna Lejía	3875,04	648545,30	7402372,04
SCA_10	Laguna Salar de Pujsa	927,63	652200,22	7432558,15
SCA_11	Laguna Salar de Aguas Calientes I	565,74	663072,87	7441613,33
SCA_12	Lagunas Salar de Loyoques o Quisquiro	242,55	673752,37	7424963,52
SCA_13	Laguna Salar de Tara	3117,51	677987,04	7450730,81
SCA_14	Laguna Helada	193,86	692175,62	7444548,54
SCA_15	Lagunas Miscanti y Miñiques	1462,77	625291,71	7374718,35
SCA_16	Laguna Salada Salar de Atacama	18,36	587857,34	7379095,59
SCA_17	Lagunas La Punta y La Brava Salar de Atacama	55,08	575987,58	7374836,39
SCA_18	Laguna Salar de Pular	287,82	607522,95	7315008,46
SCA_19	Lagunas Salar de Capur	194,58	623811,74	7349962,90
SCA_20	Laguna Salar de Talar	62,91	629779,60	7344377,91
SCA_21	Laguna Salar de Aguas Calientes	180,18	634402,93	7352478,23
SCA_22	Laguna Tuyajto	264,42	643799,54	7351439,66
SCA_23	Laguna Salar El Laco	223,38	662157,68	7360998,48
SCA_24	Laguna Salar de Incahuasi	45,81	643352,71	7332197,21
SCA_25	Salar de Punta Negra, Sistema VCL-2	2,97	506343,66	7283691,80
SCA_26	Salar de Punta Negra,	21,51	504341,00	7276682,10

Sistema Cuerpos de Agua				
Código	**Nombre y descripción otorgada en estudio**	**Área Recurrente Histórica (ha) (>=10% del tiempo)**	**Este**	**Norte**
	Sistema VCL-3			
SCA_27	Laguna Salar de Aguas Calientes VI y Laguna de la Azufrera	1294,38	542014,99	7230201,02
SCA_28	Laguna Salar de Pajonales	228,87	517756,13	7218818,02

Folio007773

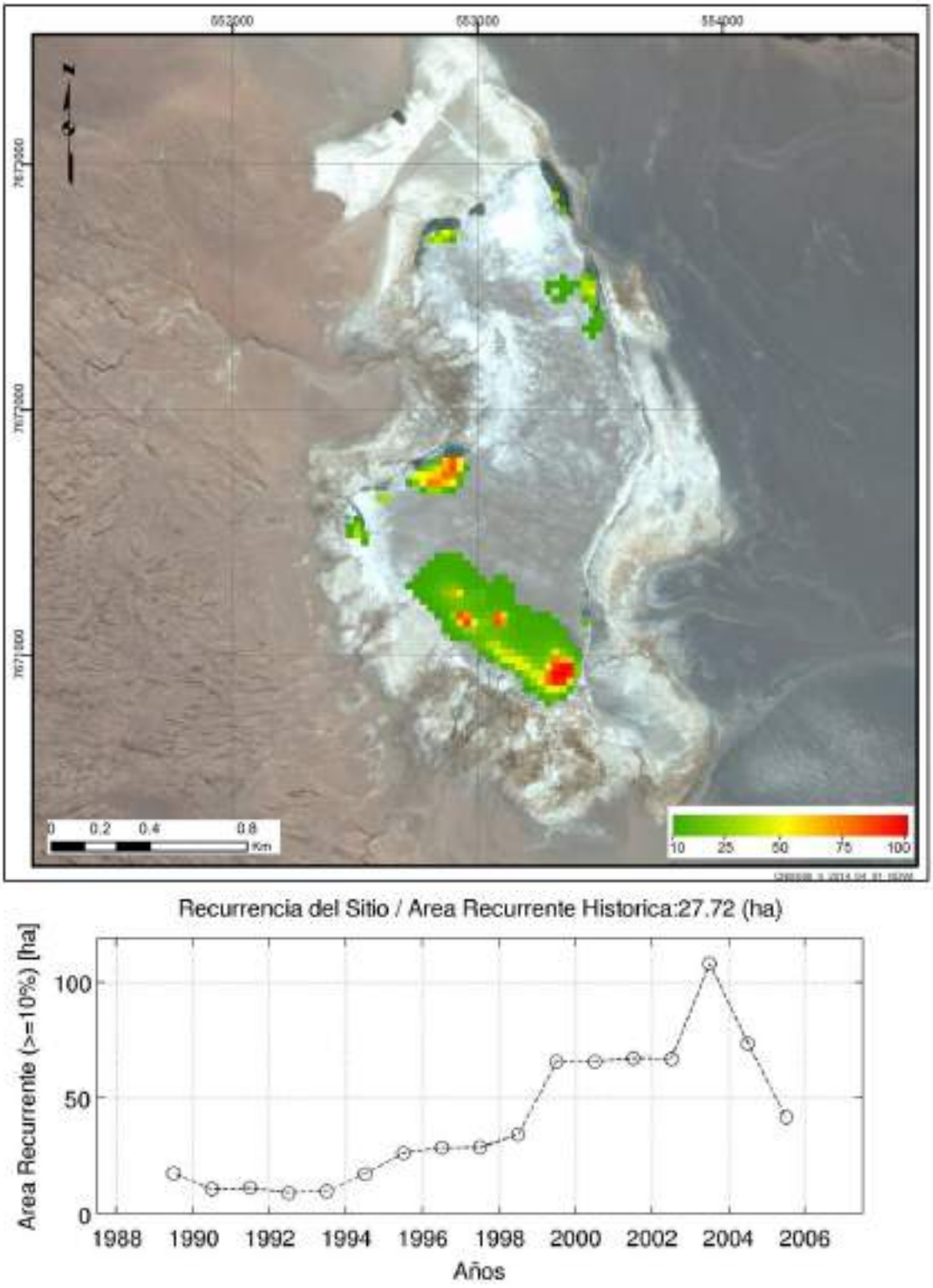


Figura 3.30 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-1.

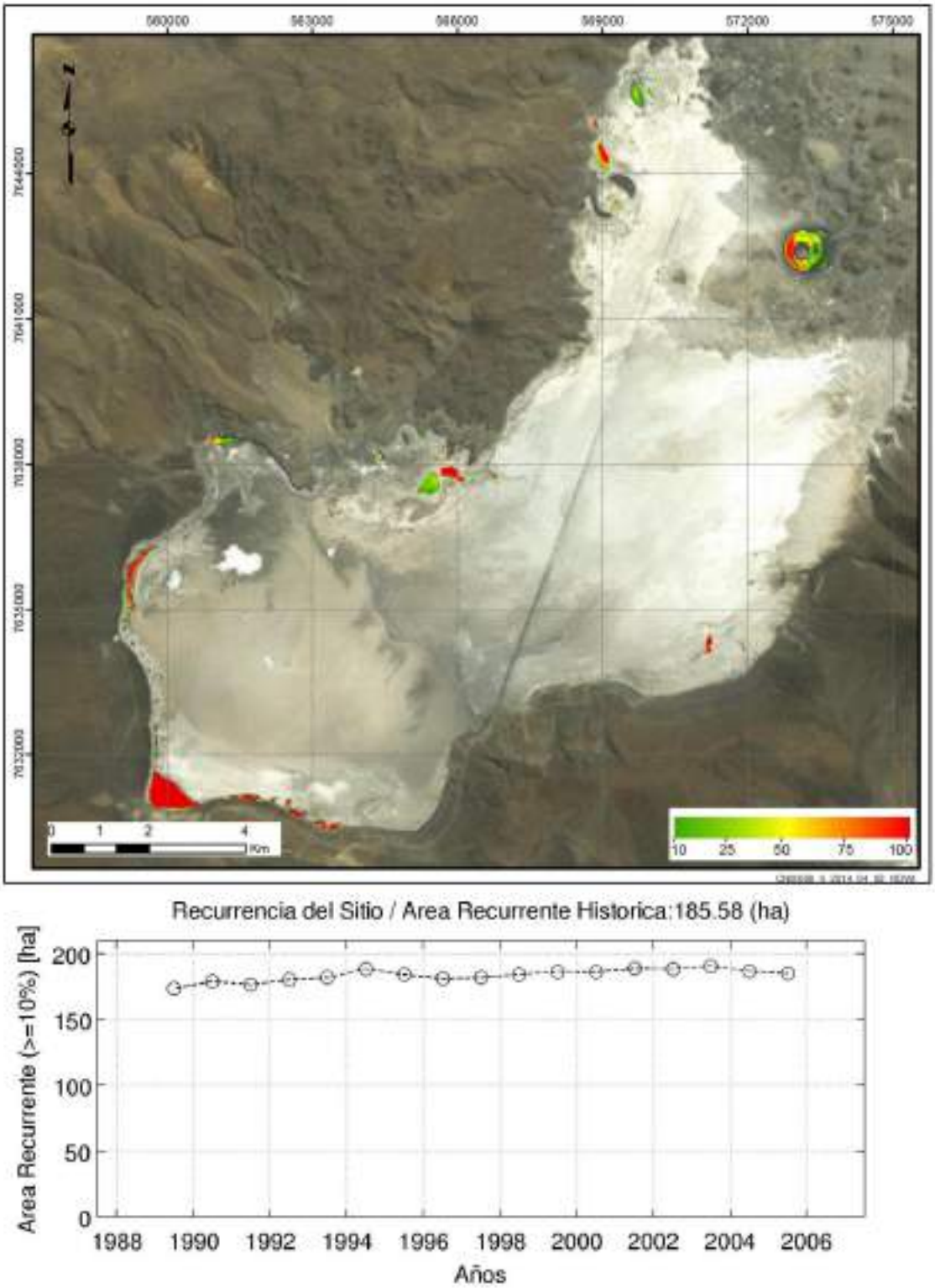


Figura 3.31 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-2.

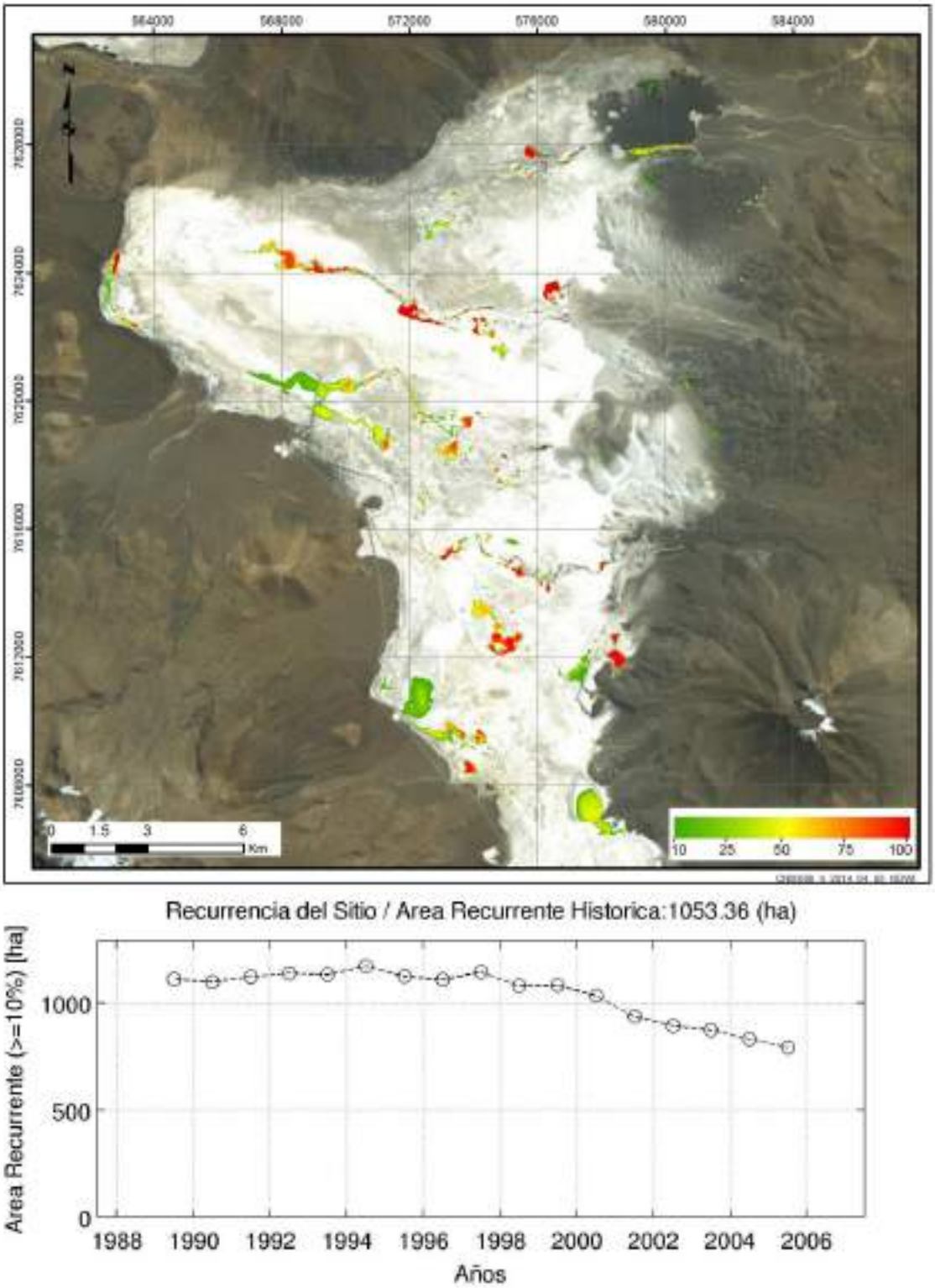


Figura 3.32 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-3.

Folio007776

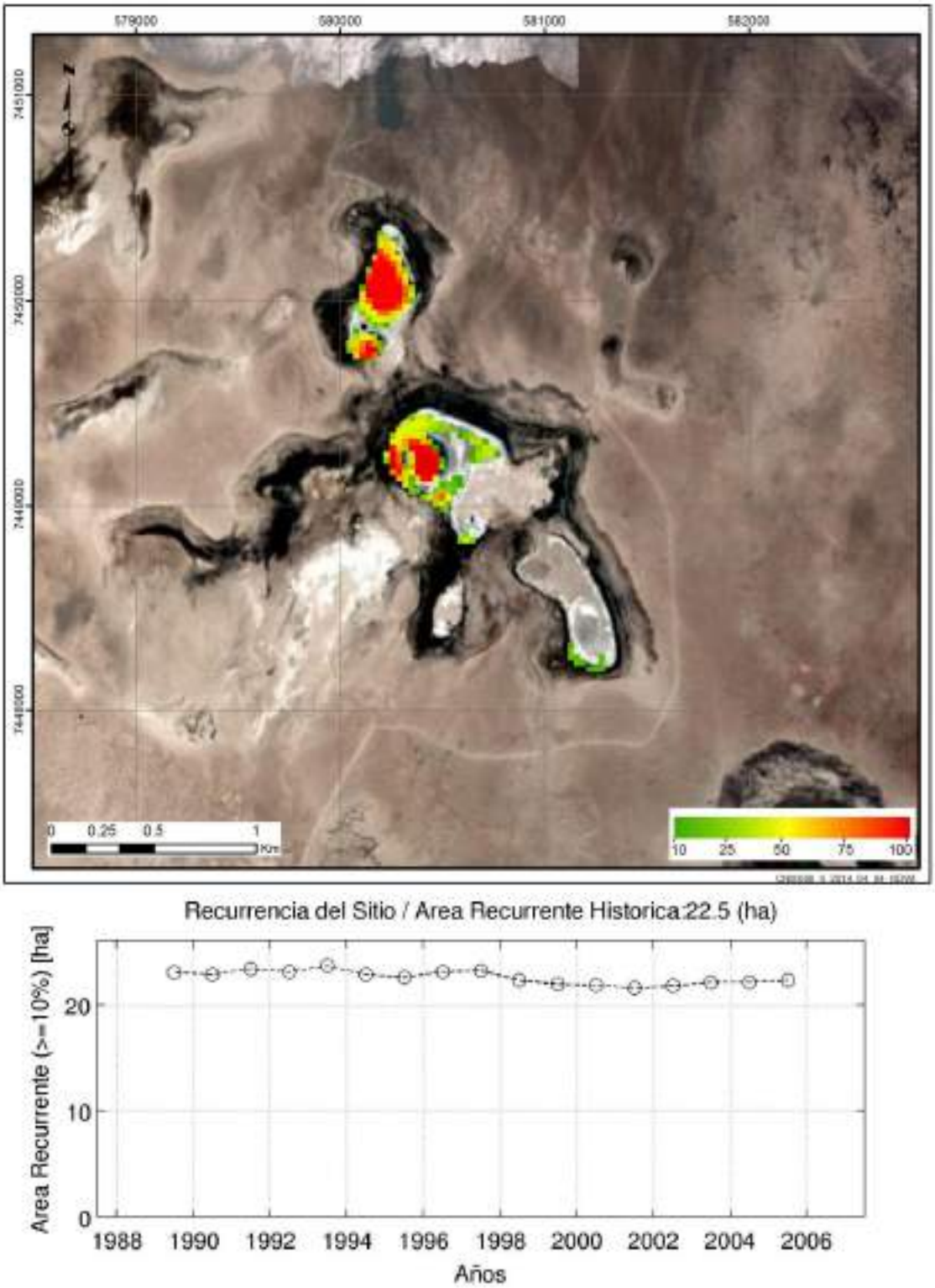


Figura 3.33 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-4.

Folio007777

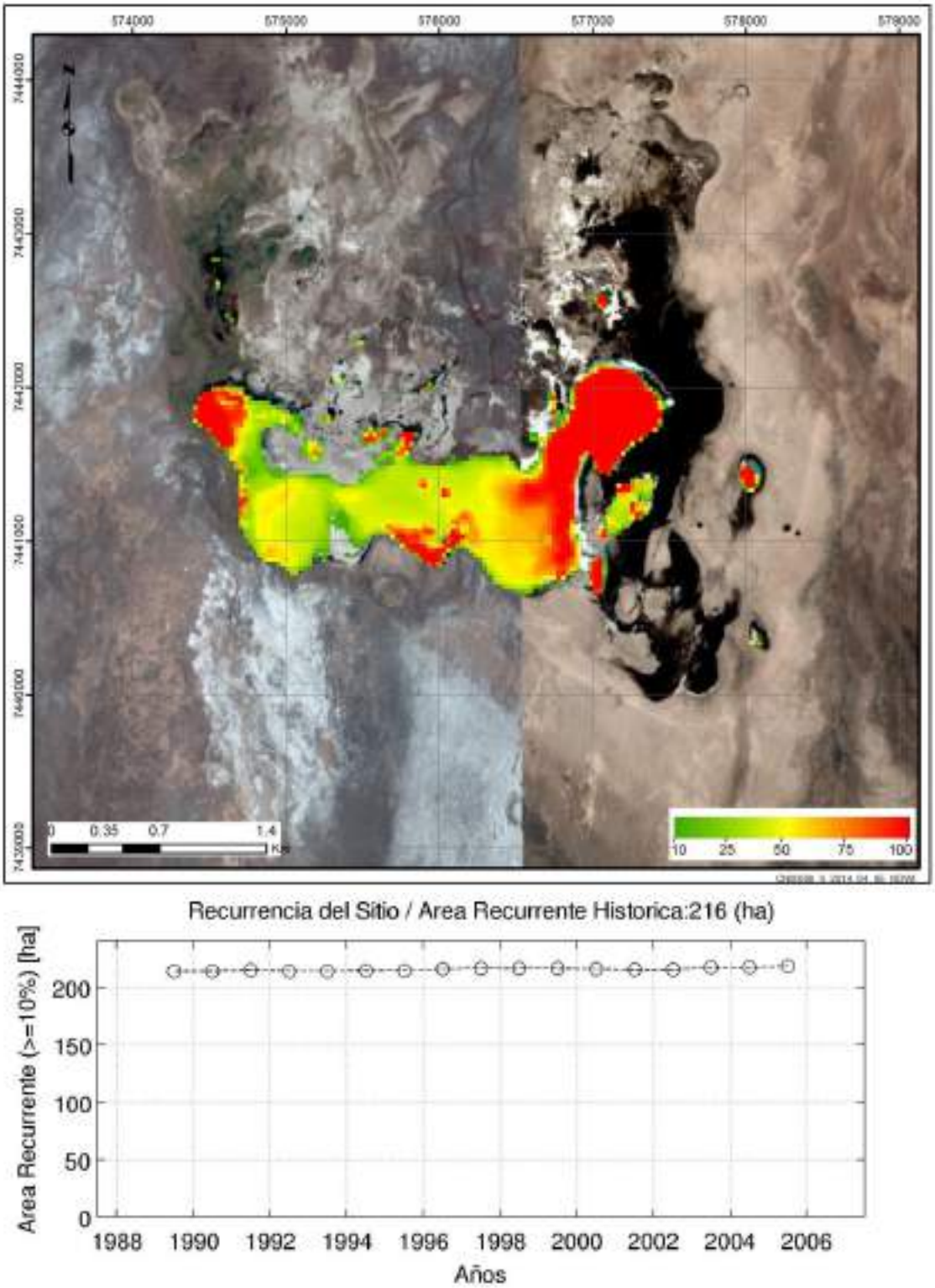


Figura 3.34 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-5.

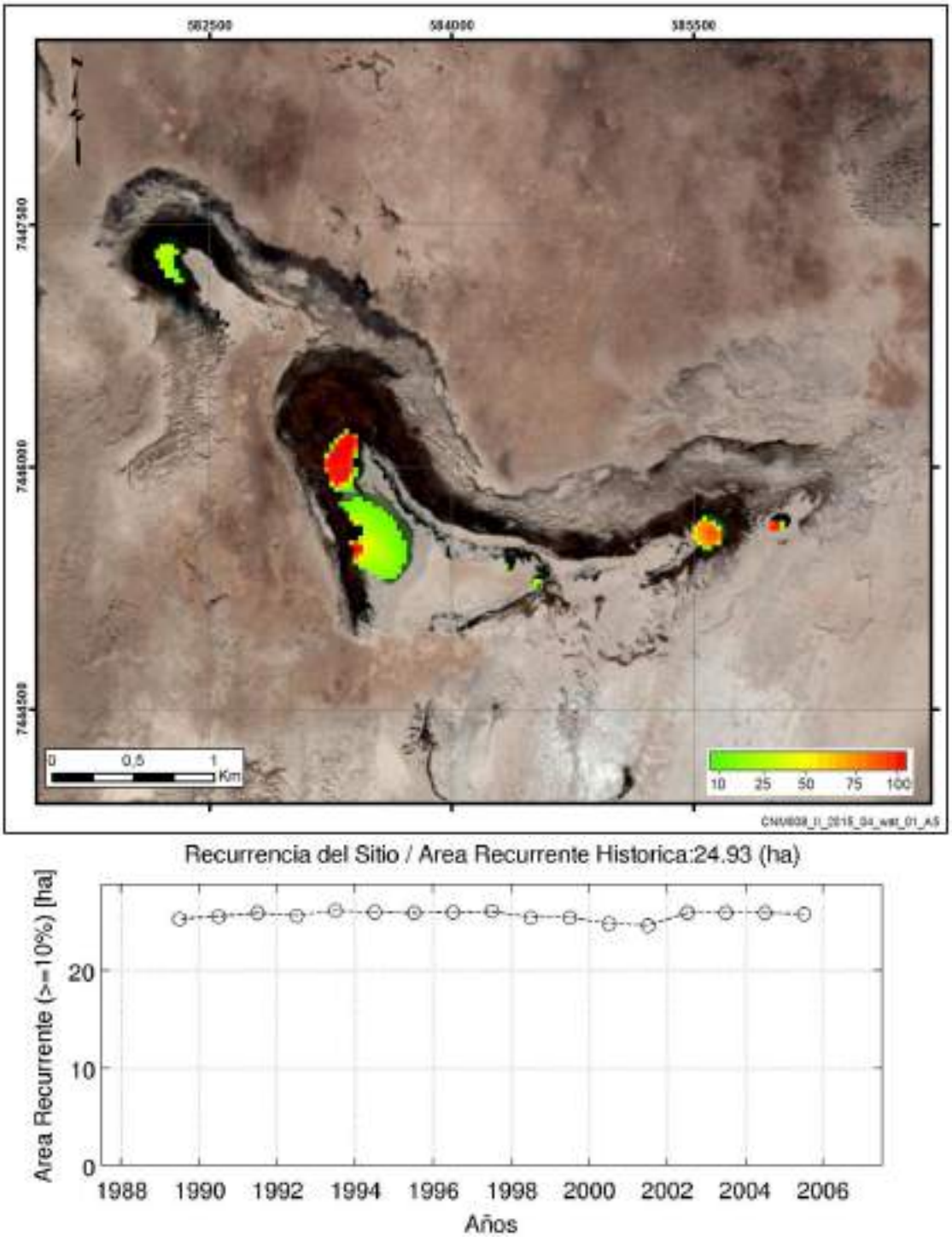


Figura 3.35 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-6.

Folio007779

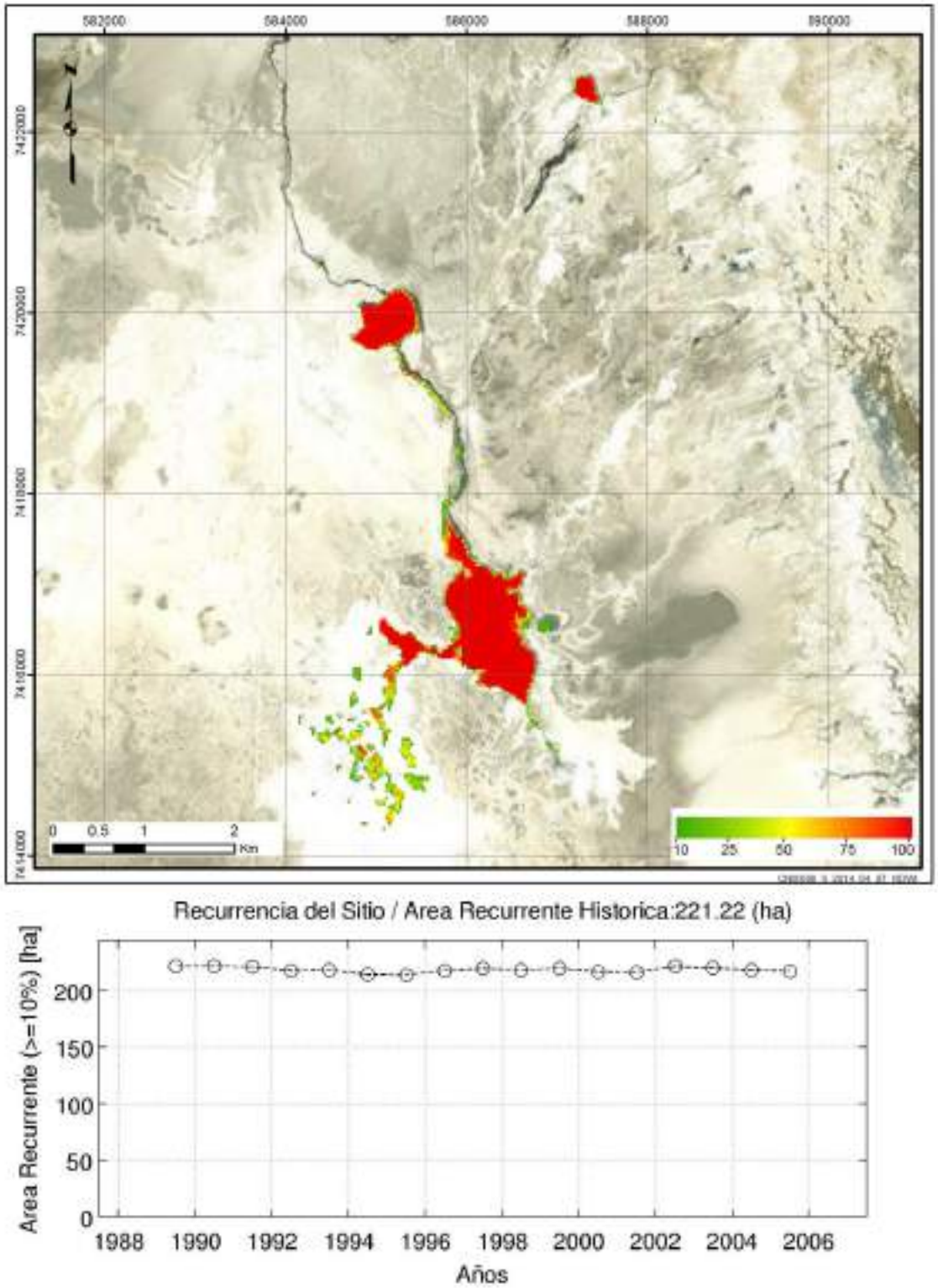


Figura 3.36 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-7.

Folio007780

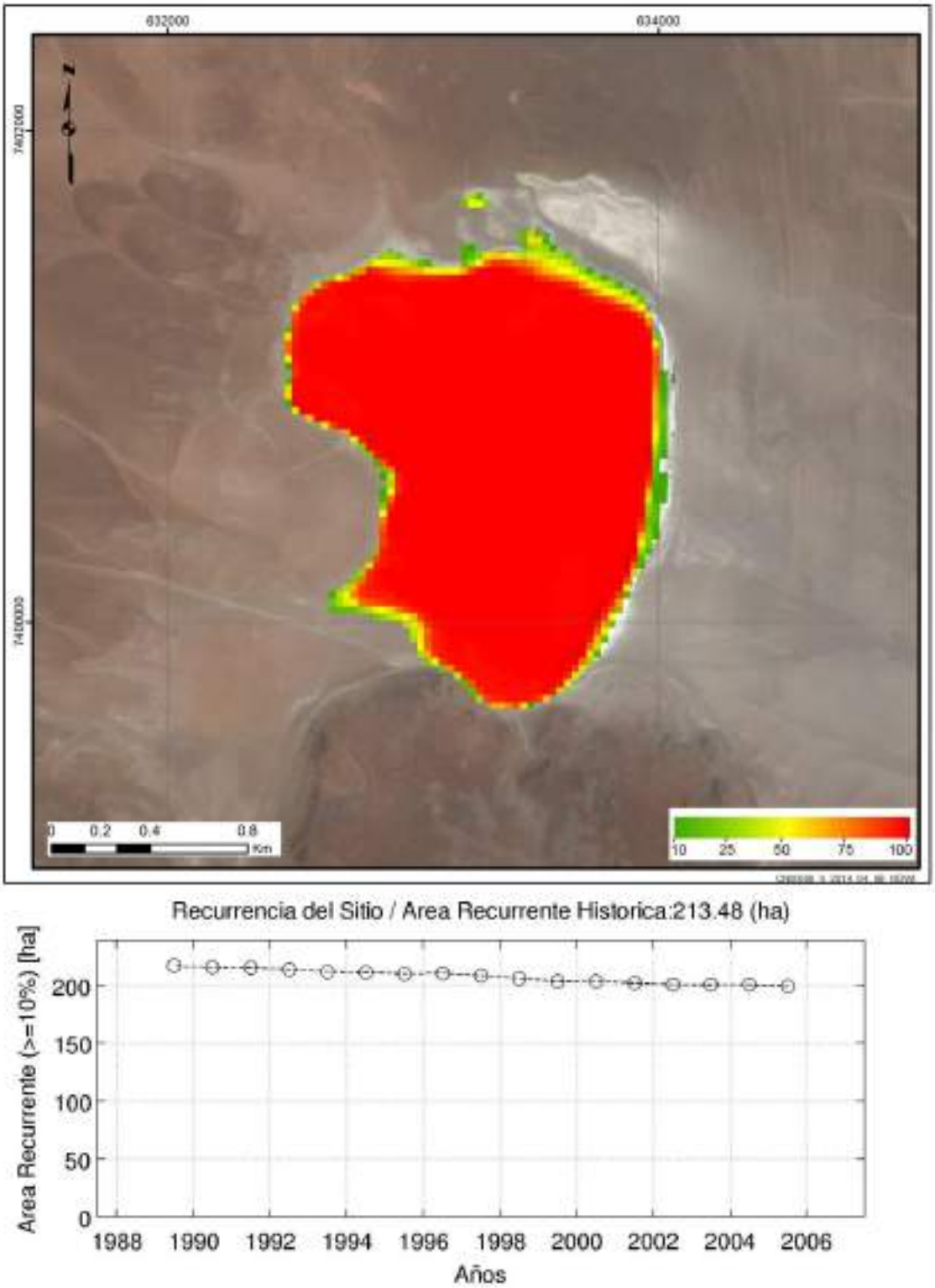


Figura 3.37 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-8.

Folio007781

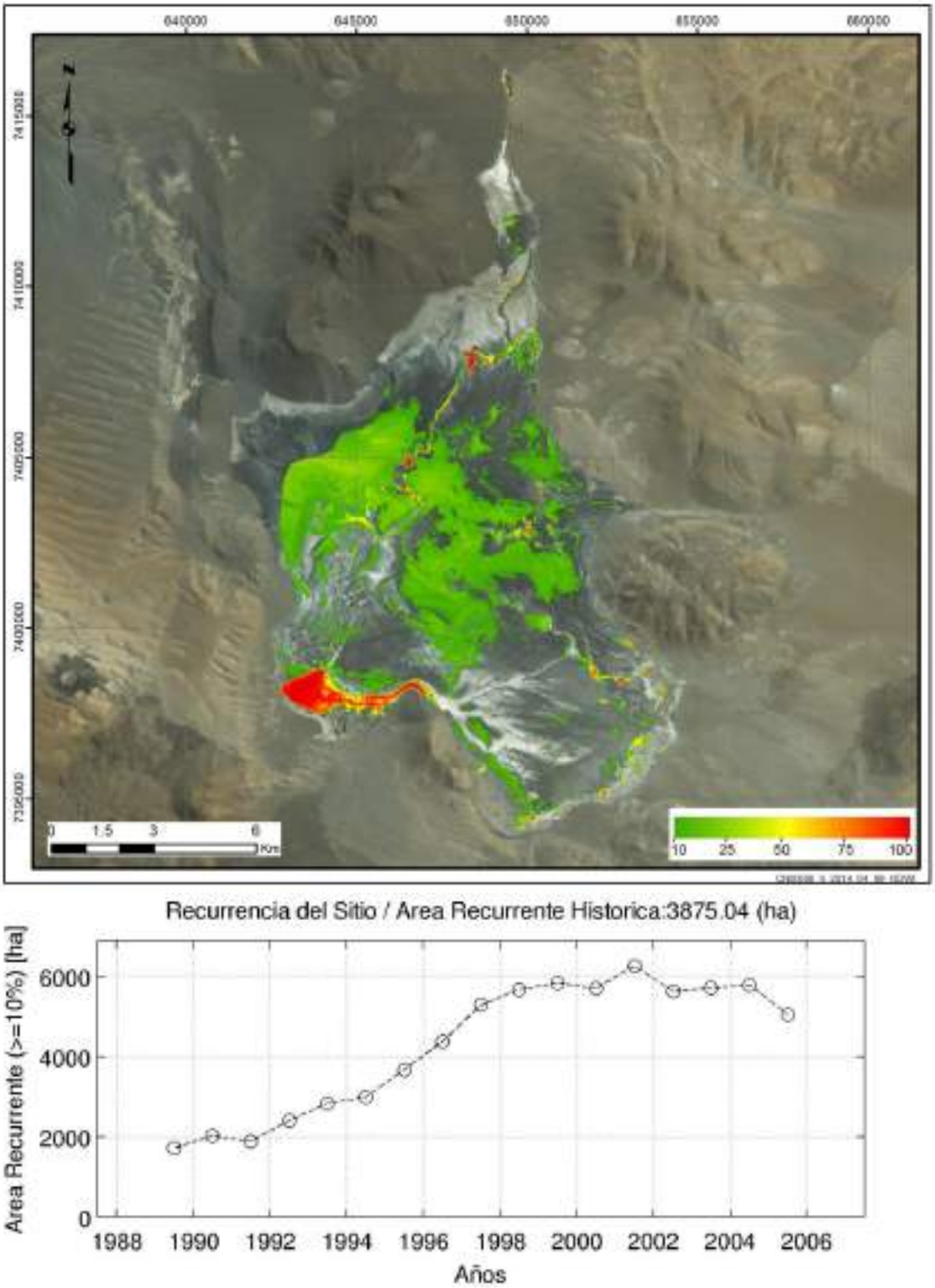


Figura 3.38 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-9.

Folio007782

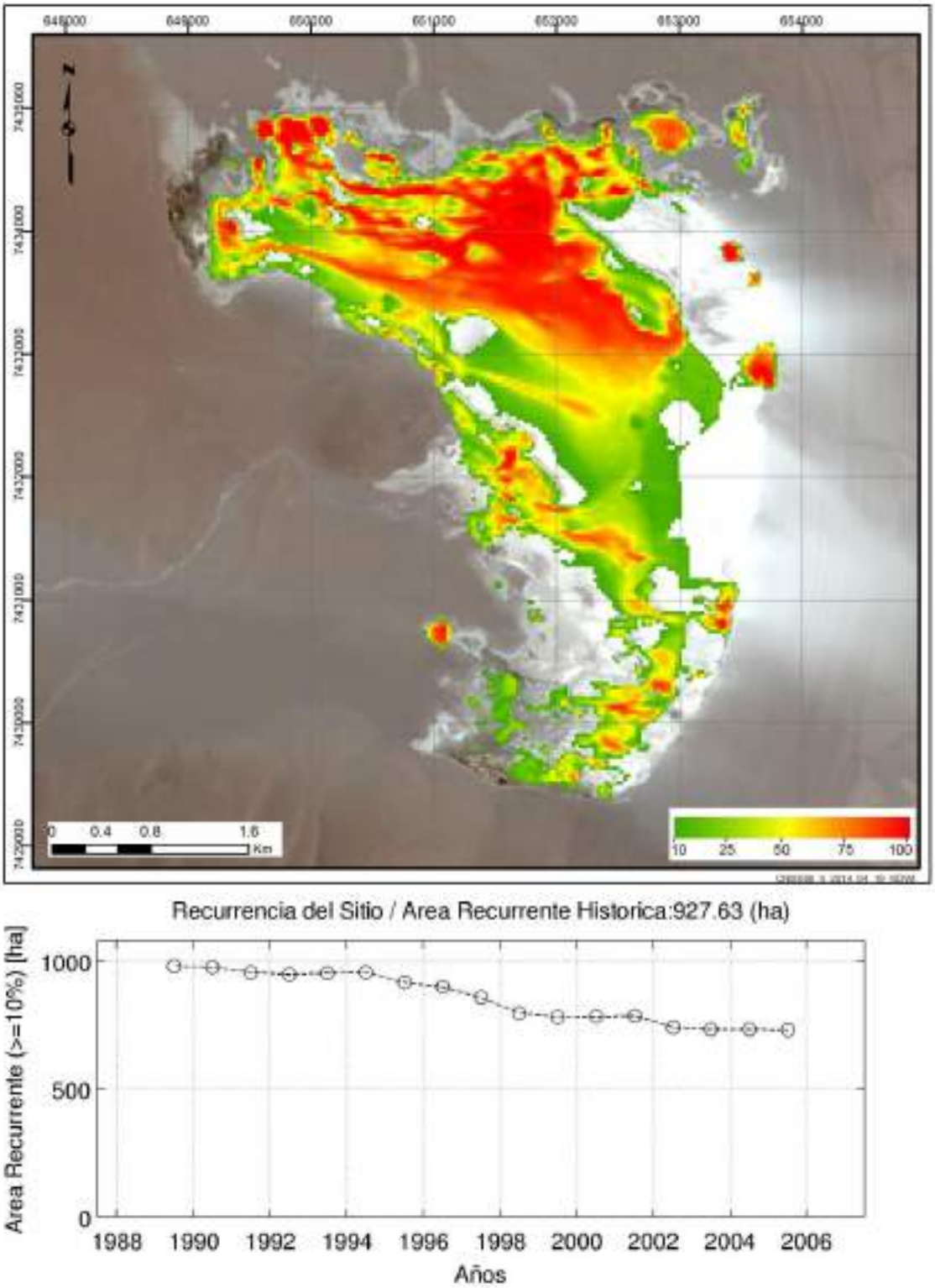


Figura 3.39 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-10.

Folio007783

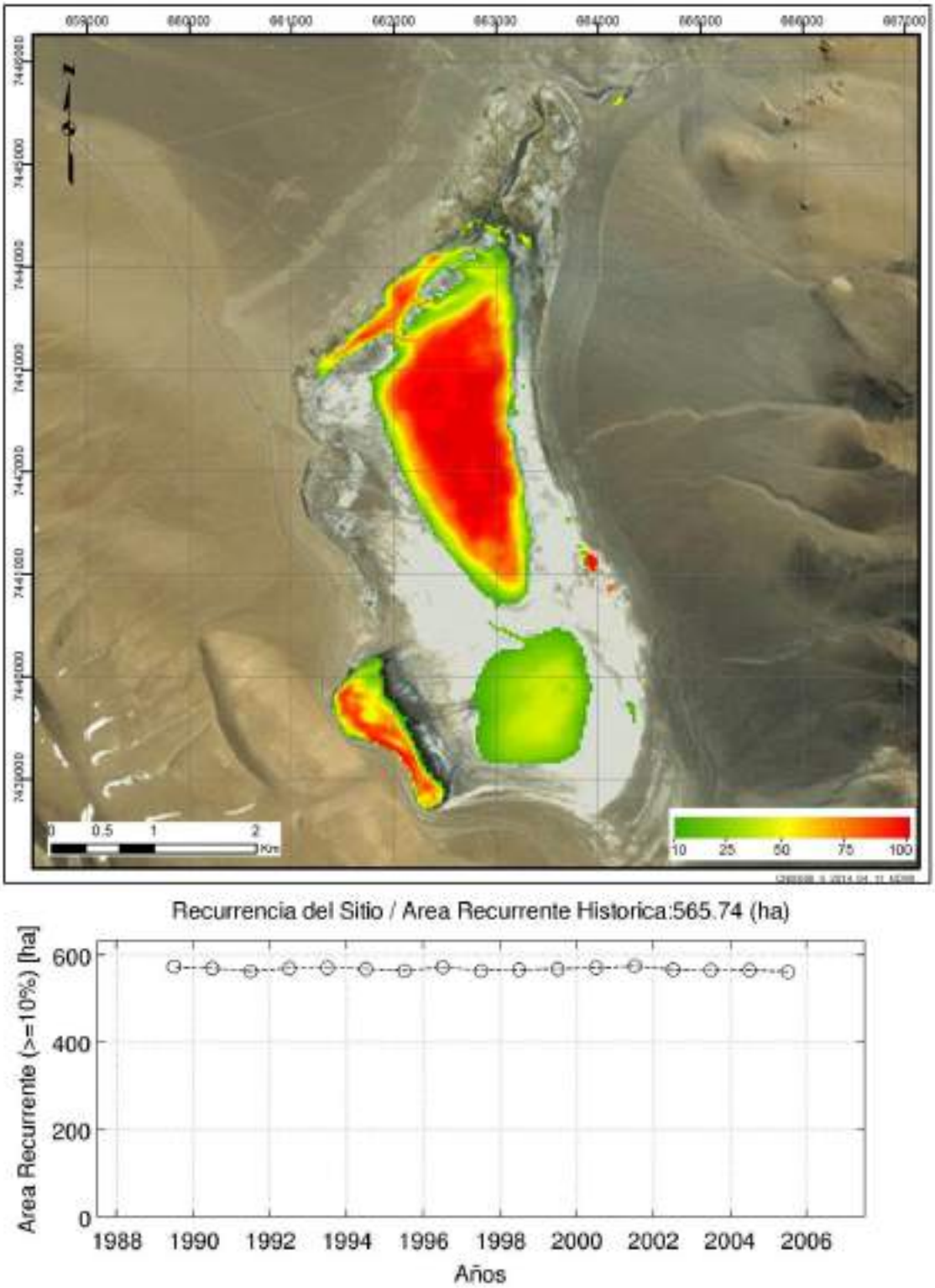


Figura 3.40 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-11.

Folio007784

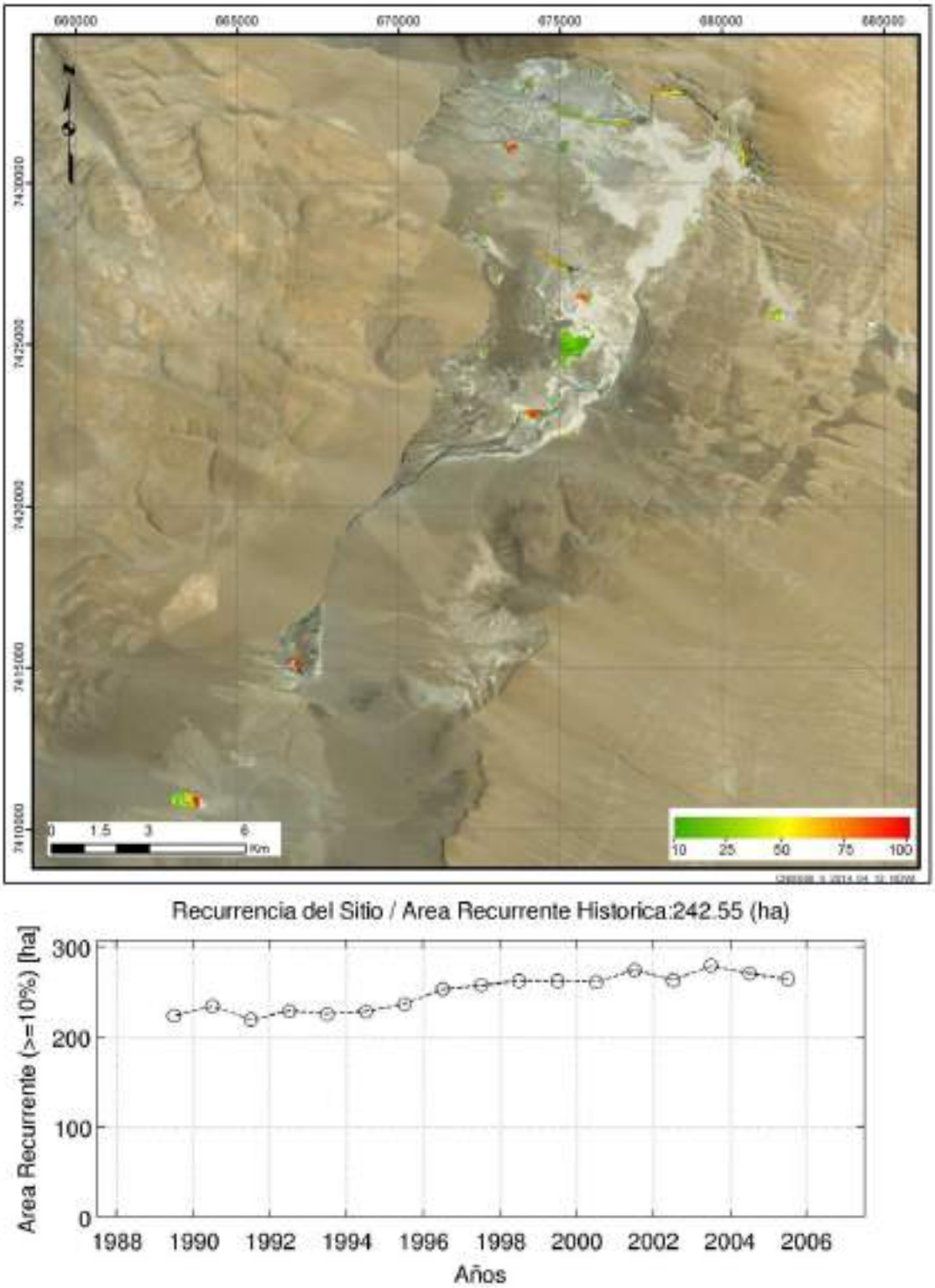


Figura 3.41 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-12.

Folio007785

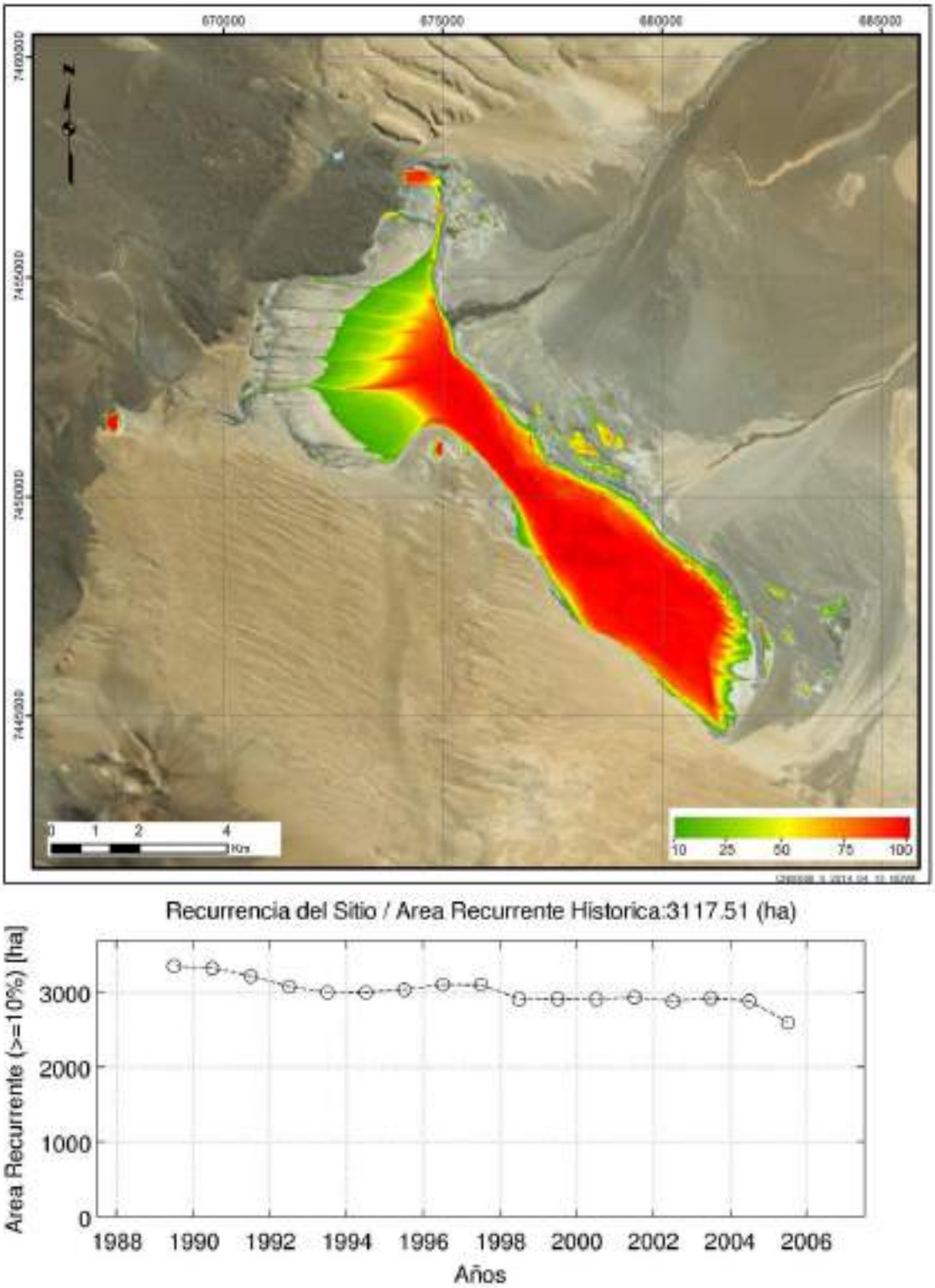


Figura 3.42 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-13.

Folio007786

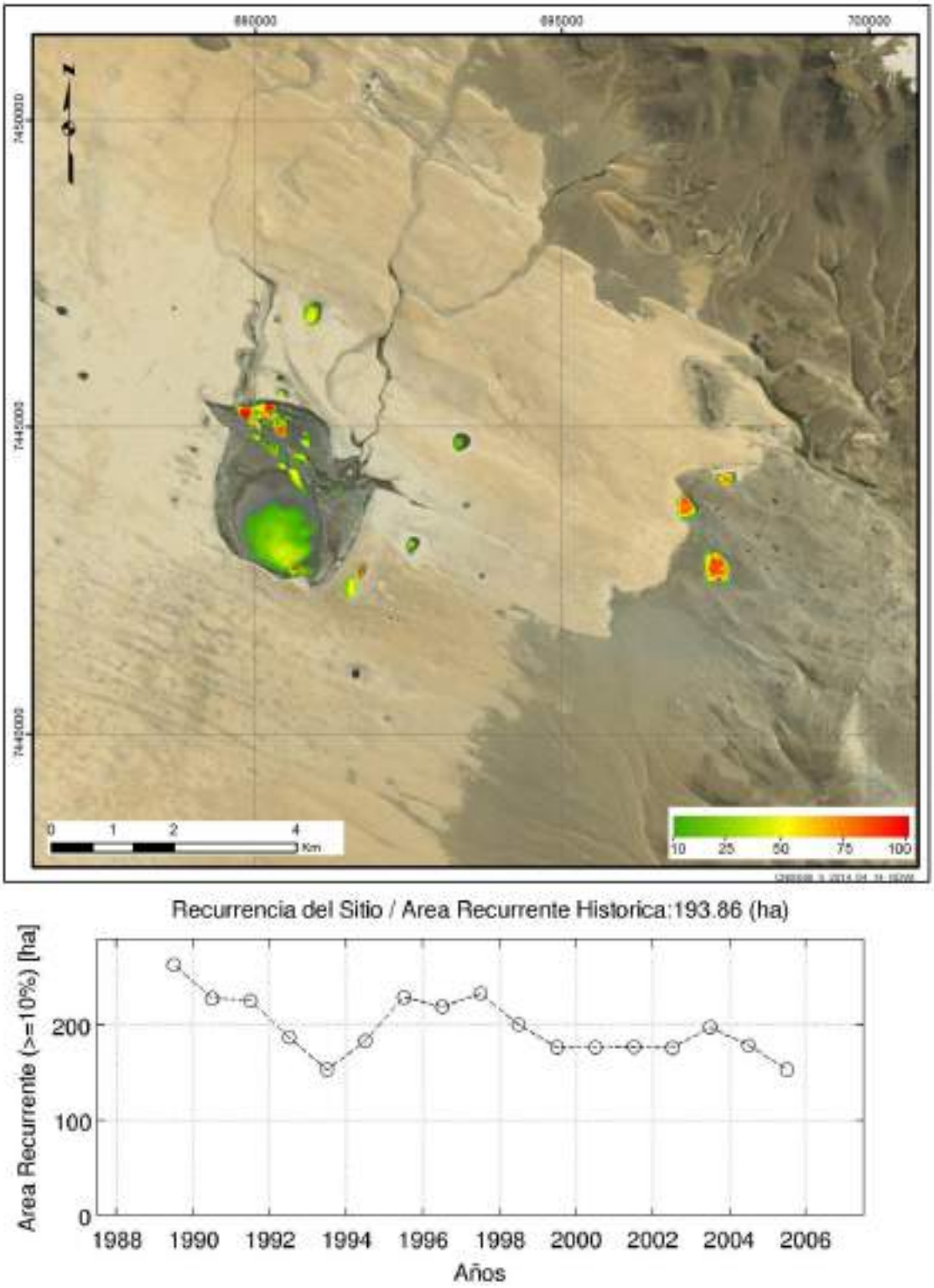


Figura 3.43 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-14.

Folio007787

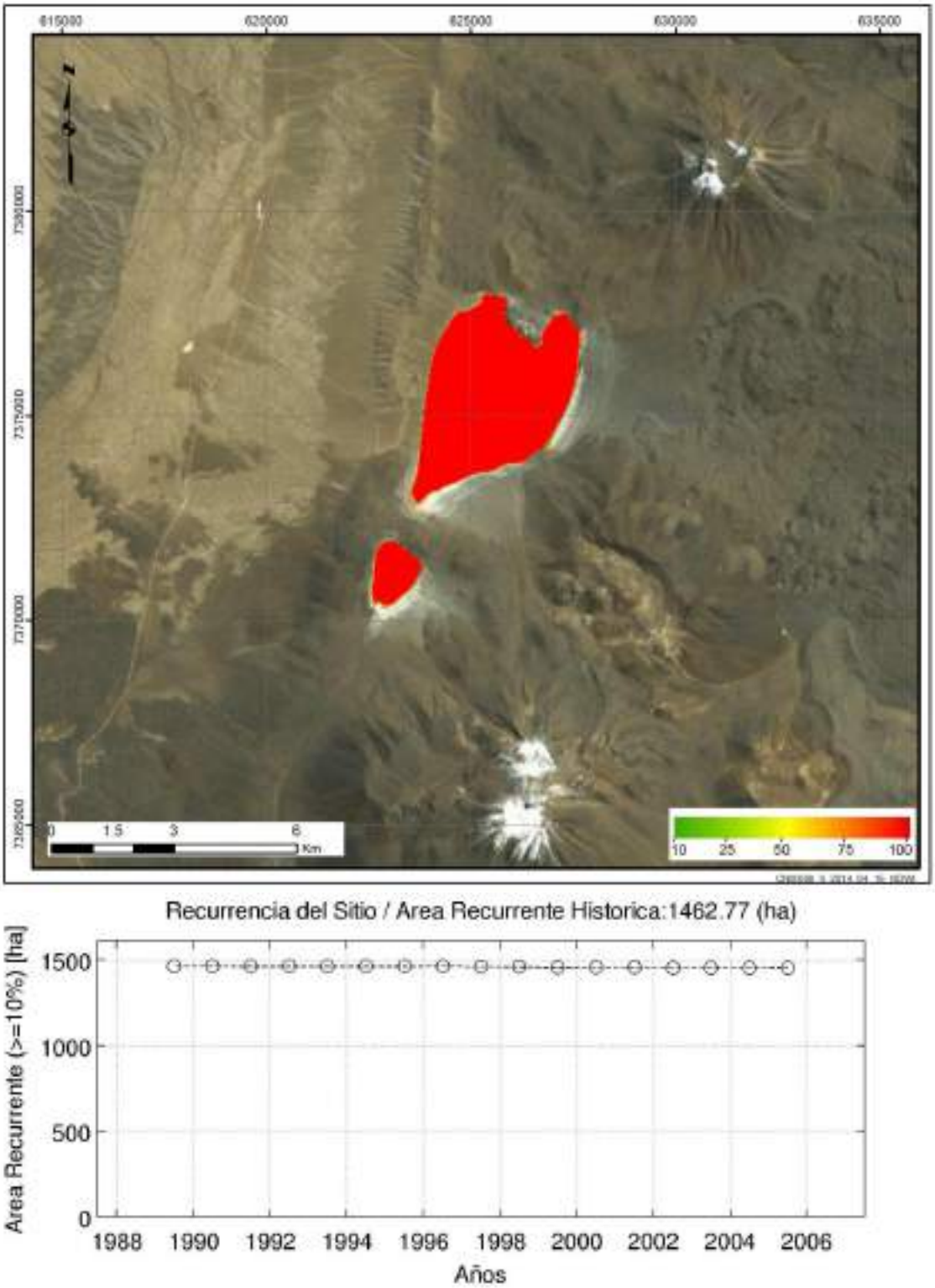


Figura 3.44 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-15.

Folio007788

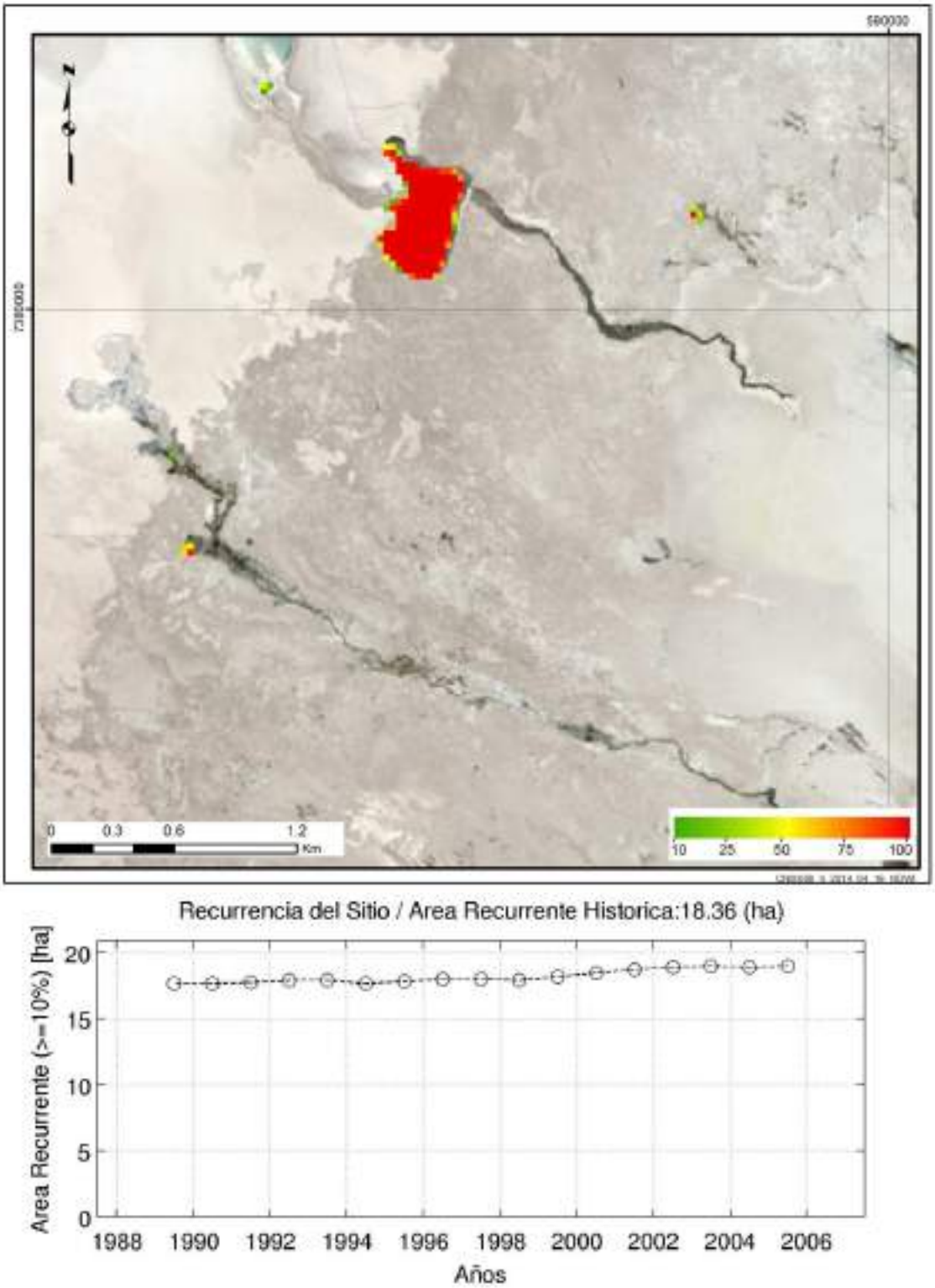


Figura 3.45 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-16.

Folio007789

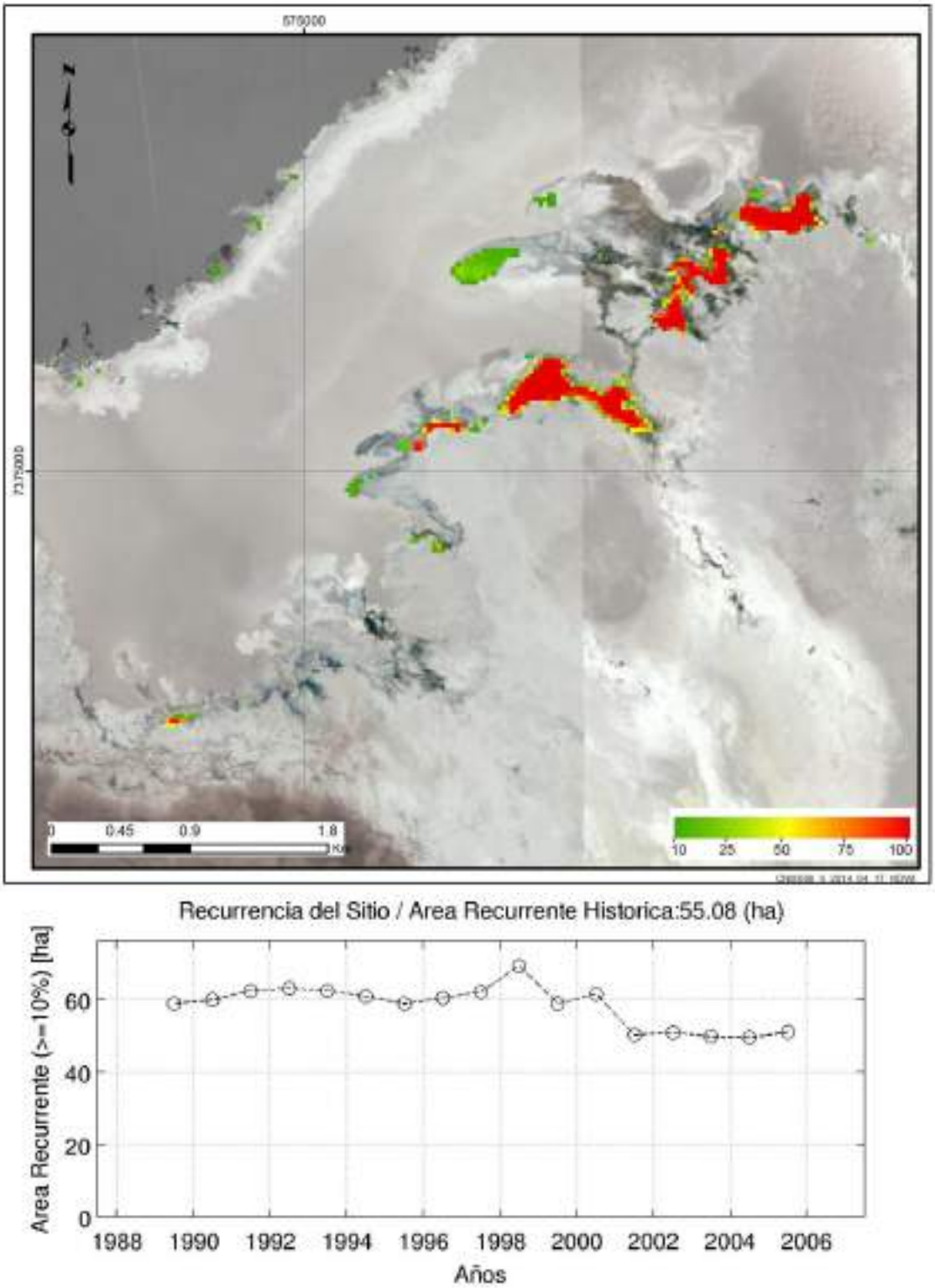


Figura 3.46 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-17.

Folio007790

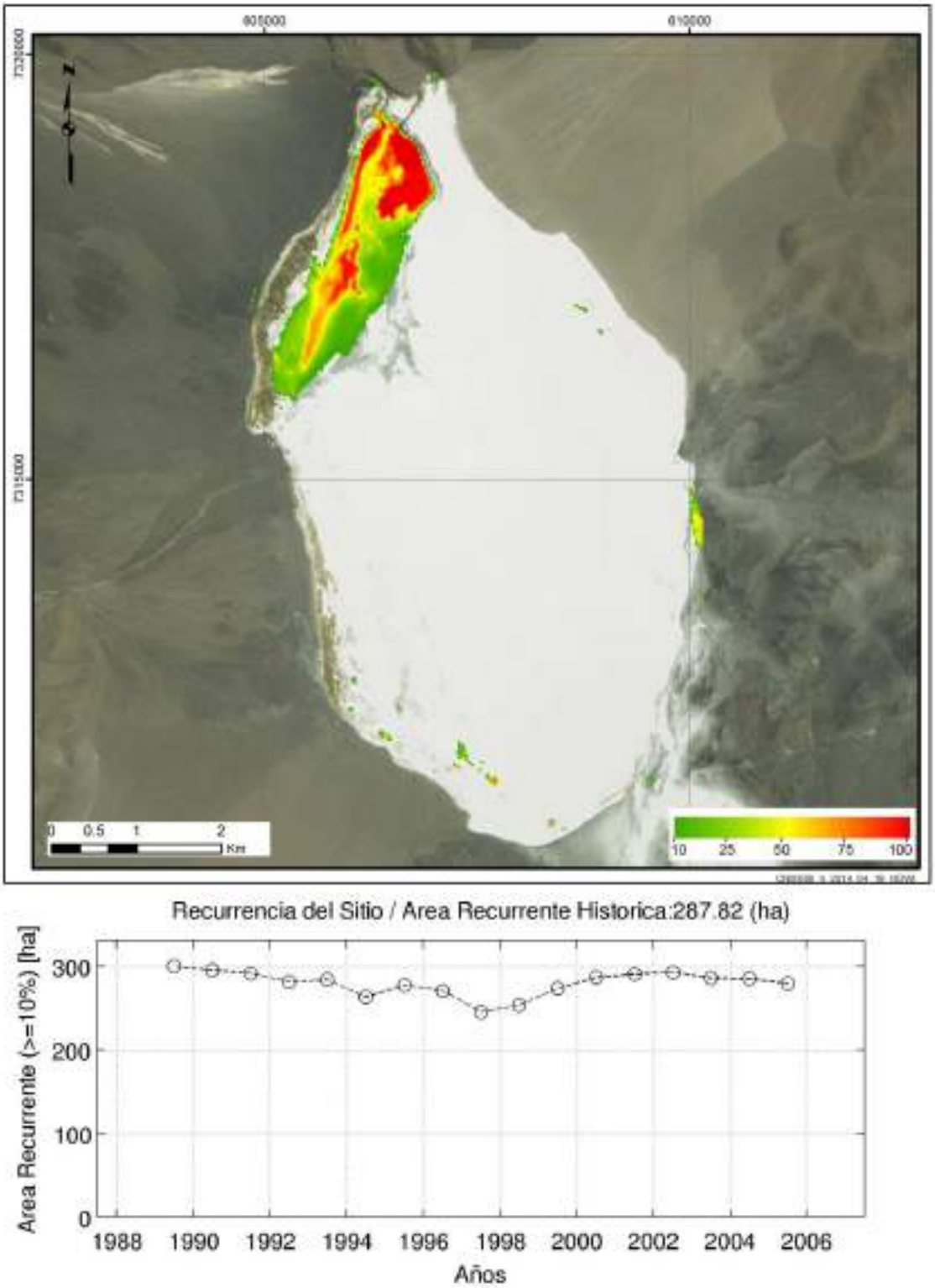


Figura 3.47 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-18.

Folio007791

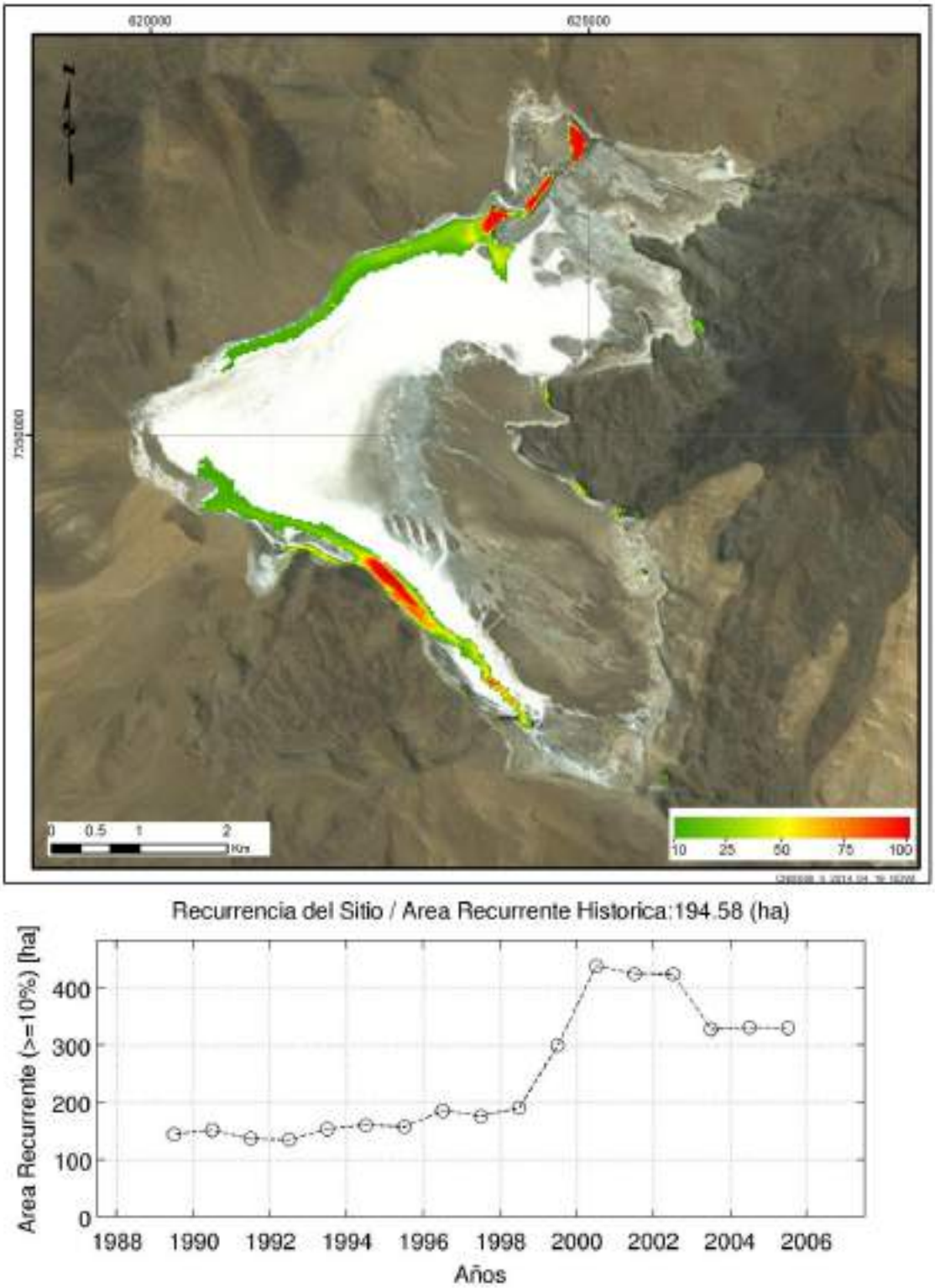


Figura 3.48 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-19.

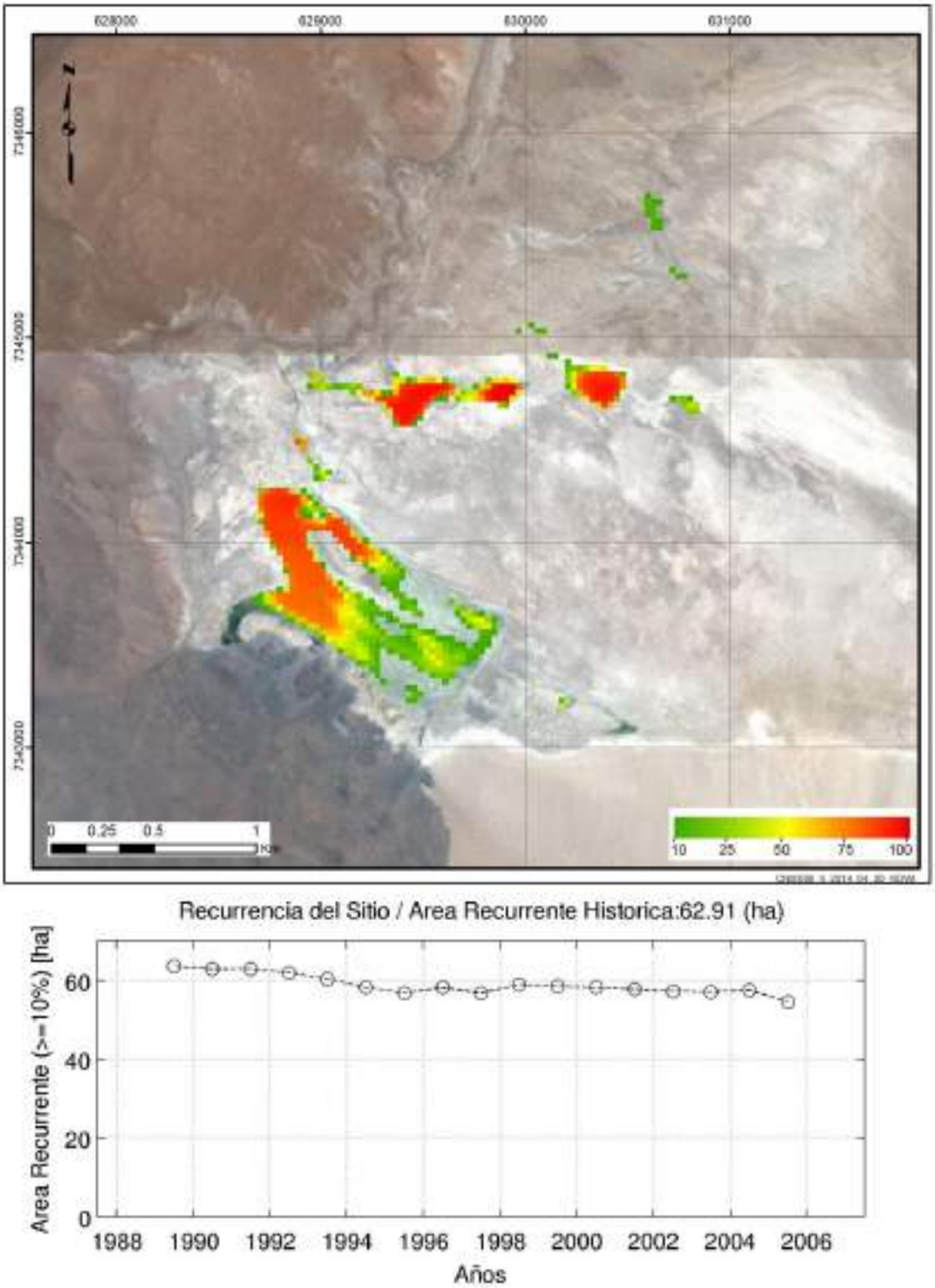


Figura 3.49 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-20.

Folio007793

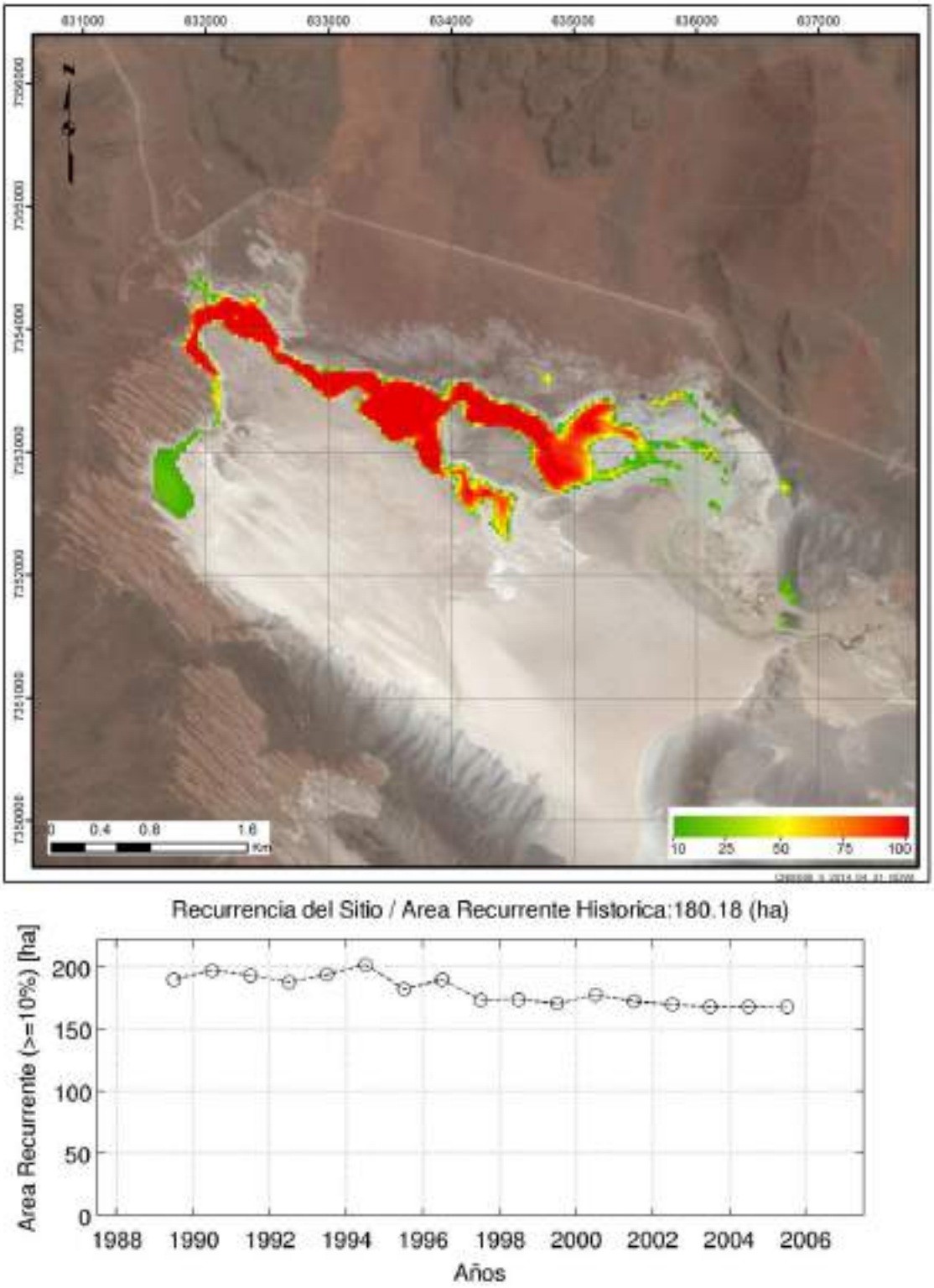


Figura 3.50 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-21.

Folio007794

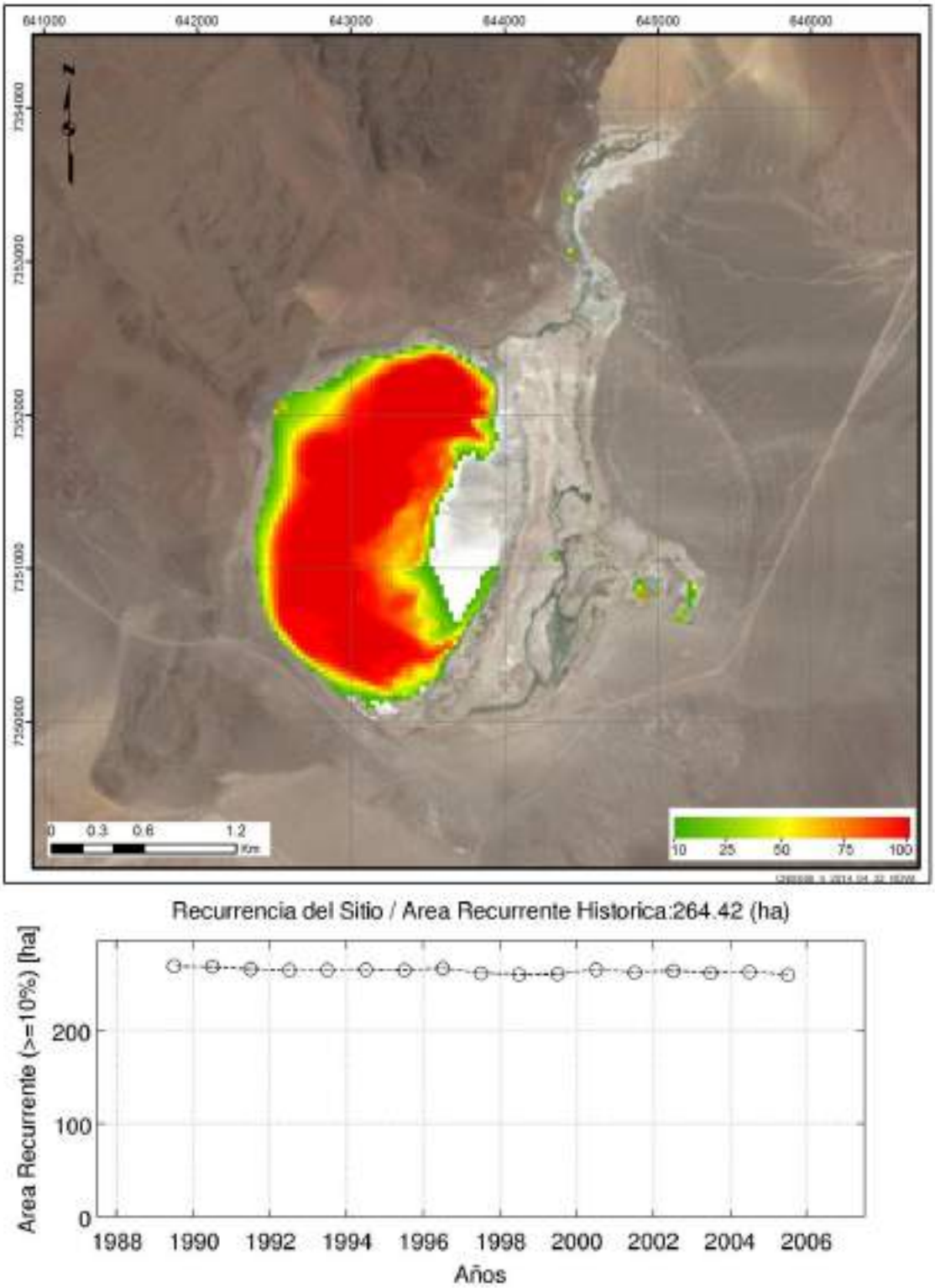


Figura 3.51 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-22.

Folio007795

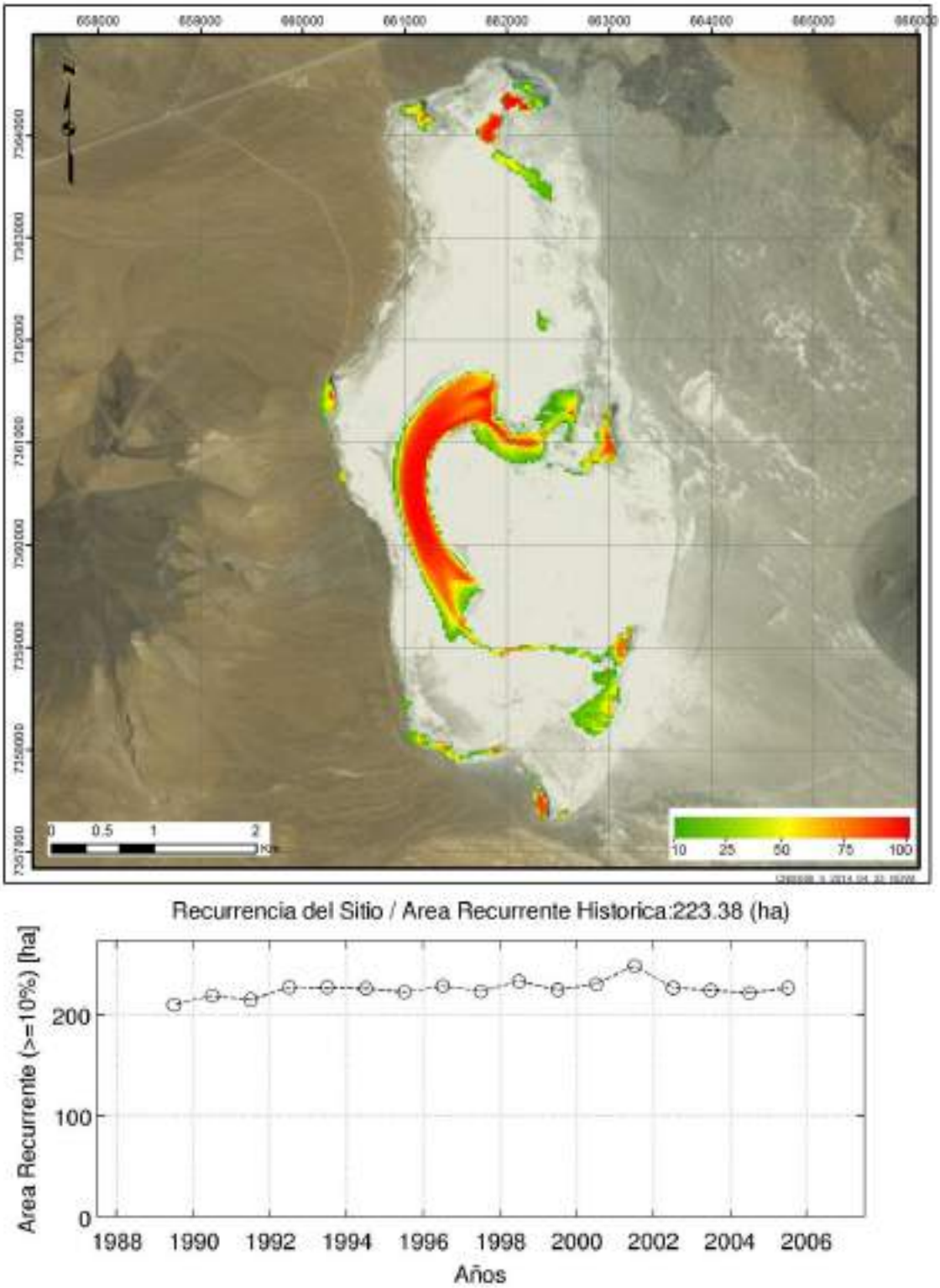


Figura 3.52 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-23.

Folio007796

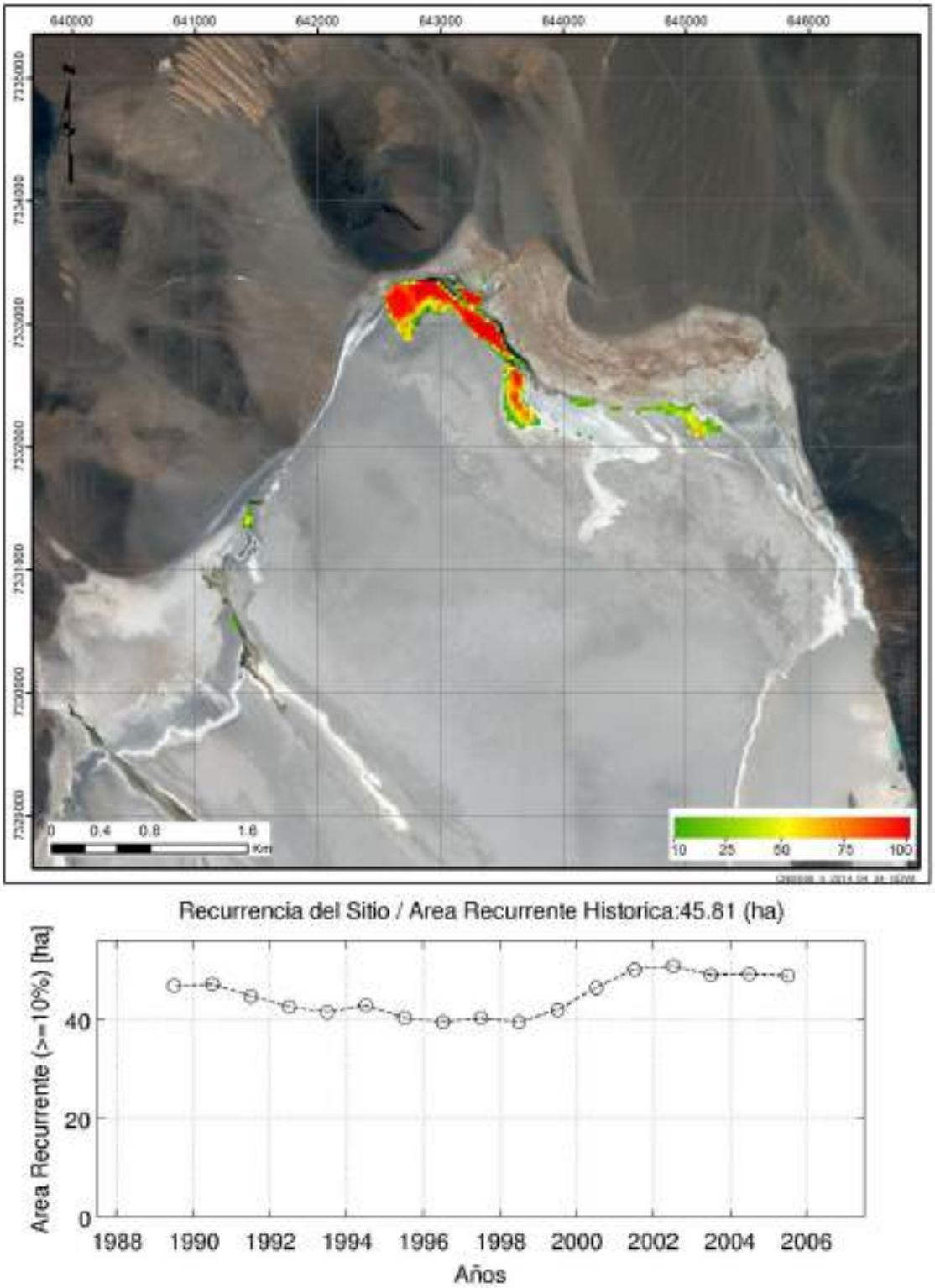


Figura 3.53 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-24.

Folio007797

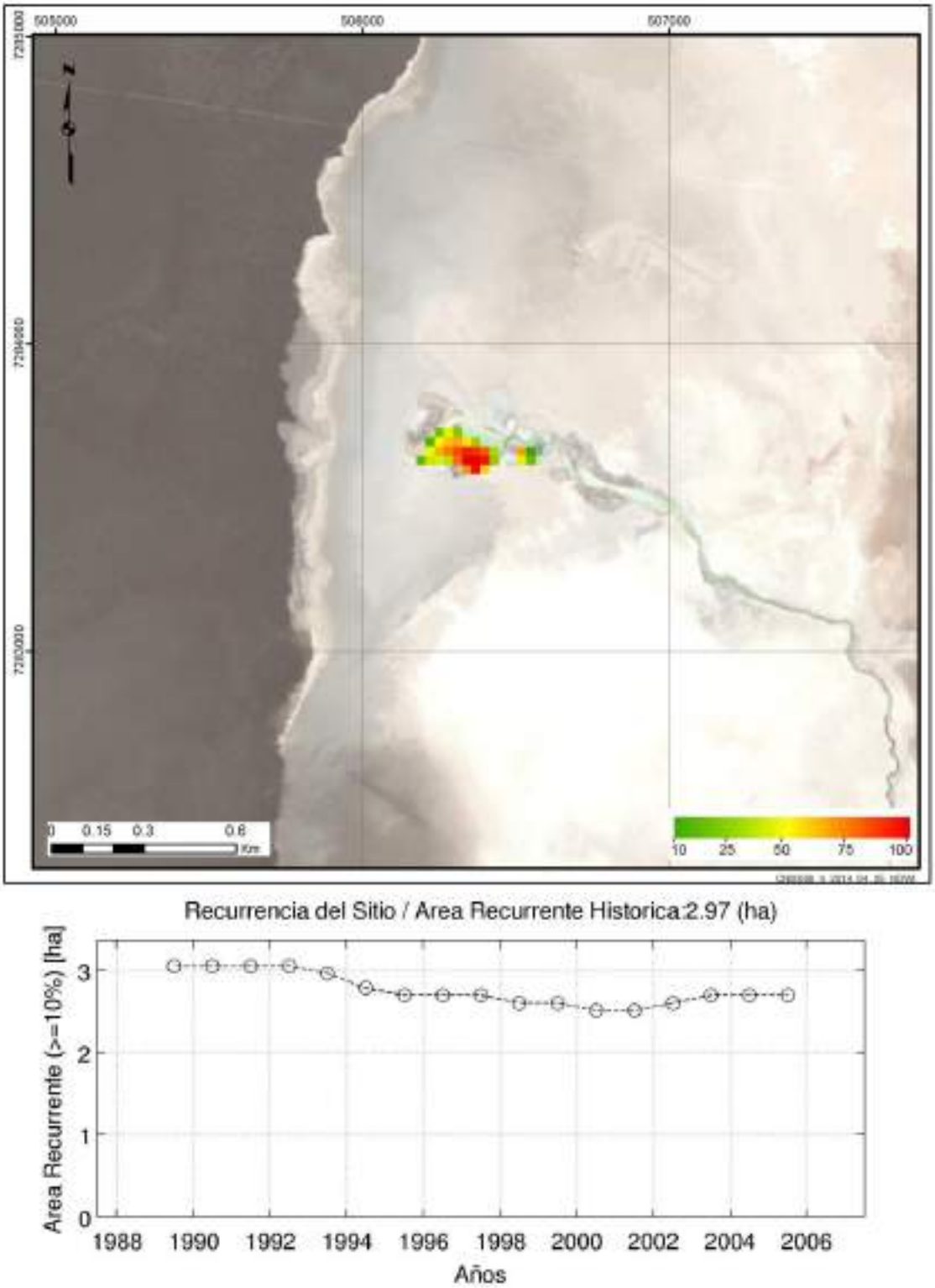


Figura 3.54 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-25.

Folio007798

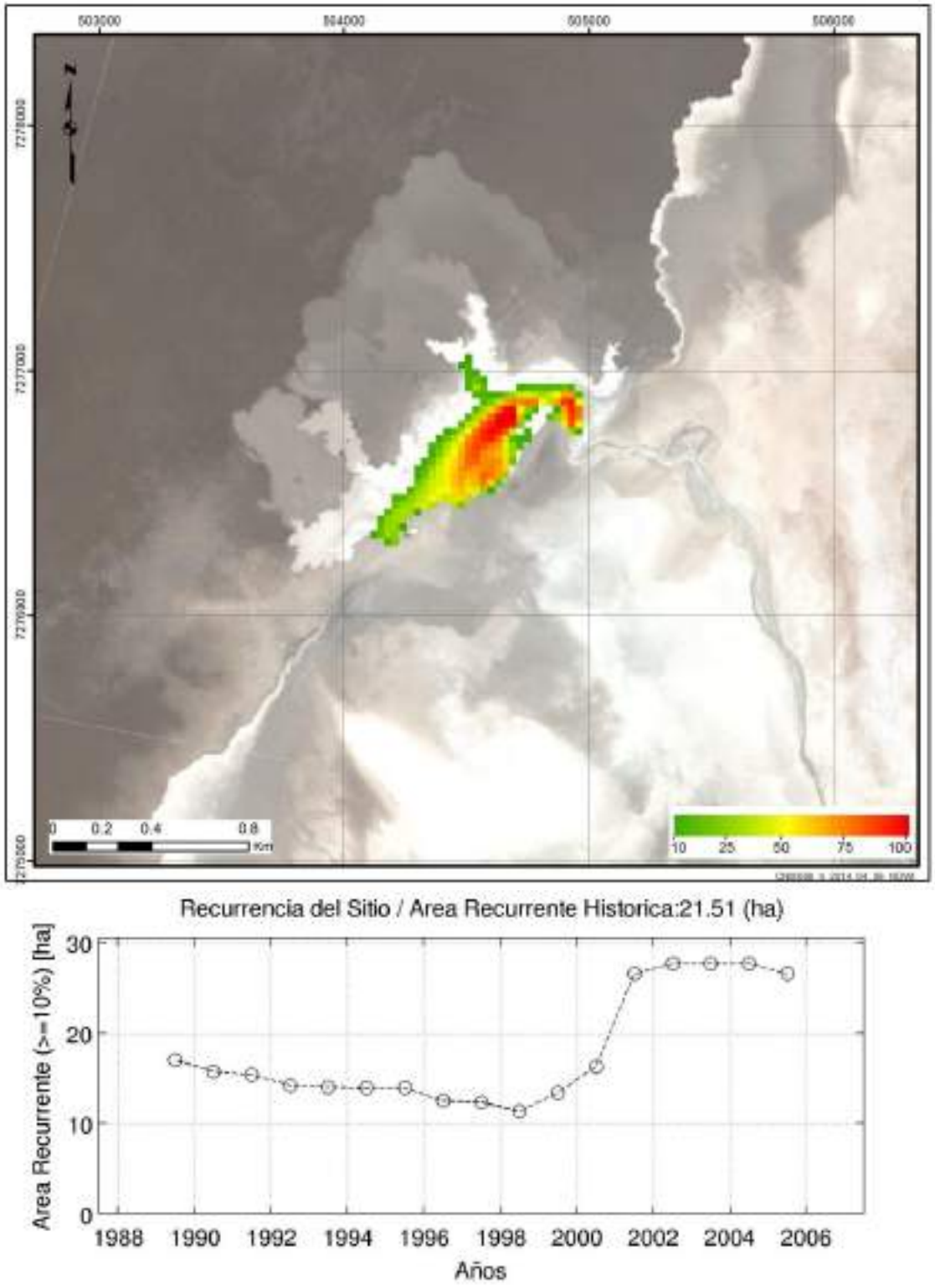


Figura 3.55 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-26.

Folio007799

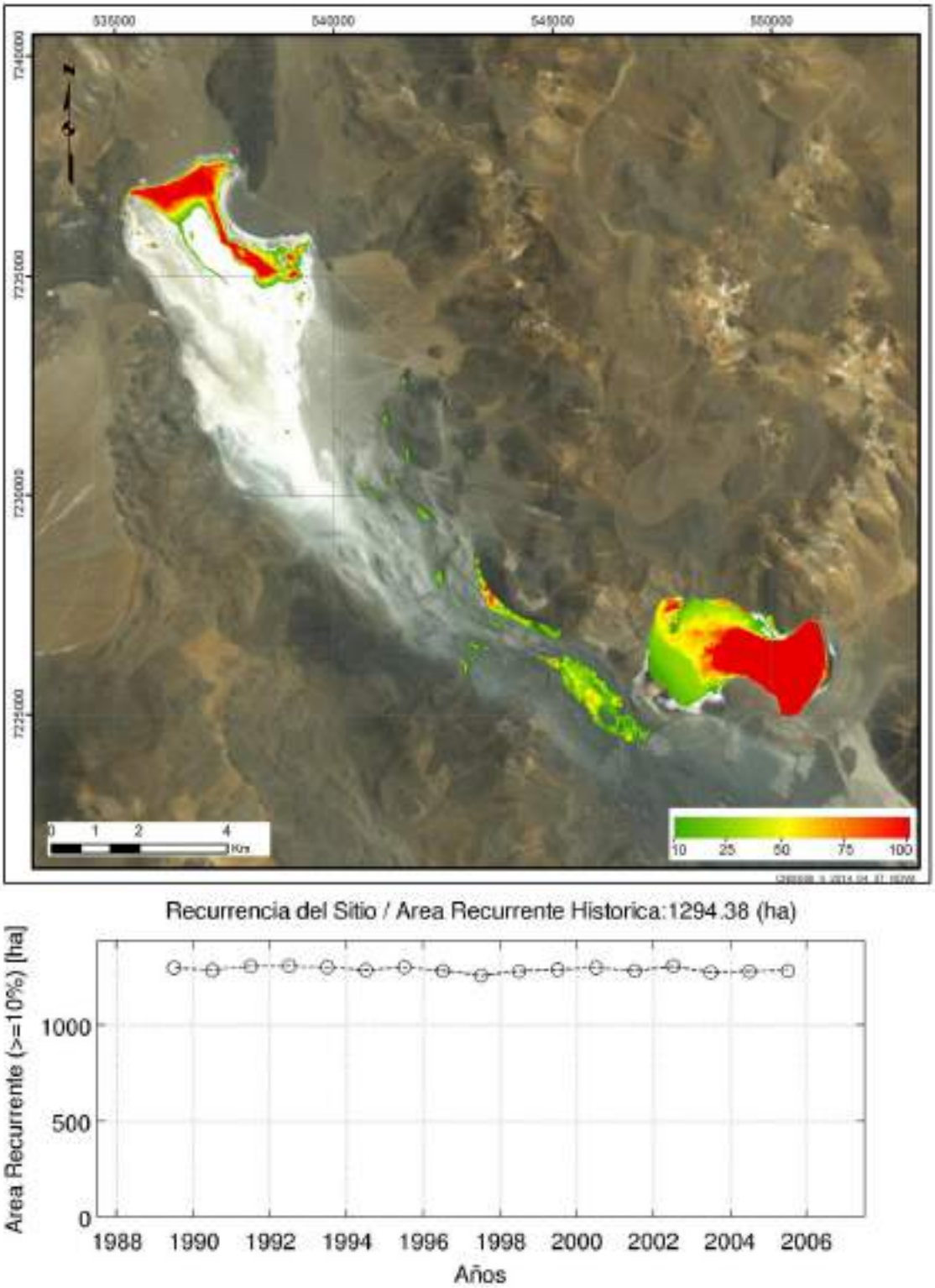


Figura 3.56 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-27.

Folio007800

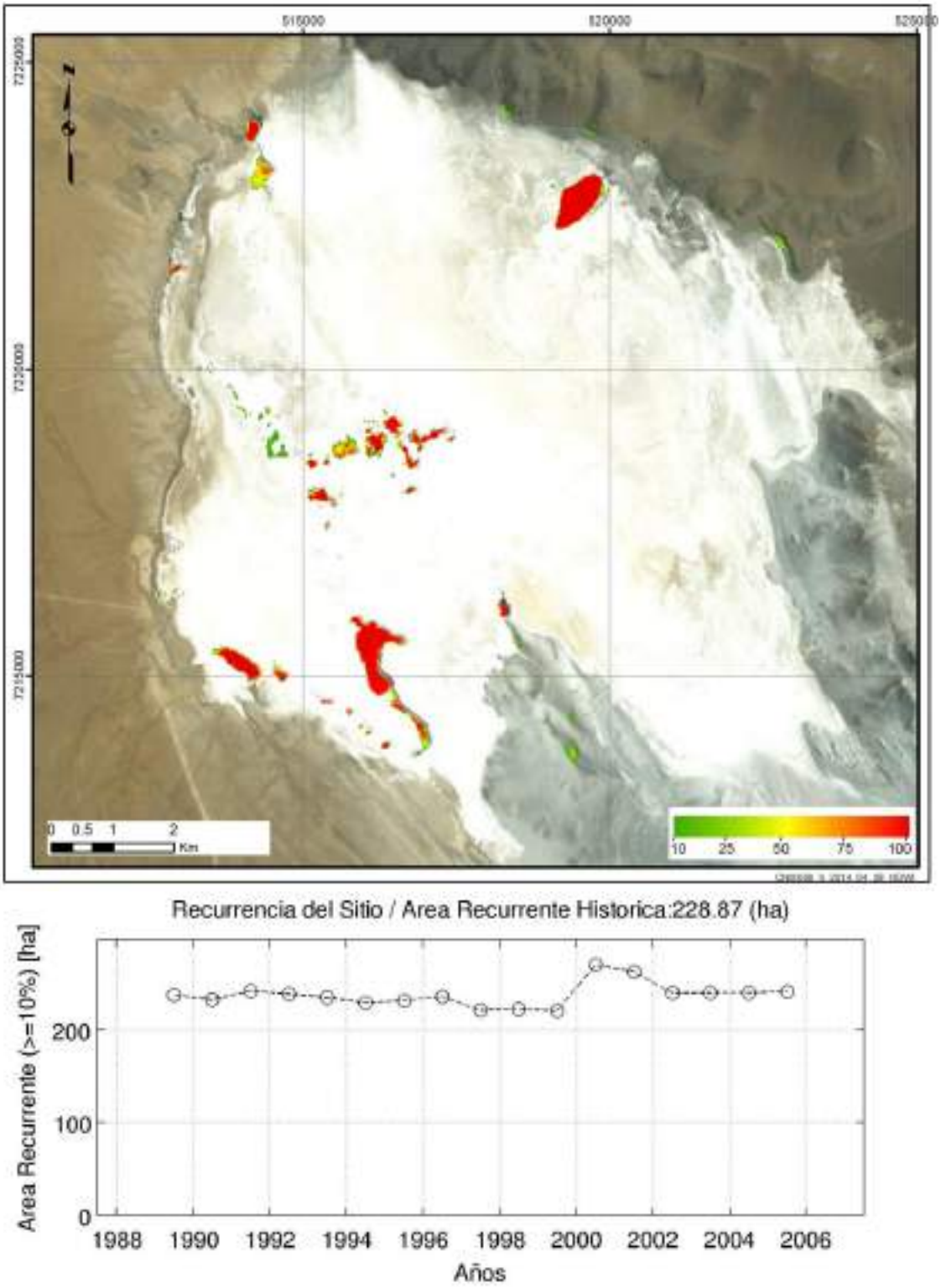


Figura 3.57 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-28.

Folio007801

3.4.2.2 Análisis de la vegetación (NDVI)

La ubicación de cada uno de los sitios en análisis se muestra en la Figura 3.58 y Figura 3.59, dividiendo el área en dos subzonas para mejorar la visualización de los sistemas.

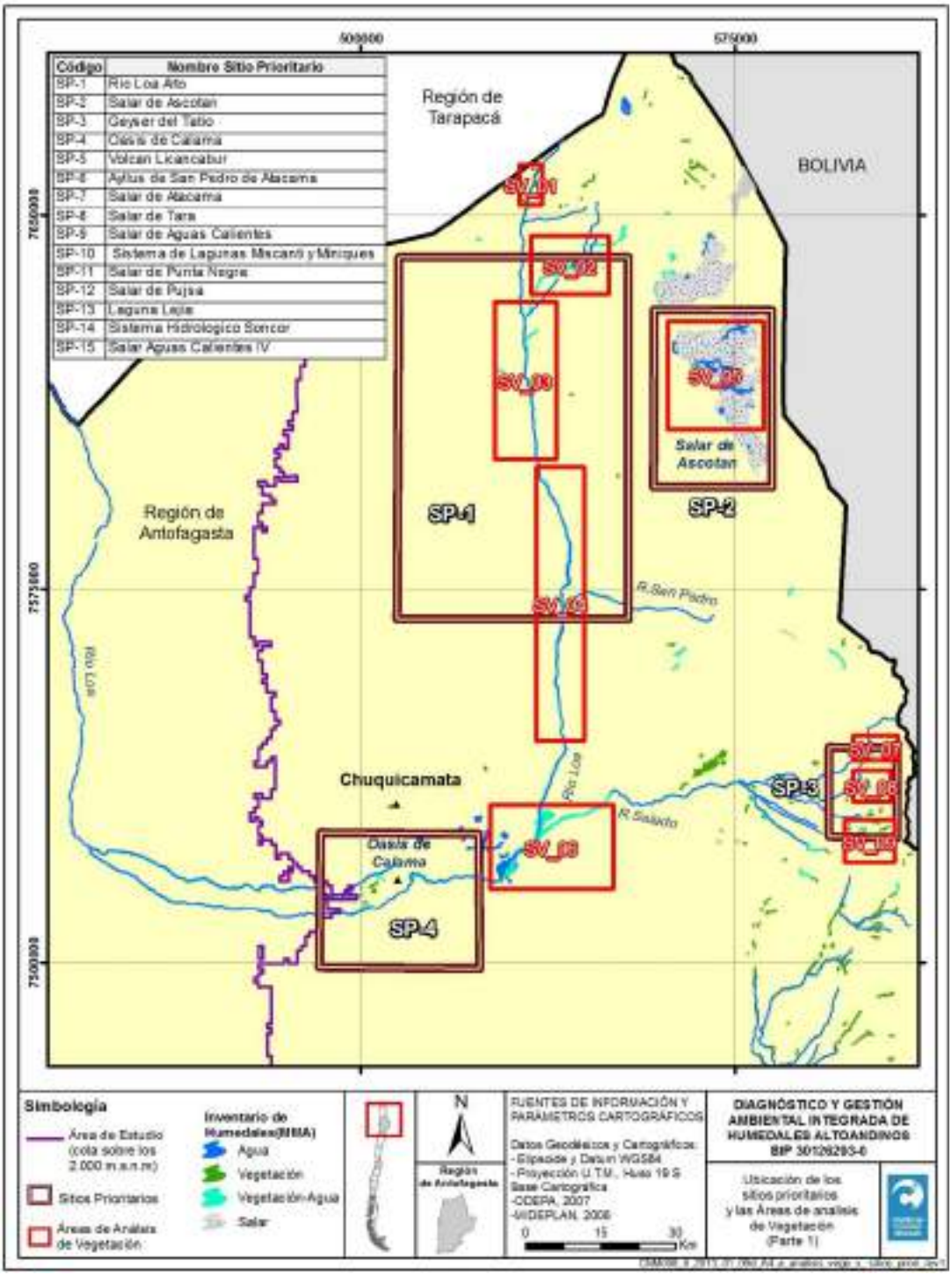


Figura 3.58 Ubicación general de los humedales prioritarios y las áreas de análisis de vegetación (zona norte del área de estudio).

Folio007802

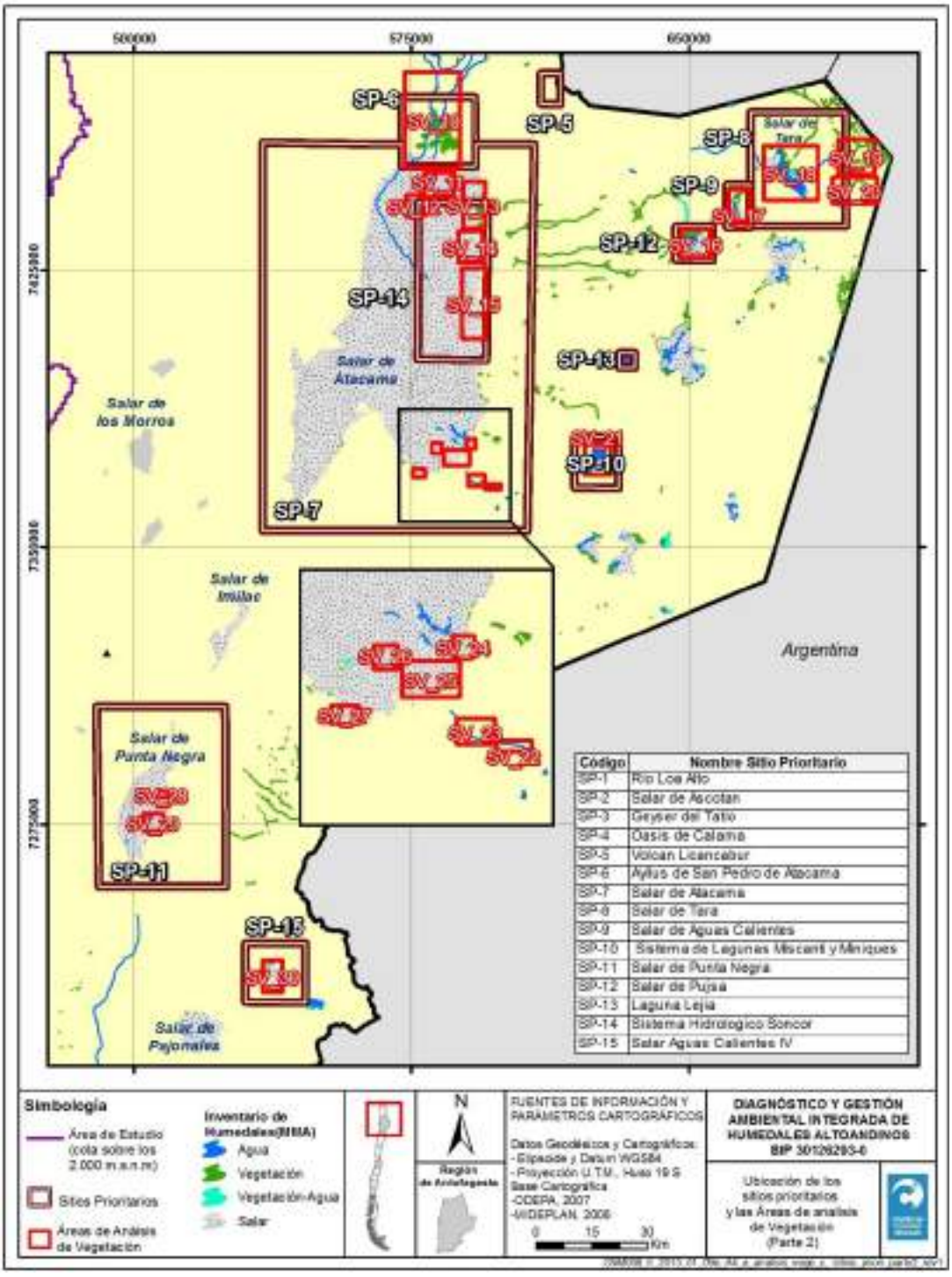


Figura 3.59. Ubicación general de las áreas prioritarias y las áreas de análisis de vegetación (zona centro del área de estudio).

Folio007803

Al igual que para el análisis de cuerpos de agua, se realizó la estimación de las áreas medias con recurrencia histórica, la cual para el caso de la vegetación se definió como toda el área en la cual se detectó la presencia de vegetación un 60% o más del tiempo que abarca la serie histórica (desde 1985 a 2010). El valor impuesto para el límite de la recurrencia considera la detección de zonas estables en el tiempo, las que típicamente se asocian a la zona con presencia de vegetación con mayor vigor, y que es la que se entiende como la base del sistema vegetacional. Las áreas determinadas ayudarán en la comprensión de la dinámica de los sistemas, en términos del reconocimiento de tendencias en las variaciones temporales.

Tras la identificación del área con recurrencia histórica por sobre el 60%, se realizó el análisis de las recurrencias móviles de cada sitio. La recurrencia móvil es determinada como la recurrencia que presenta cada subzona (pixel) para un período de 10 años contiguos y bajo el mismo criterio del 60% o más de presencia. Así, se realiza el análisis para intervalos de 10 años junto con el desplazamiento del rango completo cada 1 año. Con ello, es posible ver el comportamiento del área durante ese período de tiempo, el cual consideraría condiciones climáticas con mayor similitud. Con la obtención de la recurrencia móvil es posible determinar las tendencias (si es que existen) de las áreas en estudio. En las Figura 3.60 a Figura 3.86, se entrega una representación de la recurrencia histórica de cada uno de los sitios en análisis, entregándose la recurrencia histórica local para valores iguales o mayores al 60% de recurrencia temporal. Junto con la representación, se entrega la recurrencia móvil de la serie histórica, de la cual es posible observar las tendencias de la cobertura de los sistemas vegetacionales.

En cuanto a los resultados obtenidos para la variación de las áreas de cobertura vegetacional, ellos serán interpretados de forma conjunta con la evaluación de presiones existentes en la zona más cercana, y a distancia media, de cada sistema en estudio. Lo anterior se justifica en que no todos los sistemas mostraron comportamientos similares para la variación temporal de sus áreas recurrentes, además de existir grandes diferencias en cuanto a los tamaños de los sistemas. Es por lo anterior que las tendencias y variaciones identificadas serán utilizadas como input en el diagnóstico de los sistemas.

Folio007804

Tabla 3.24. Resumen de recurrencia histórica determinada para cada área vegetacional en análisis.

Código	Nombre y descripción otorgada en estudio	Área Recurrente Histórica (ha) (>=60% del tiempo)
SV_01	Sitio Prioritario Alto Loa, cabecera del río	282,69
SV_02	Sitio Prioritario Alto Loa, río Chaihuiri	535,68
SV_03	Sitio Prioritario Alto Loa, caja de rio primera sección	241,47
SV_04	Sitio Prioritario Alto Loa, caja de rio segunda sección	480,51
SV_05	Sitio Prioritario Salar de Ascotán, Salar y quebradas	177,48
SV_06	Sitio Prioritario Oasis de Calama, sector medio río Loa	1250,28
SV_07	Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Toconce y quebradas	82,80
SV_08	Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Hojalar	556,11
SV_09	Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Salado	198,63
SV_10	Sitio Prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama	3233,07
SV_11	Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna de Cejas y otros cuerpos de agua	454,95
SV_12	Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna Tebinquiche	437,49
SV_13	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_A	816,21
SV_14	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_B	326,34
SV_15	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_C	435,33
SV_16	Sitio Prioritario Salar de Pujsa	51,57
SV_17	Sitio Prioritario Aguas Calientes I	231,48
SV_18	Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna salar de Tara	374,76
SV_19	Sitio Prioritario Salar de Tara, quebradas sector oriente	522,00
SV_20	Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna Helada y quebradas	211,59
SV_21	Sitios Prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques	*
SV_22	Sitio Prioritario Salar de Atacama, cabecera río Tulan	47,70
SV_23	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilomonte	83,61
SV_24	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_A	59,13
SV_25	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_B	177,21
SV_26	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_C	21,15
SV_27	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo	134,10
SV_28	Sitio Prioritario Salar de Punta Negra, sistema VCL-2	*
SV_29	Sitio Prioritario Salar de Punta Negra, sistema VCL-3	*
SV_30	Sitio Prioritario Salar de Aguas Calientes IV	17,46

(*): el área detectada es muy pequeña, no cumpliendo con la mínima área de cobertura requerida por la técnica. Estas zonas no serán analizadas a continuación.

Folio007805

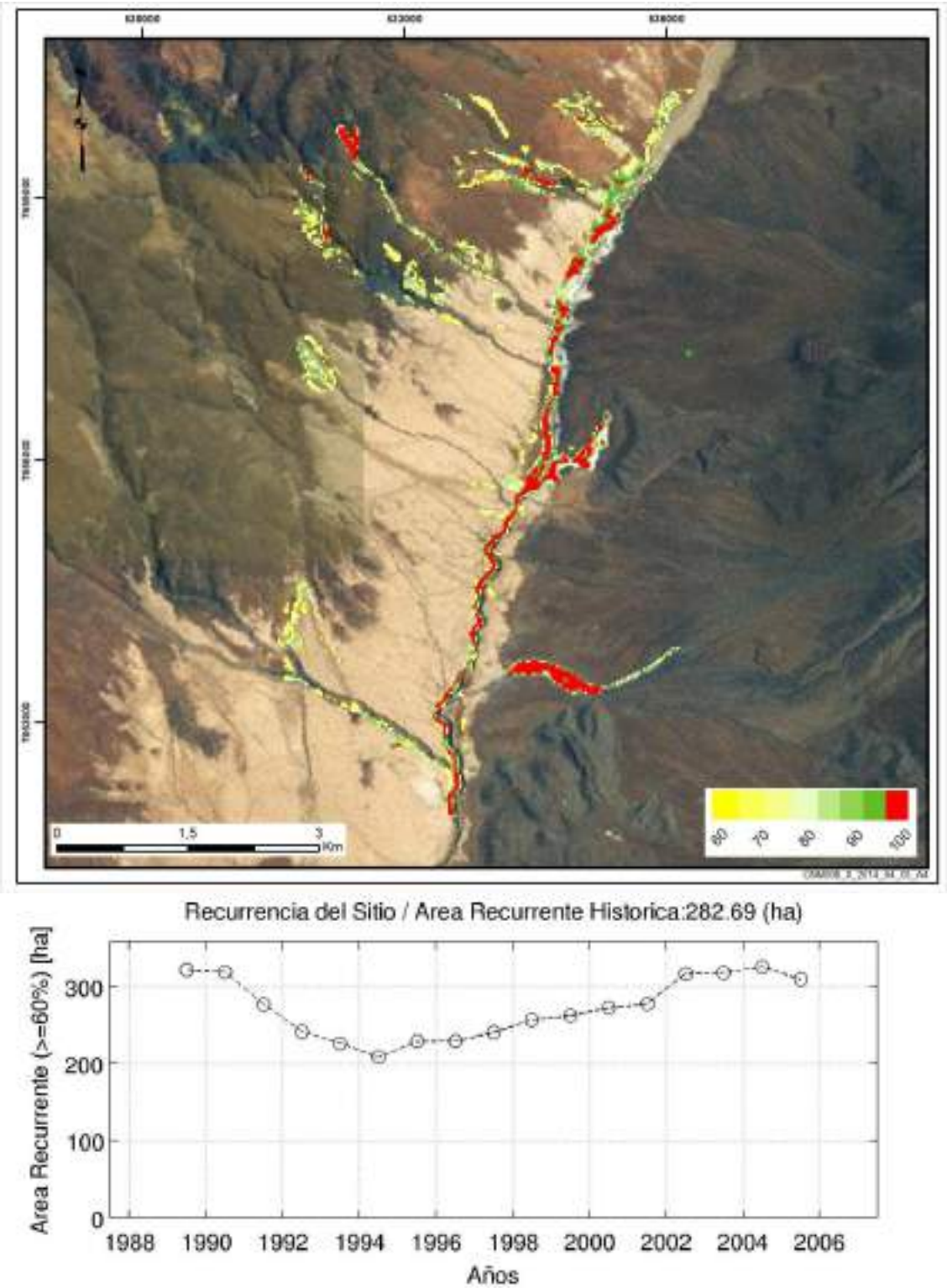


Figura 3.60. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-1 / Sitio Prioritario Alto Loa, cabecera del río.

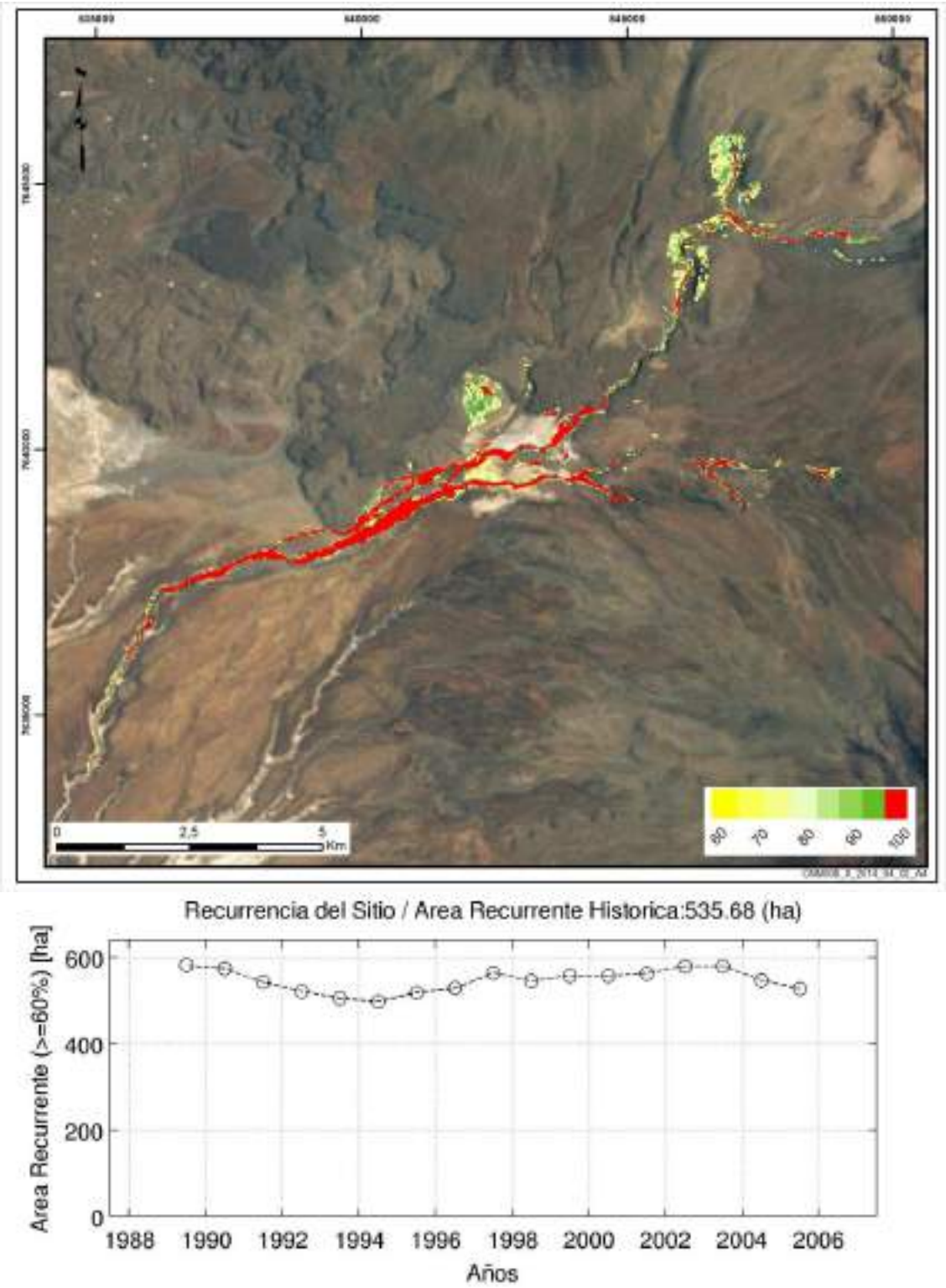


Figura 3.61. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-2 / Sitio Prioritario Alto Loa, río Chaihuiri.

Folio007807

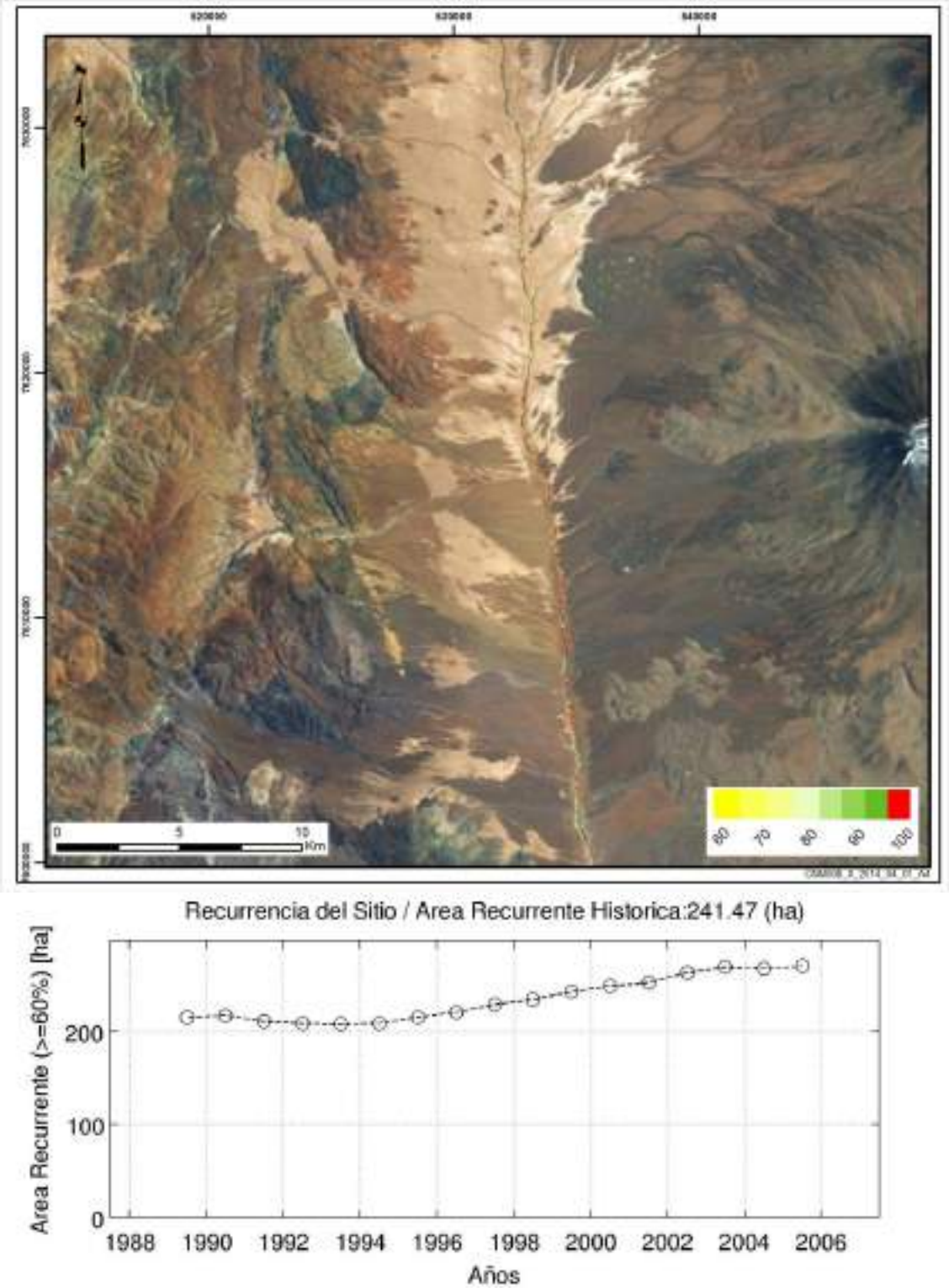


Figura 3.62 Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-3 / Sitio Prioritario Alto Loa, caja de rio primera sección.

Folio007808

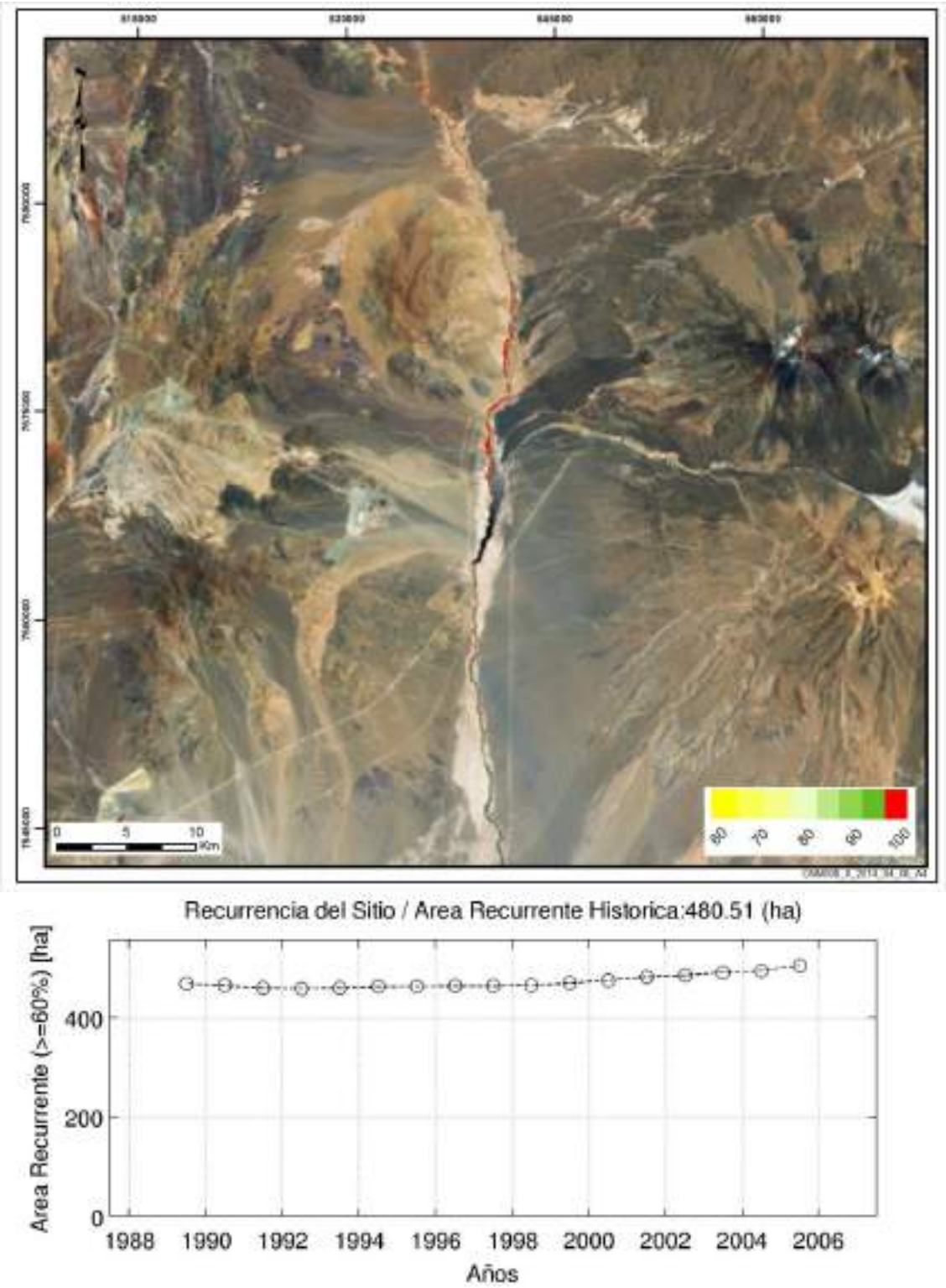


Figura 3.63. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-4 / Sitio Prioritario Alto Loa, caja de rio segunda sección.

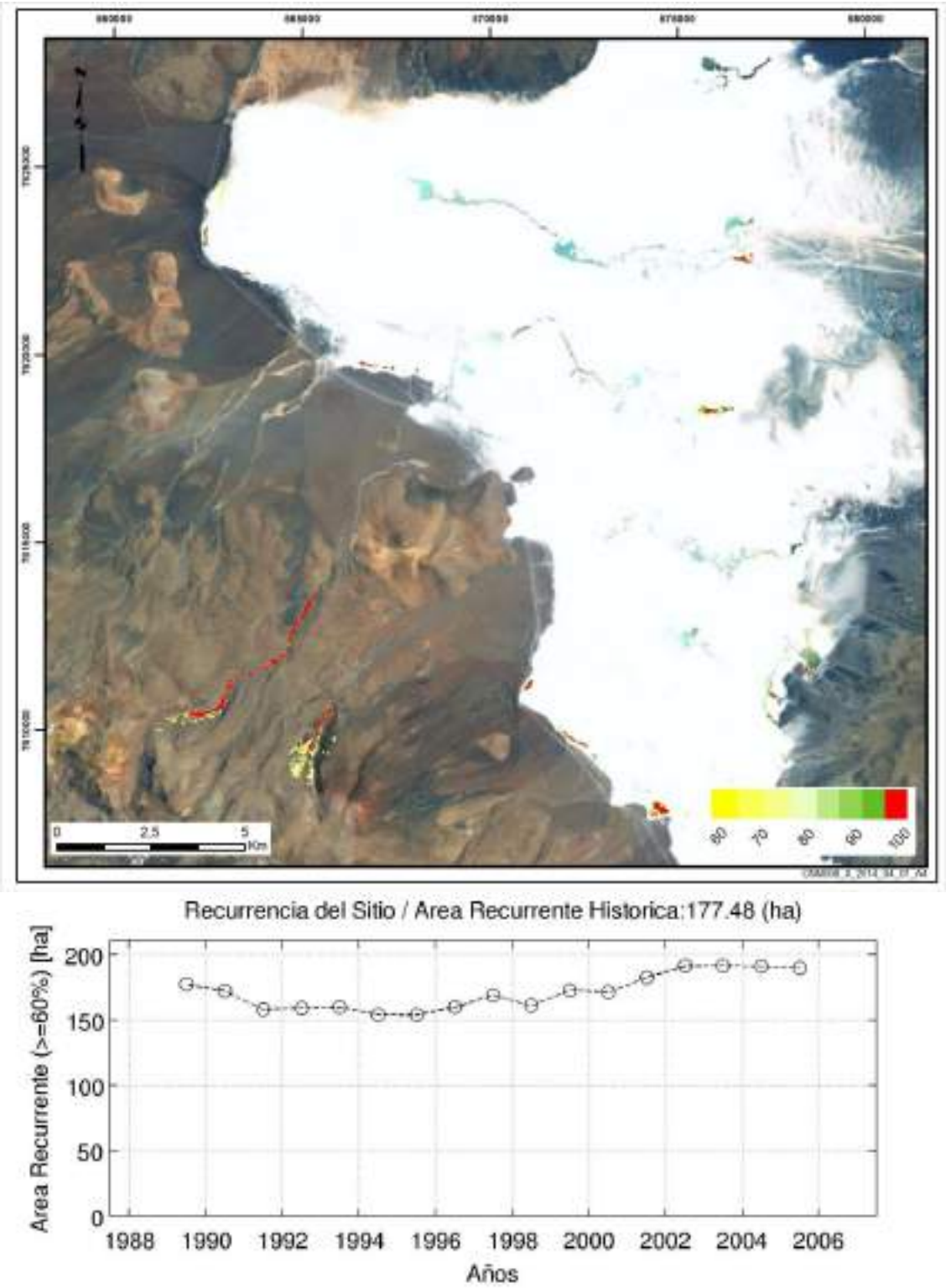


Figura 3.64. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-5 / Sitio Prioritario Salar de Ascotán, Salar y quebradas.

Folio007810

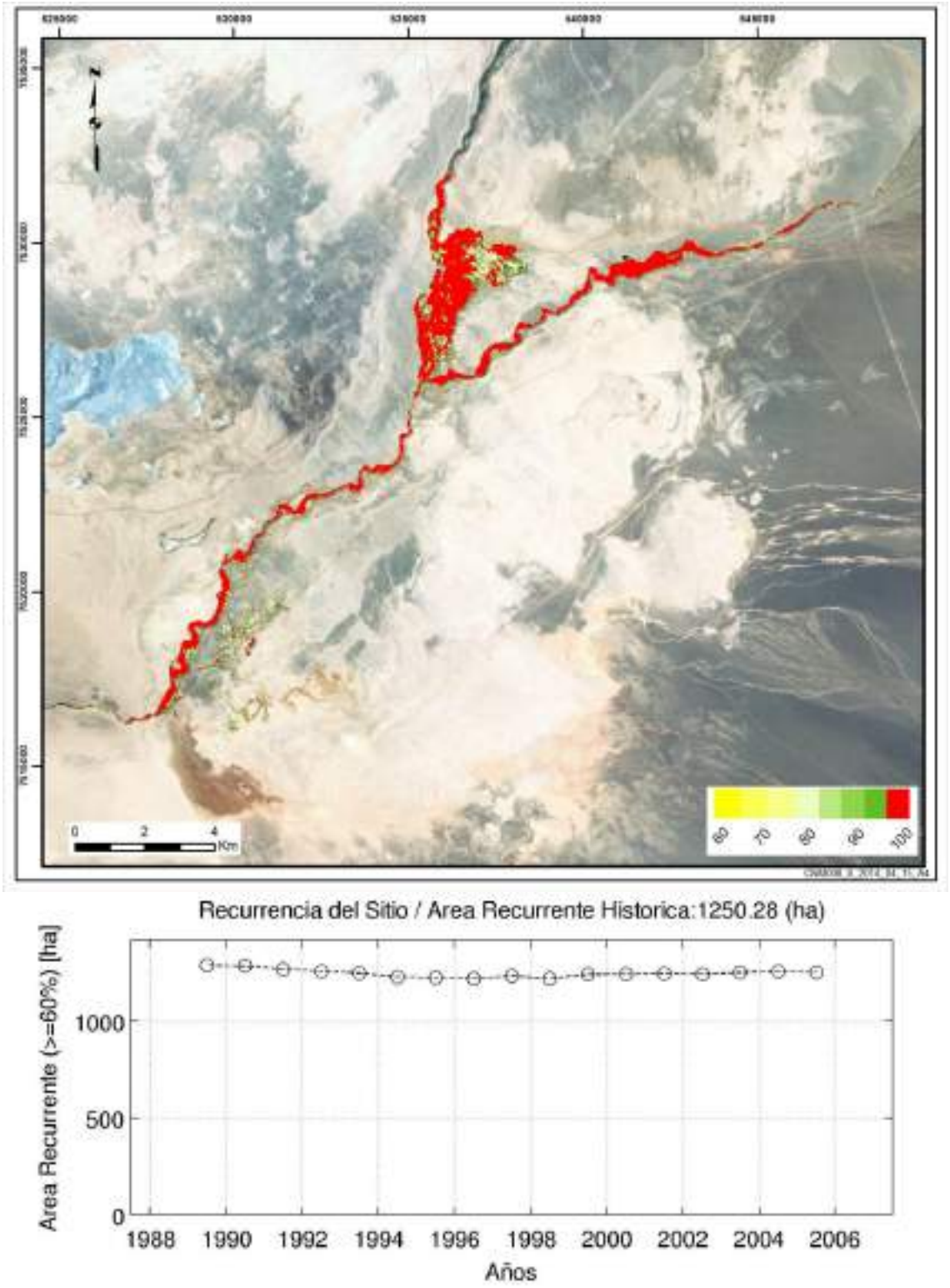


Figura 3.65. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-6 / Sitio Prioritario Oasis de Calama, sector medio río Loa.

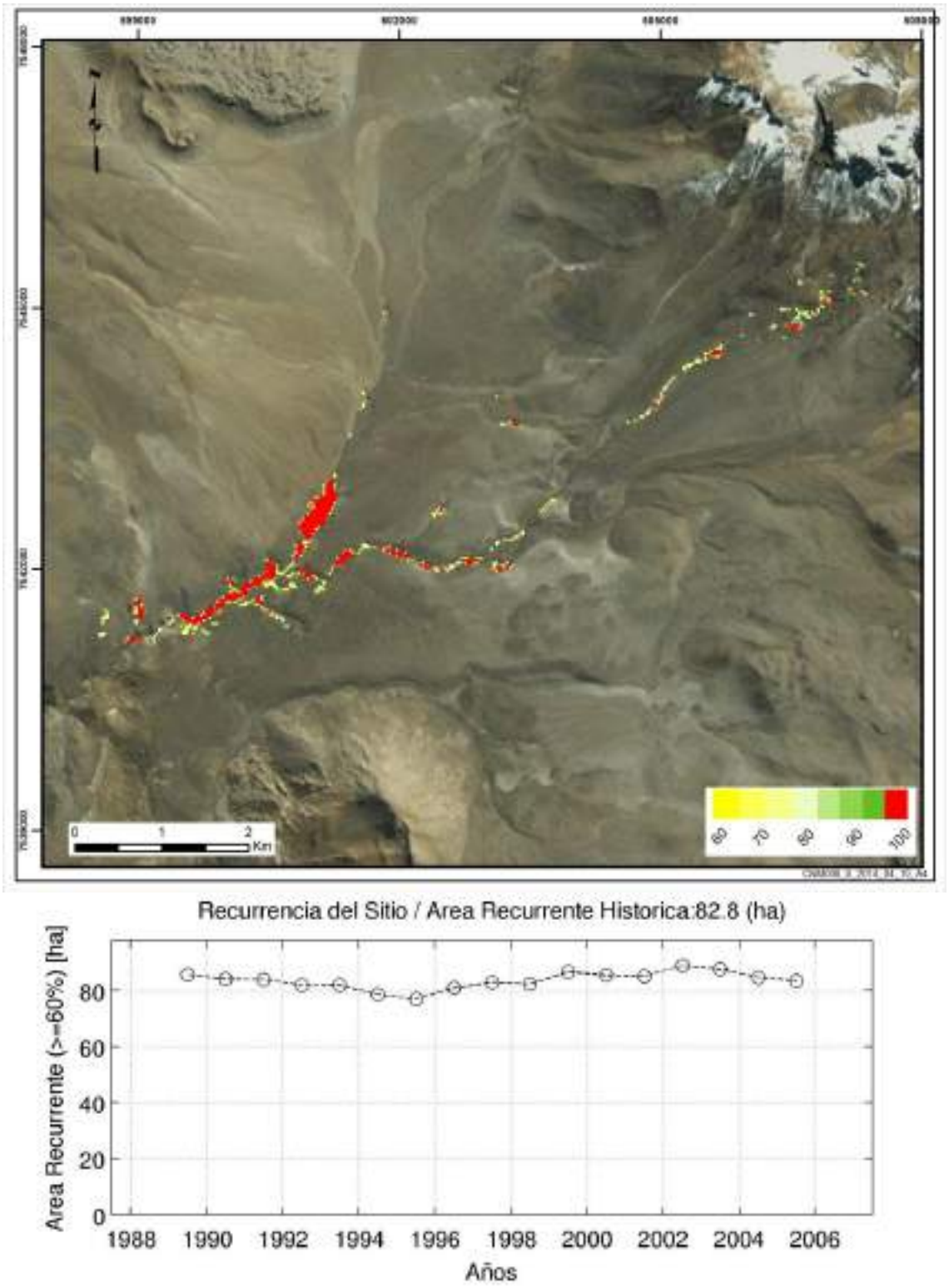


Figura 3.66. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-7 / Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Toconce y quebradas.

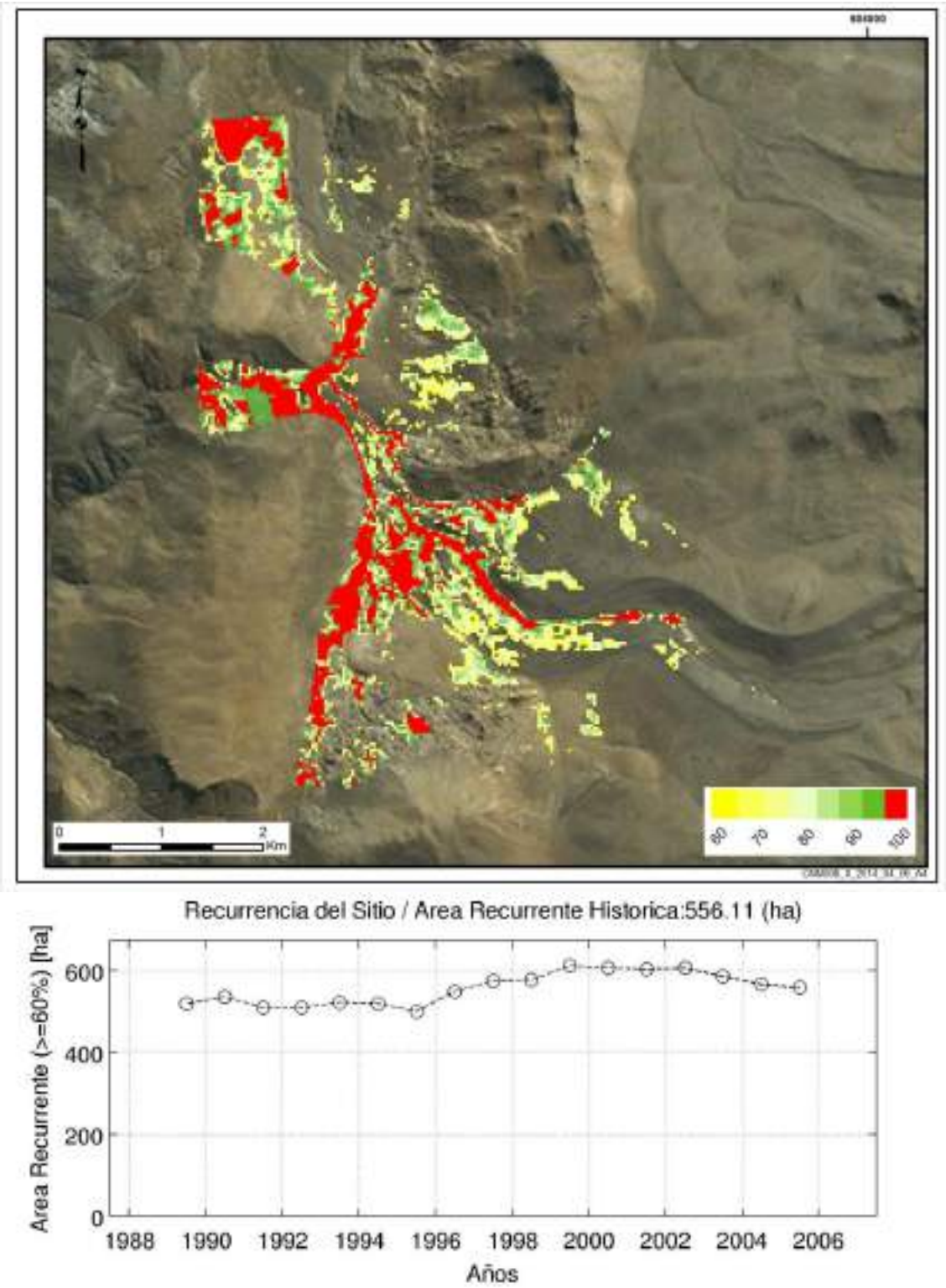


Figura 3.67. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-8 / Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Hojalar 9.

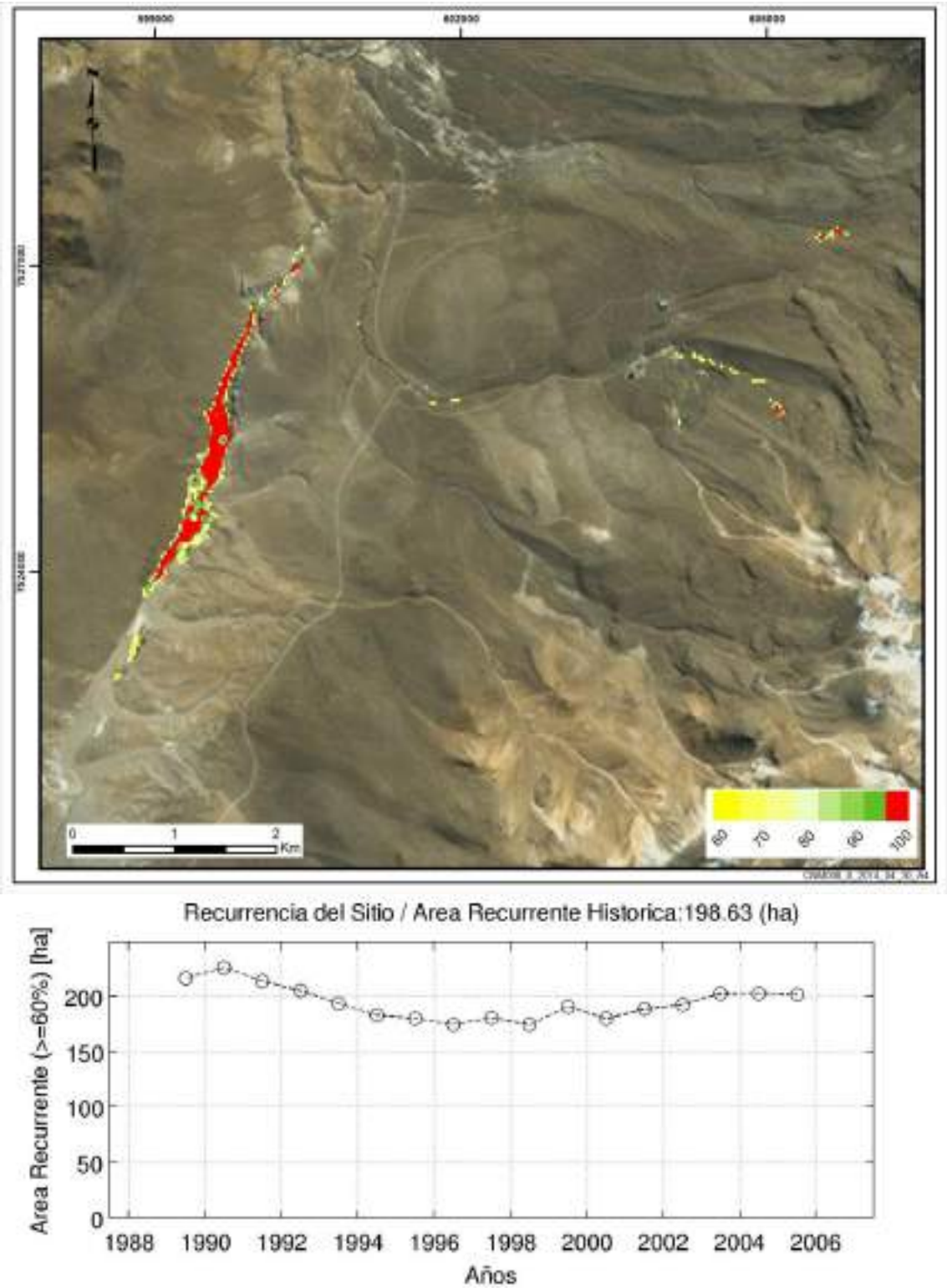


Figura 3.68. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-9 / Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Salado.

Folio007814

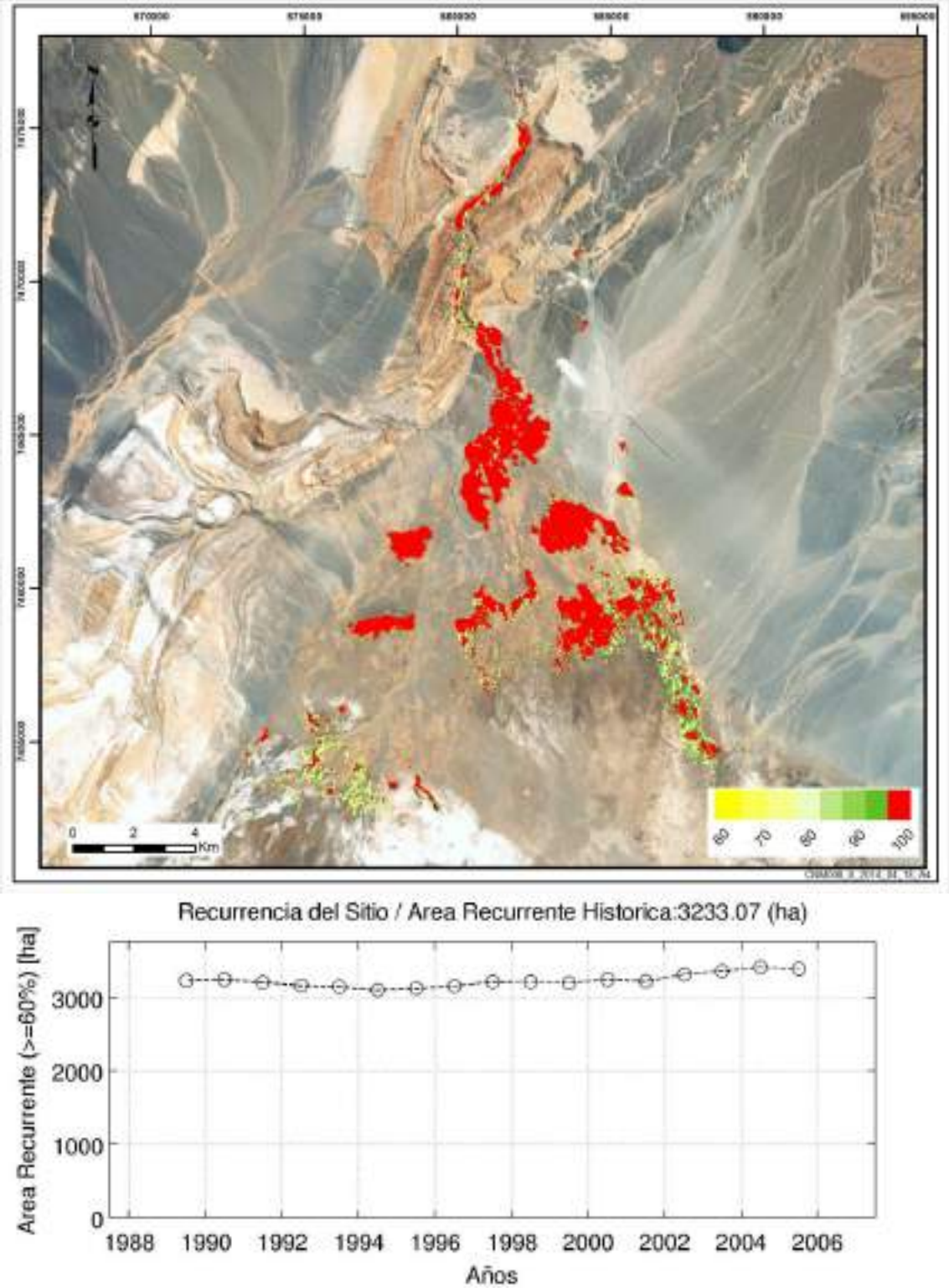


Figura 3.69. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-10 / Sitio Prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama.

Folio007815

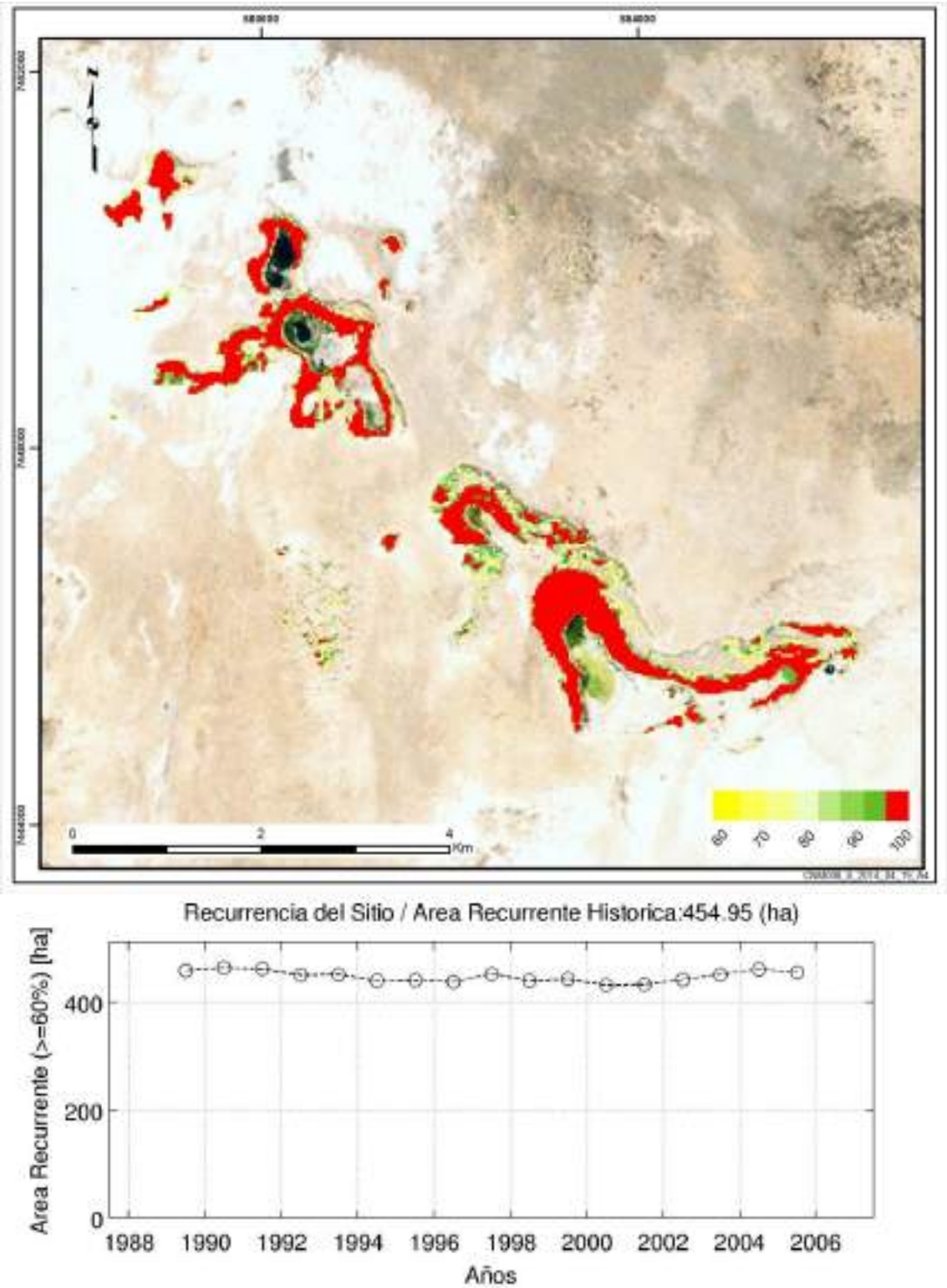


Figura 3.70. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-11 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna de Cejas y otros cuerpos de agua.

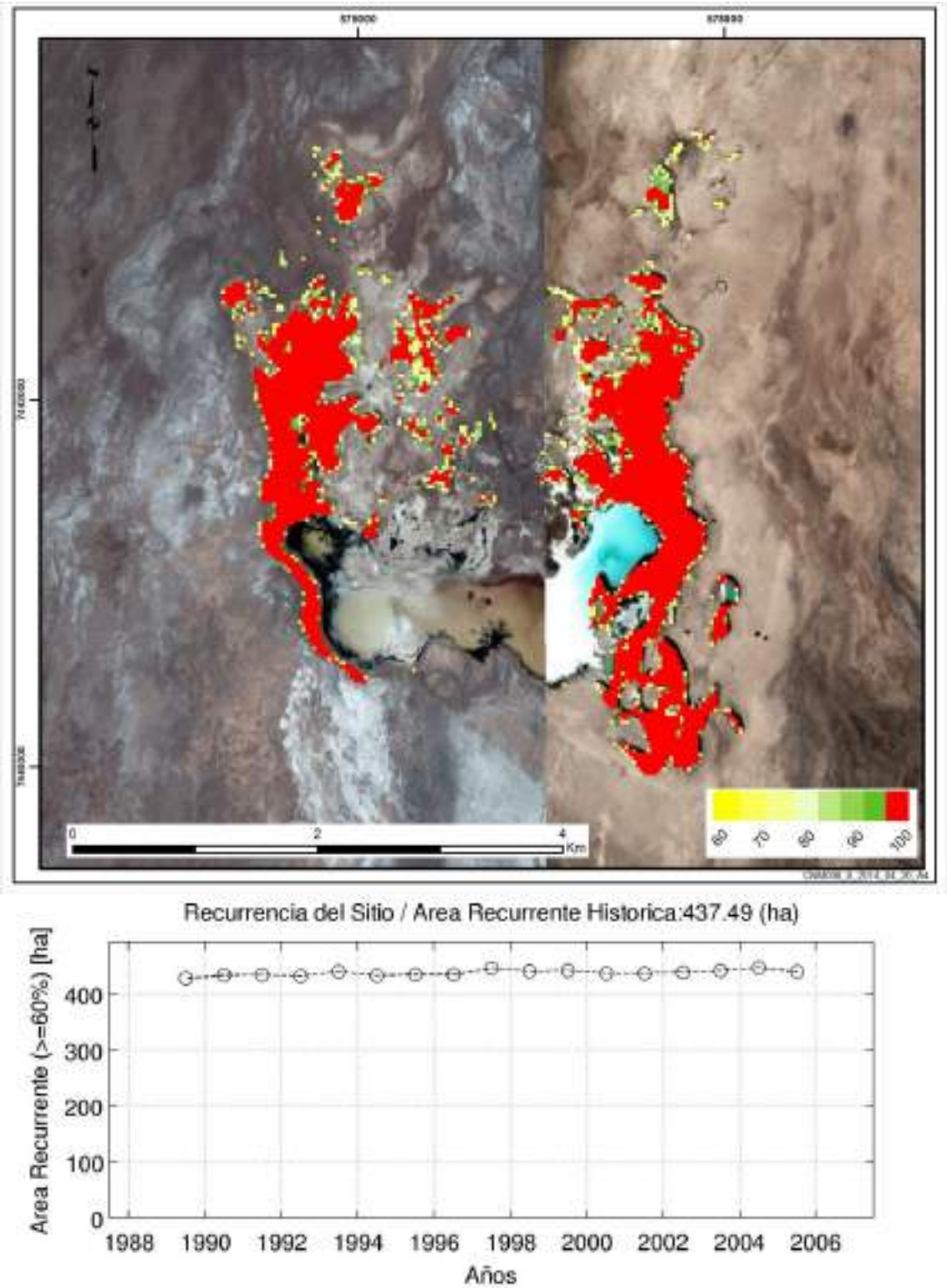


Figura 3.71. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-12 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna Tebinquiche.

Folio007817

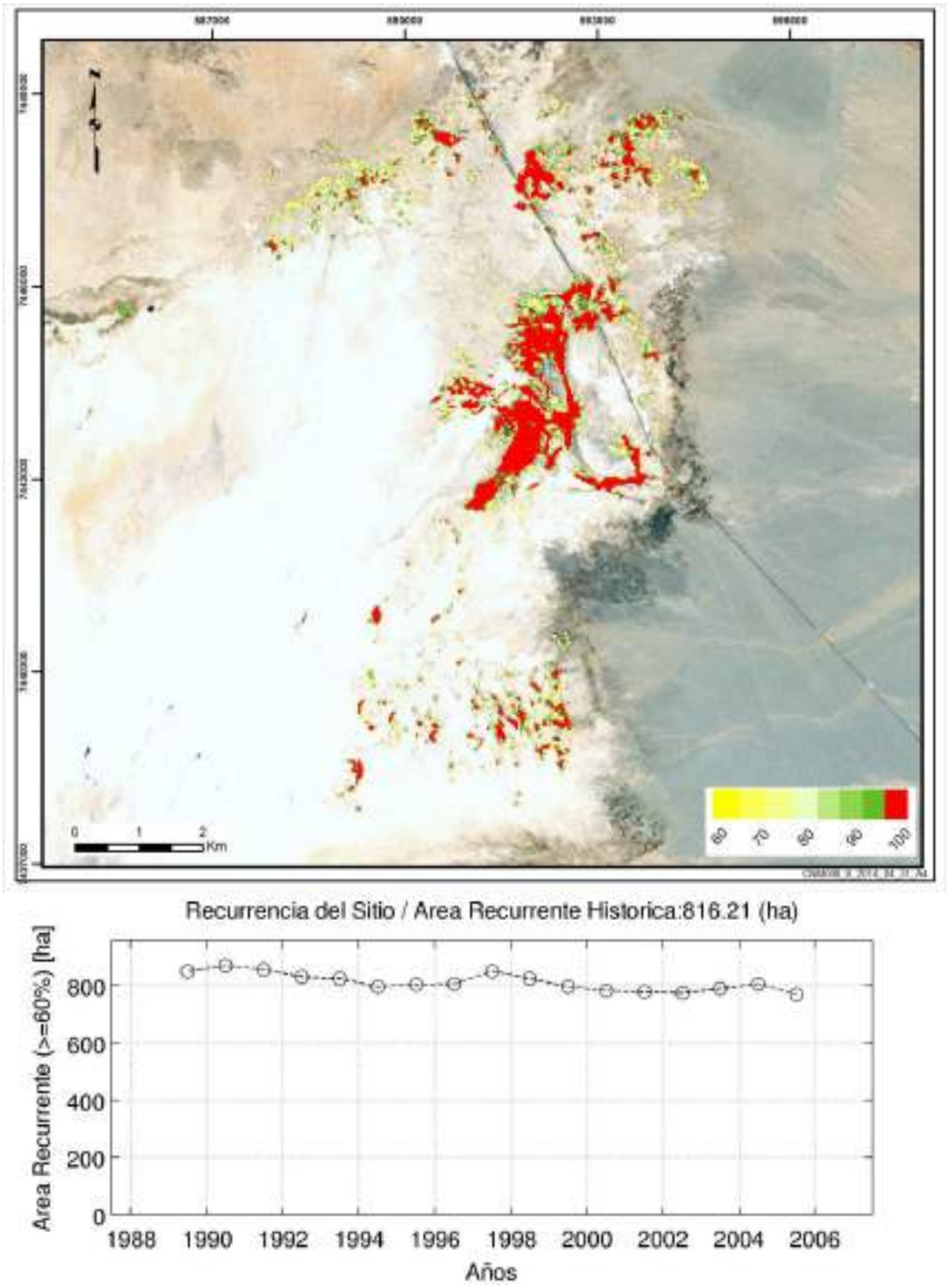


Figura 3.72. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-13 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_A.

Folio007818

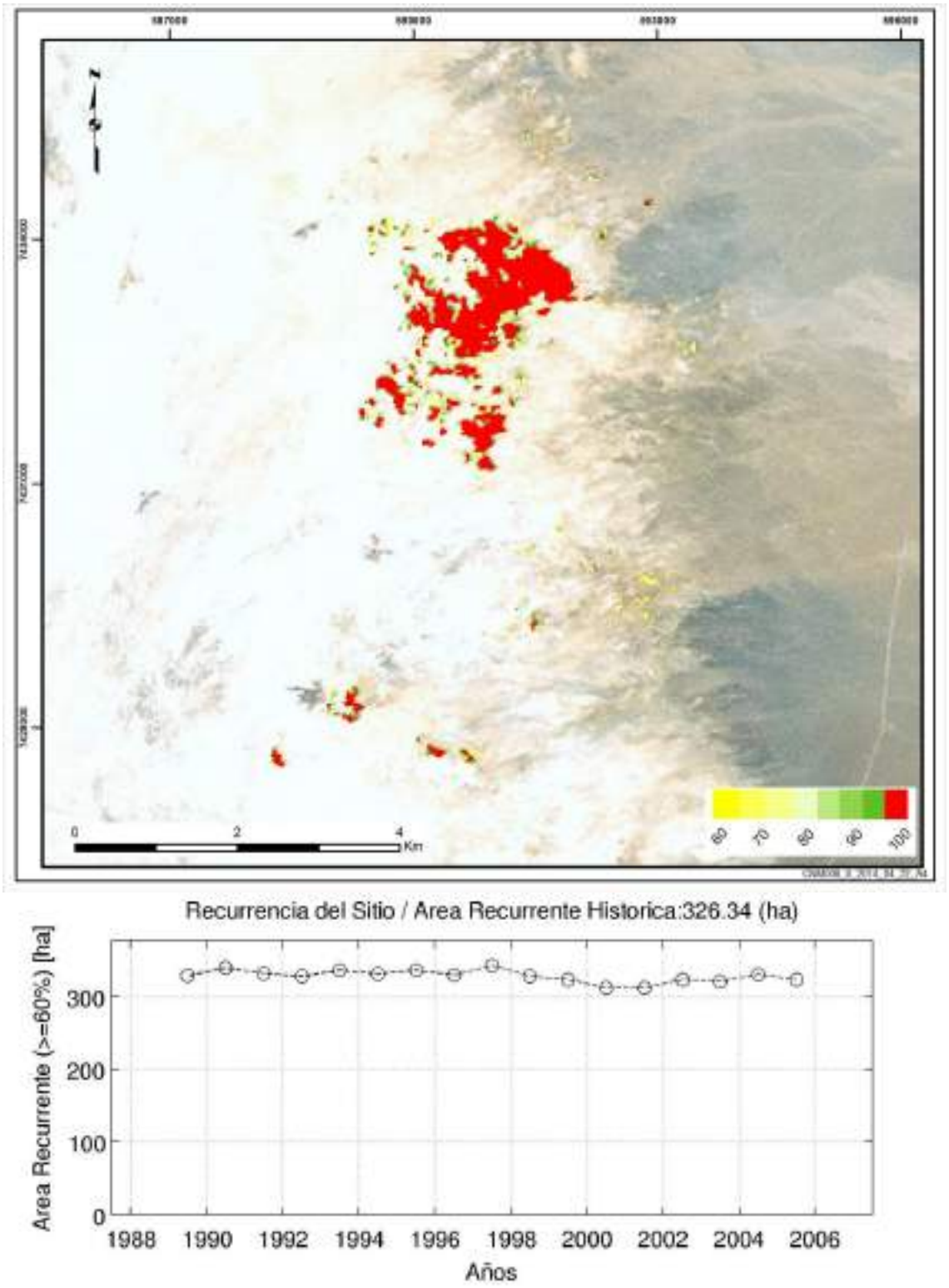


Figura 3.73. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-14 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_B.

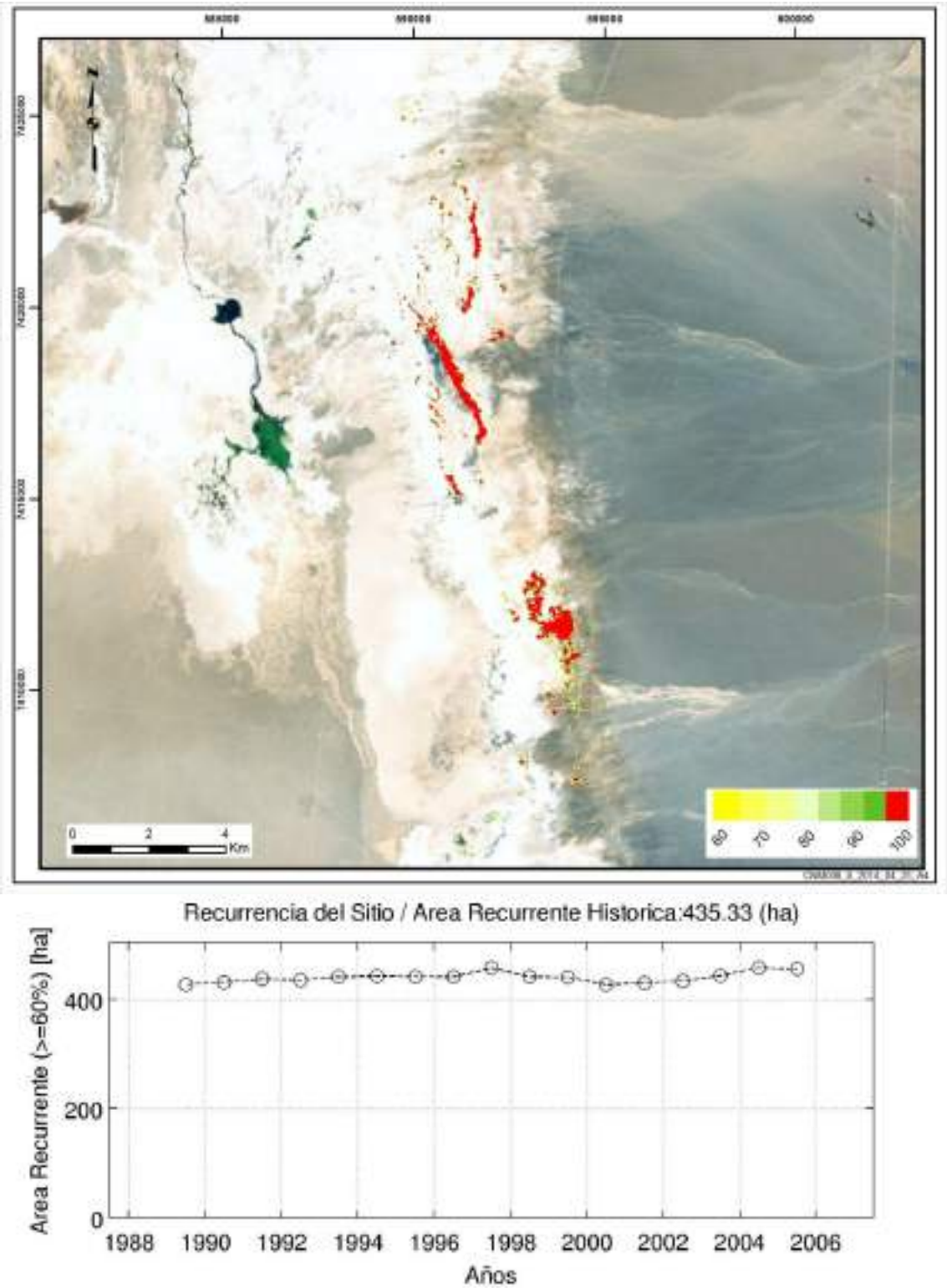


Figura 3.74. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-15 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_C.

Folio007820

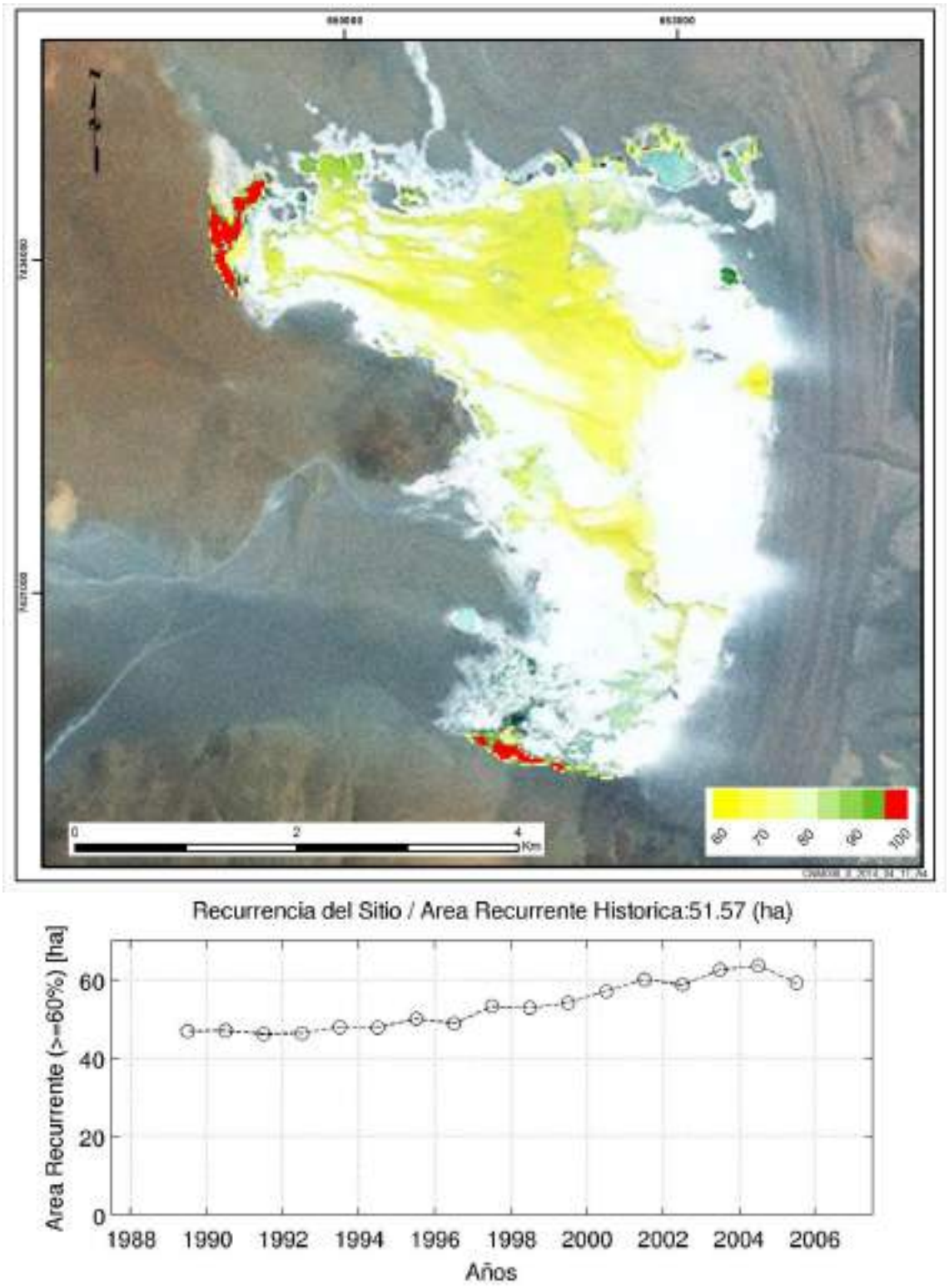


Figura 3.75. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-16 / Sitio Prioritario Salar de Pujsa.

Folio007821

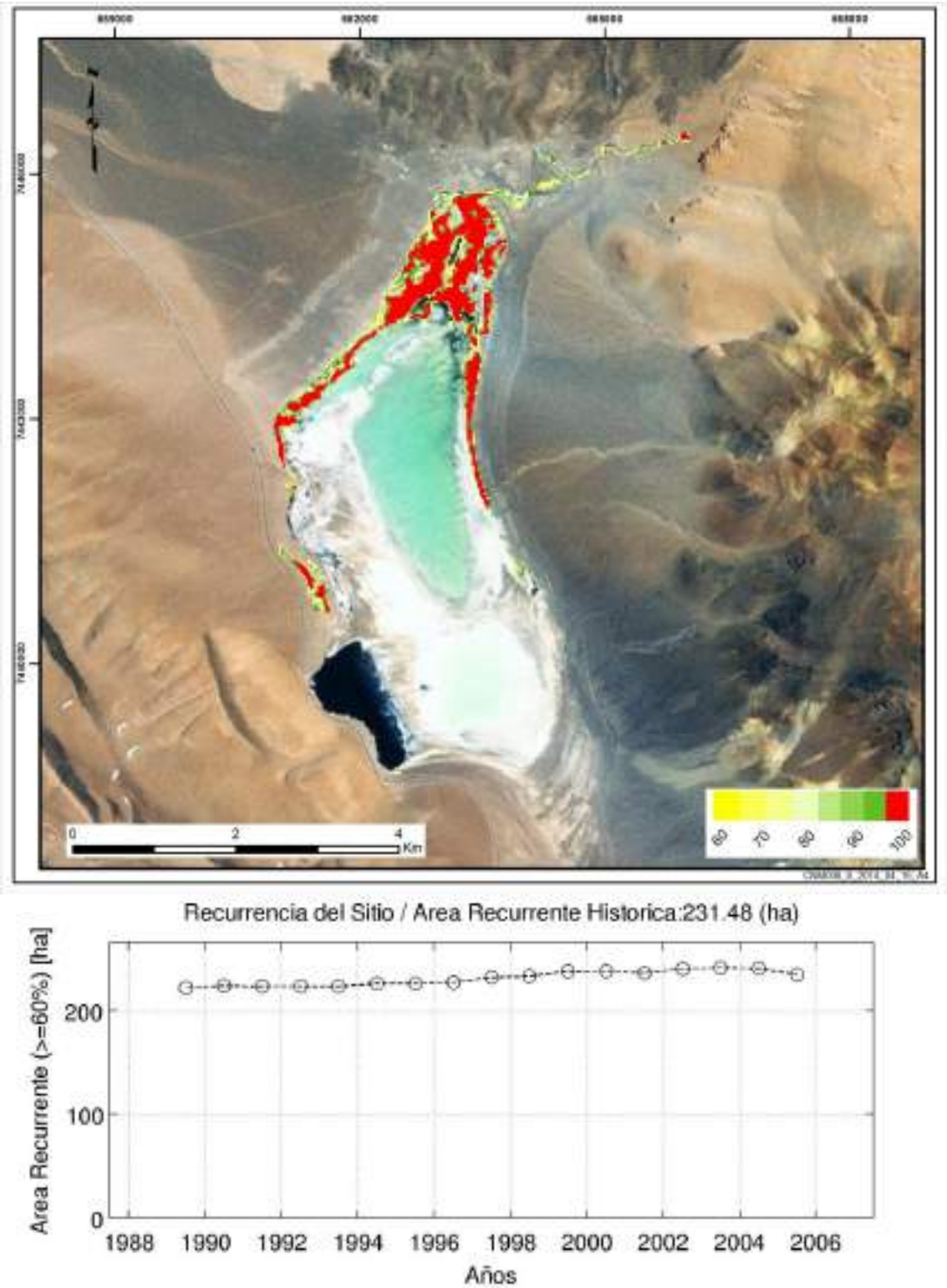


Figura 3.76. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-17 / Sitio Prioritario Aguas Calientes I.

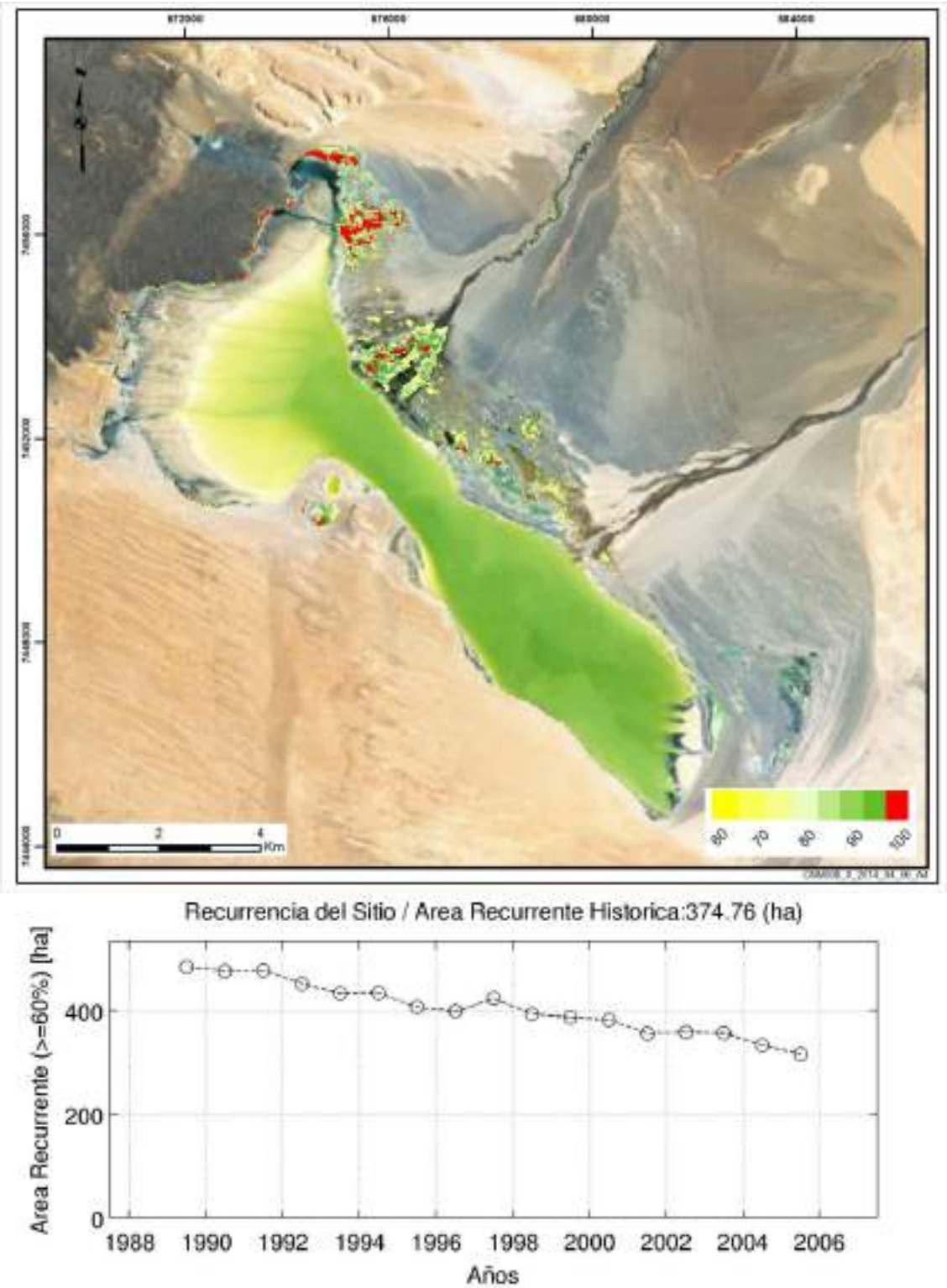


Figura 3.77. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-18 / Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna salar de Tara.

Folio007823

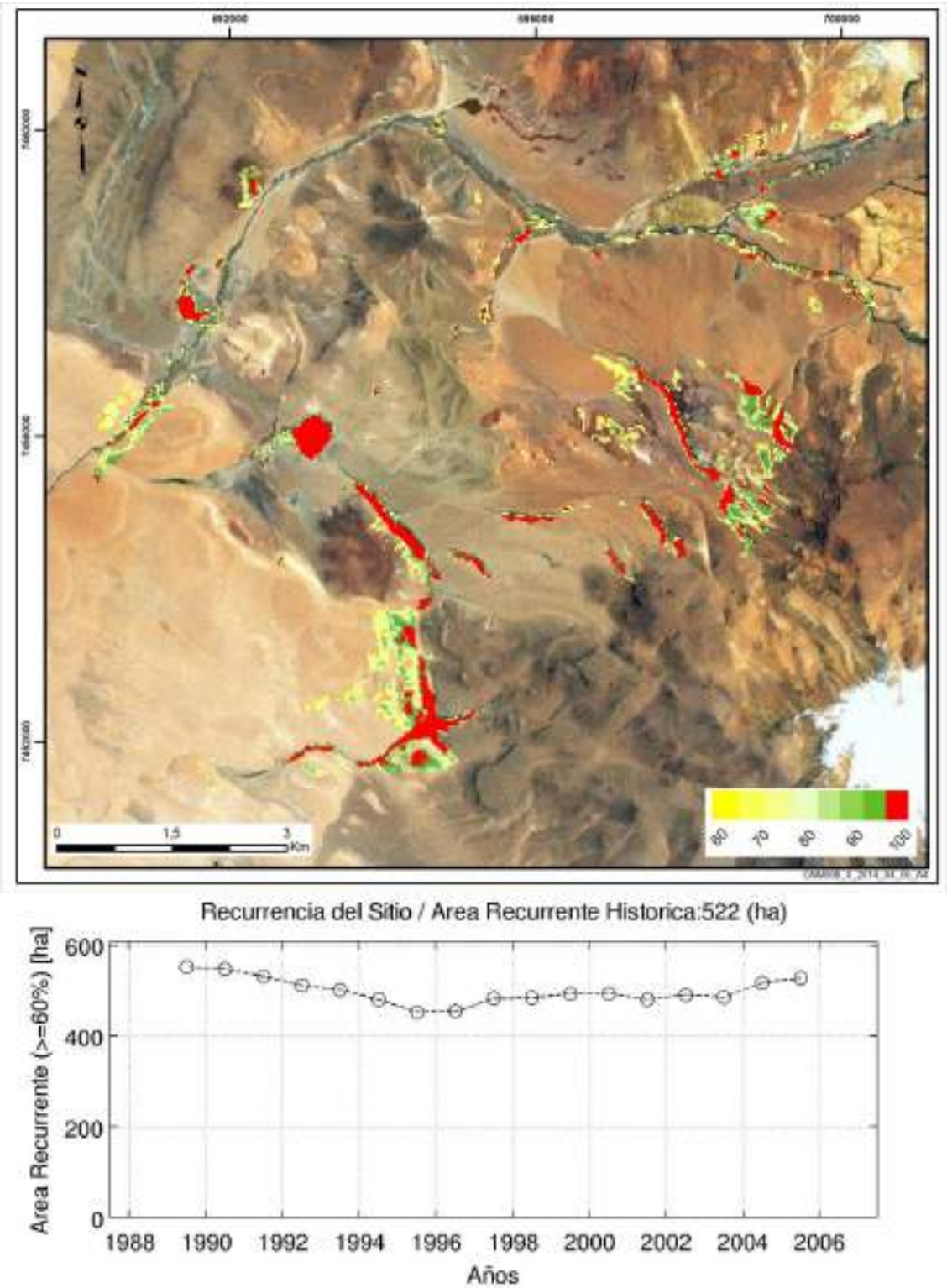


Figura 3.78. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-19 / Sitio Prioritario Salar de Tara, quebradas sector oriente.

Folio007824

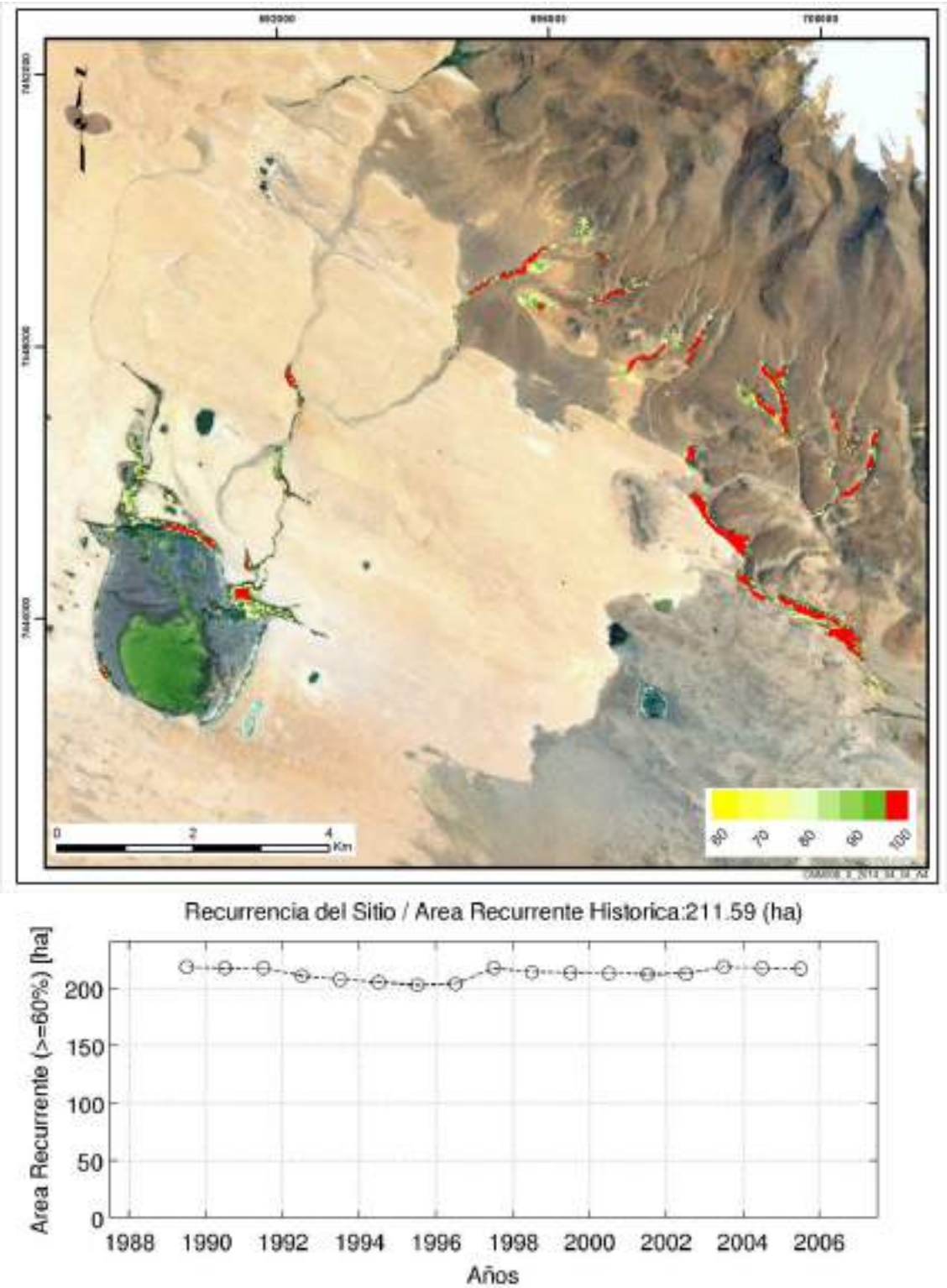


Figura 3.79. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-20 / Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna Helada y quebradas.

Folio007825

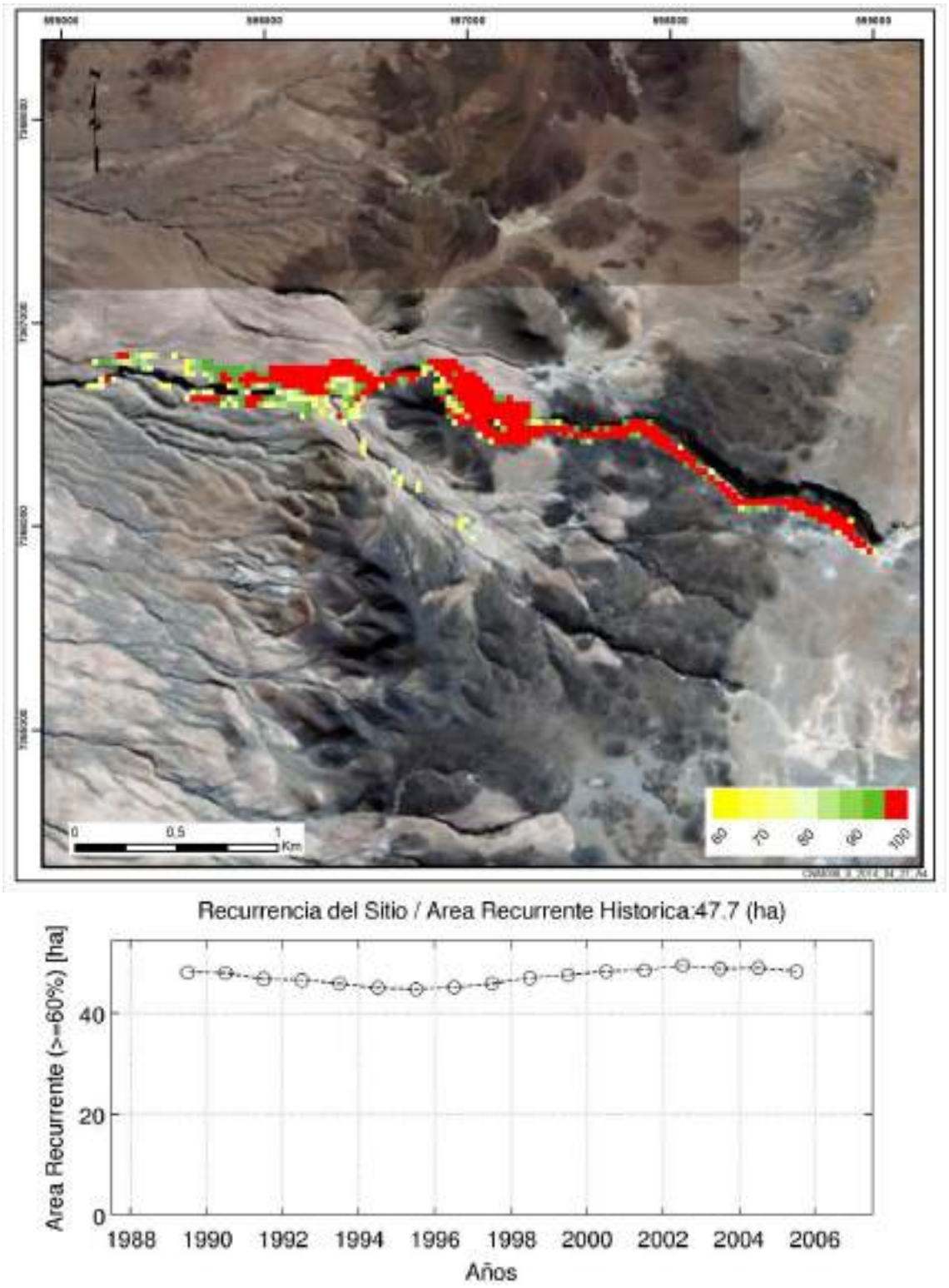


Figura 3.80. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-22 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, cabecera río Tulan.

Folio007826

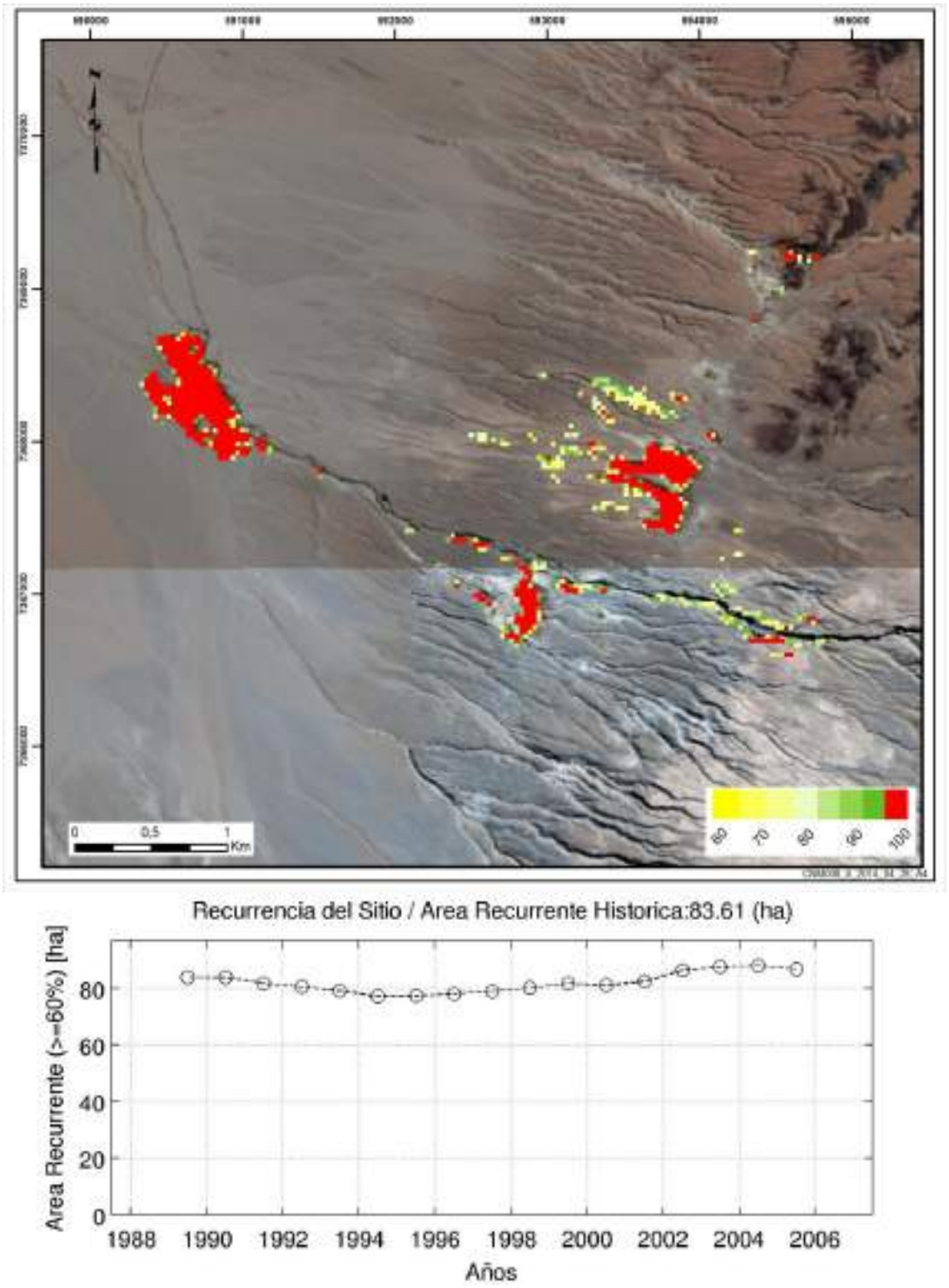


Figura 3.81. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-23 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilomonte.

Folio007827

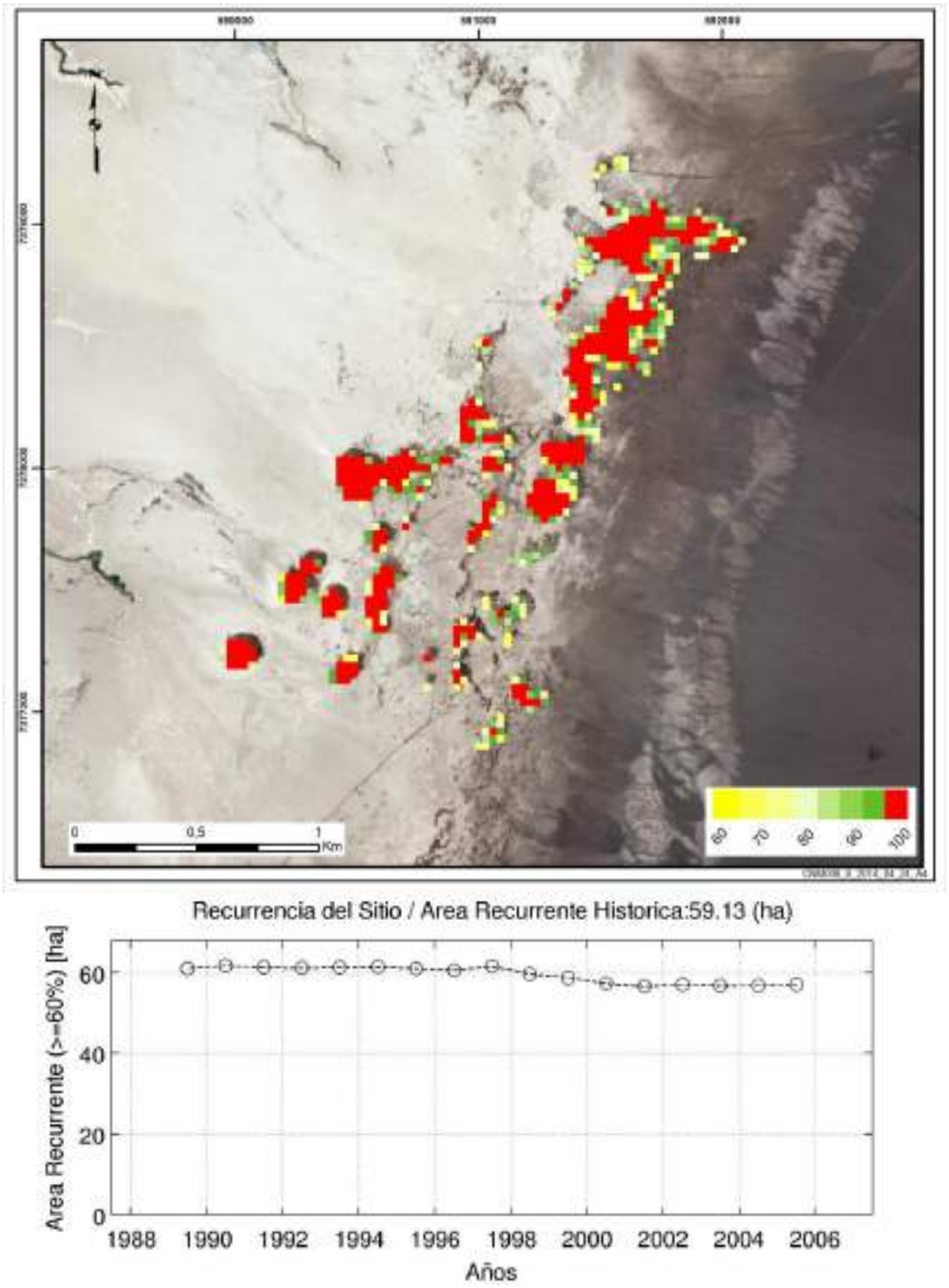


Figura 3.82. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-24 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_A.

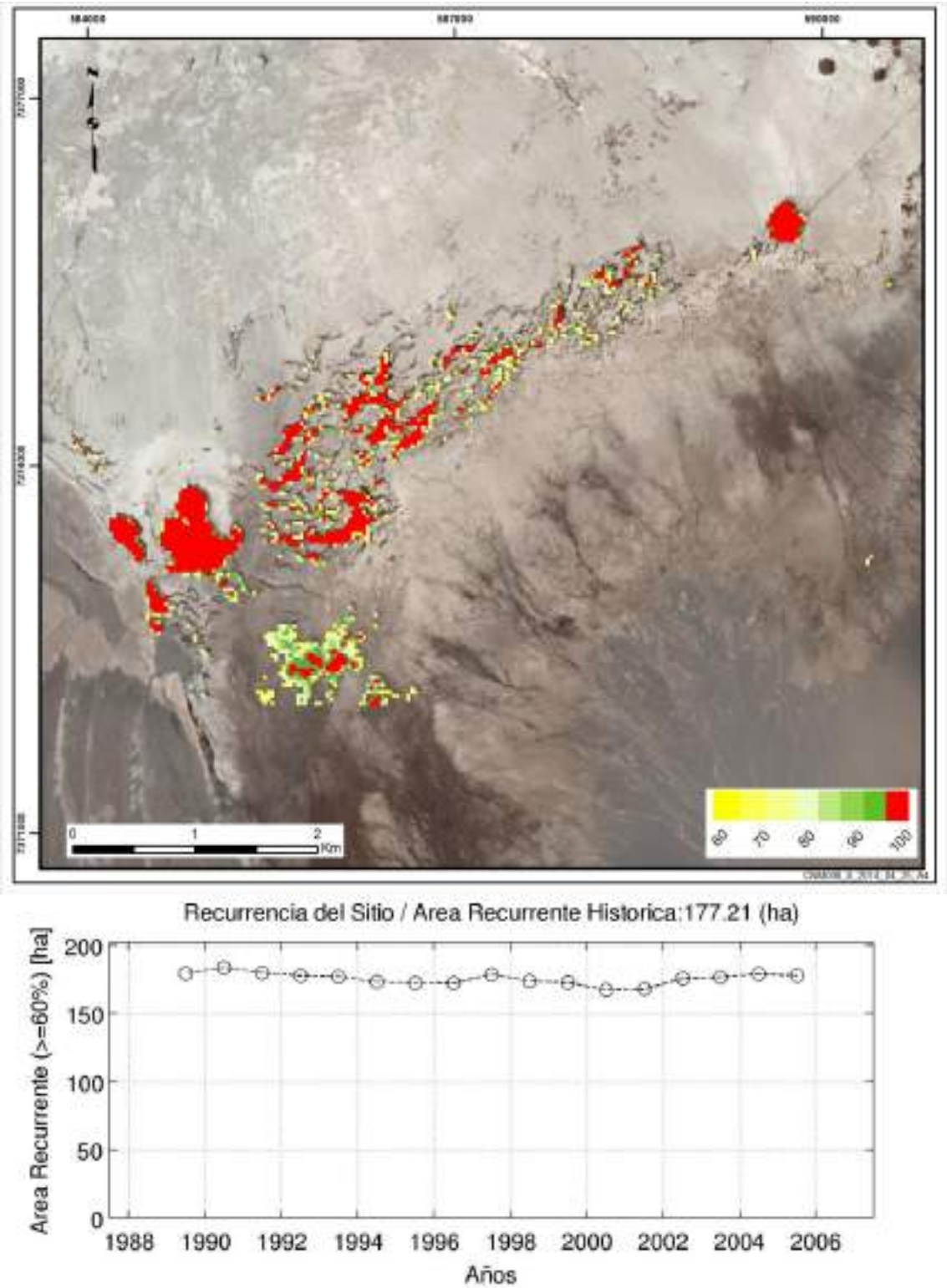


Figura 3.83. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-25 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_B.

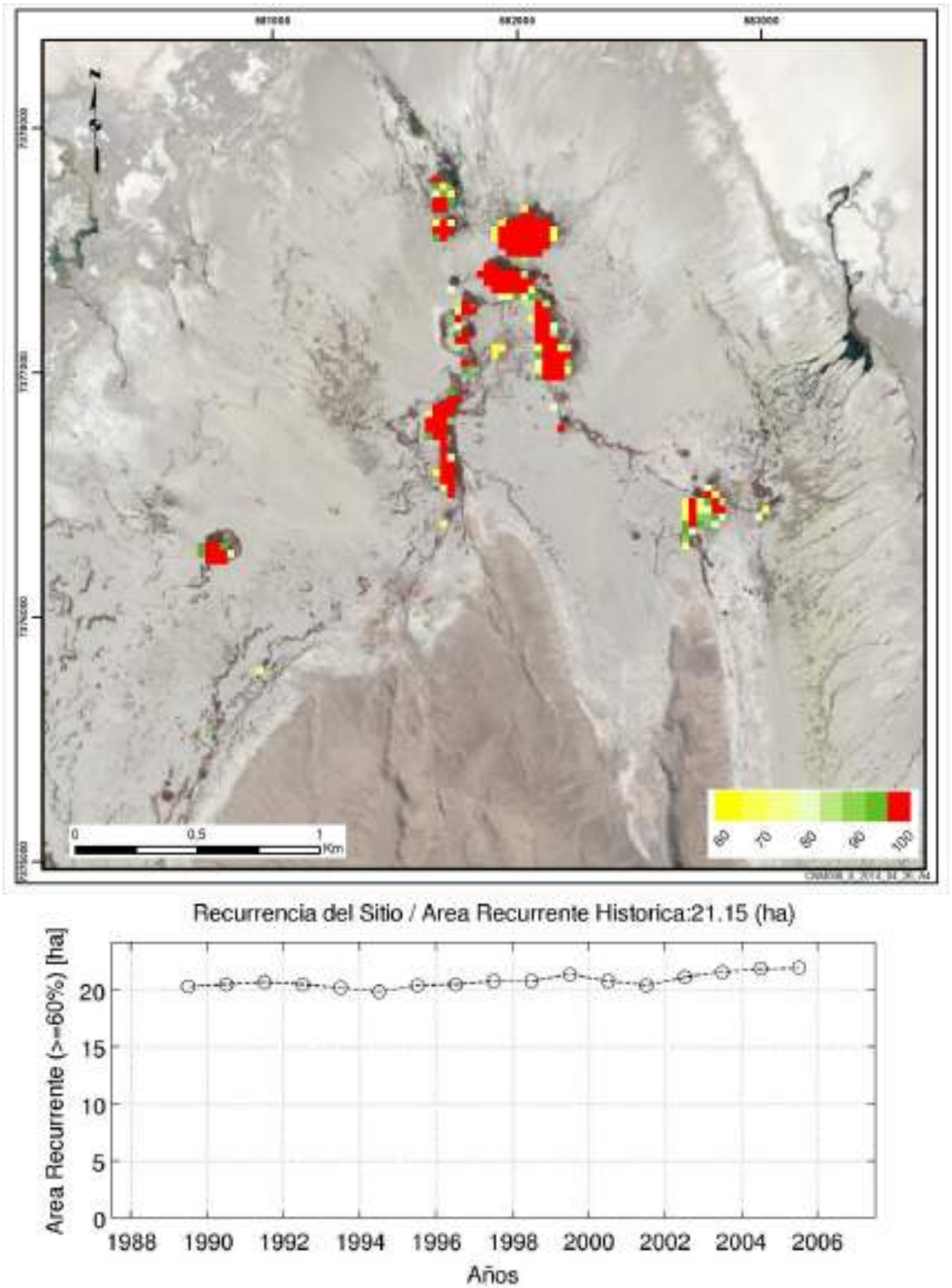


Figura 3.84. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-26 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_C.

Folio007830

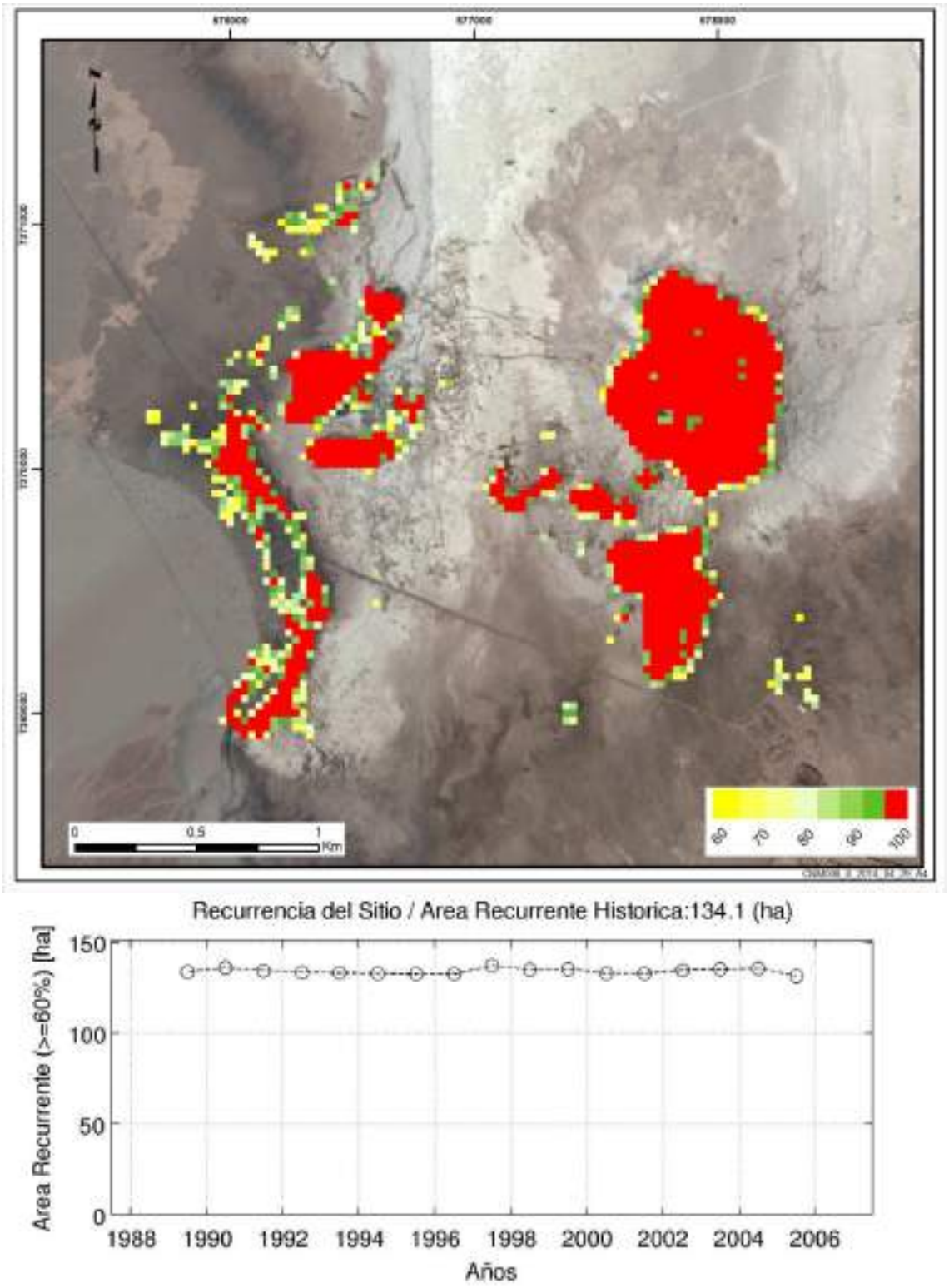


Figura 3.85. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-27 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo.

Folio007831

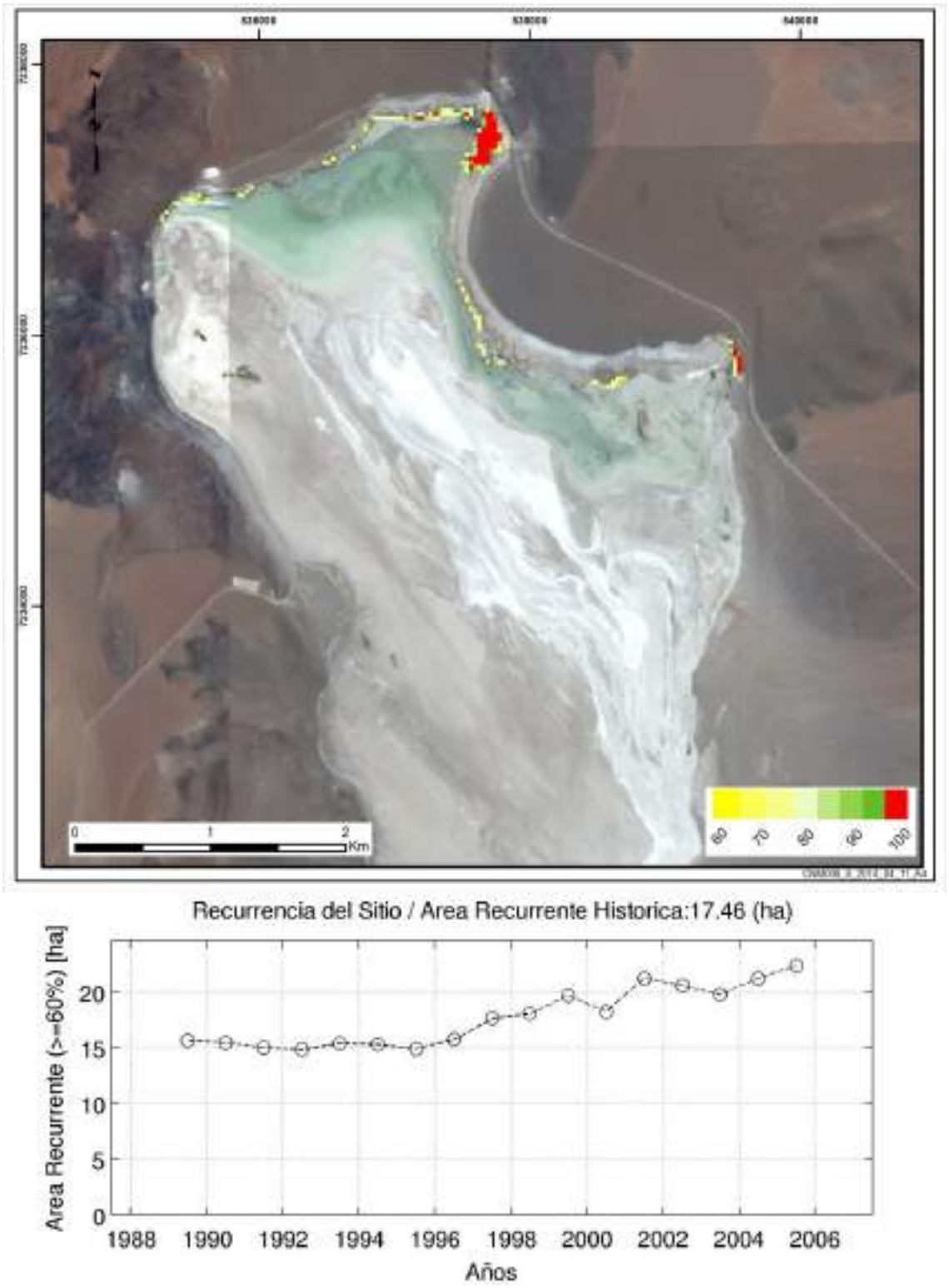


Figura 3.86. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-30 / Sitio Prioritario Salar de Aguas Calientes IV.

Folio007832

3.4.2.3 Análisis Vegetacional (NDVI) – Micro Sistemas Vegetacionales.

El siguiente punto de análisis tuvo como objetivo estimar las áreas medias con recurrencia histórica que no fueron evaluadas en el análisis anterior, y que si son catastradas en el inventario de Humedales (Vegas y Bofedales) desarrollado por el SITHA-CIREN.

Estas áreas, que en un principio fueron descartadas por no tener una gran relevancia en superficie, fueron ingresadas al mismo análisis desarrollado, manteniendo los criterios anteriormente definidos, pero diferenciados en la puntualidad de las áreas de análisis. Se definieron microzonas de acuerdo a los datos puntuales entregados en el catastro, relacionándose directamente a estos sistemas, situación que se muestra en las Figura 3.87, Figura 3.88 y Figura 3.89.

Los resultados del análisis de recurrencia vegetacional por sobre el 60%, de estas áreas, se adjuntan en el Anexo B del presente informe, donde se detalla cada sistema analizado y se presenta un gráfico de medias móviles en los intervalos de 10 años.

Folio007833

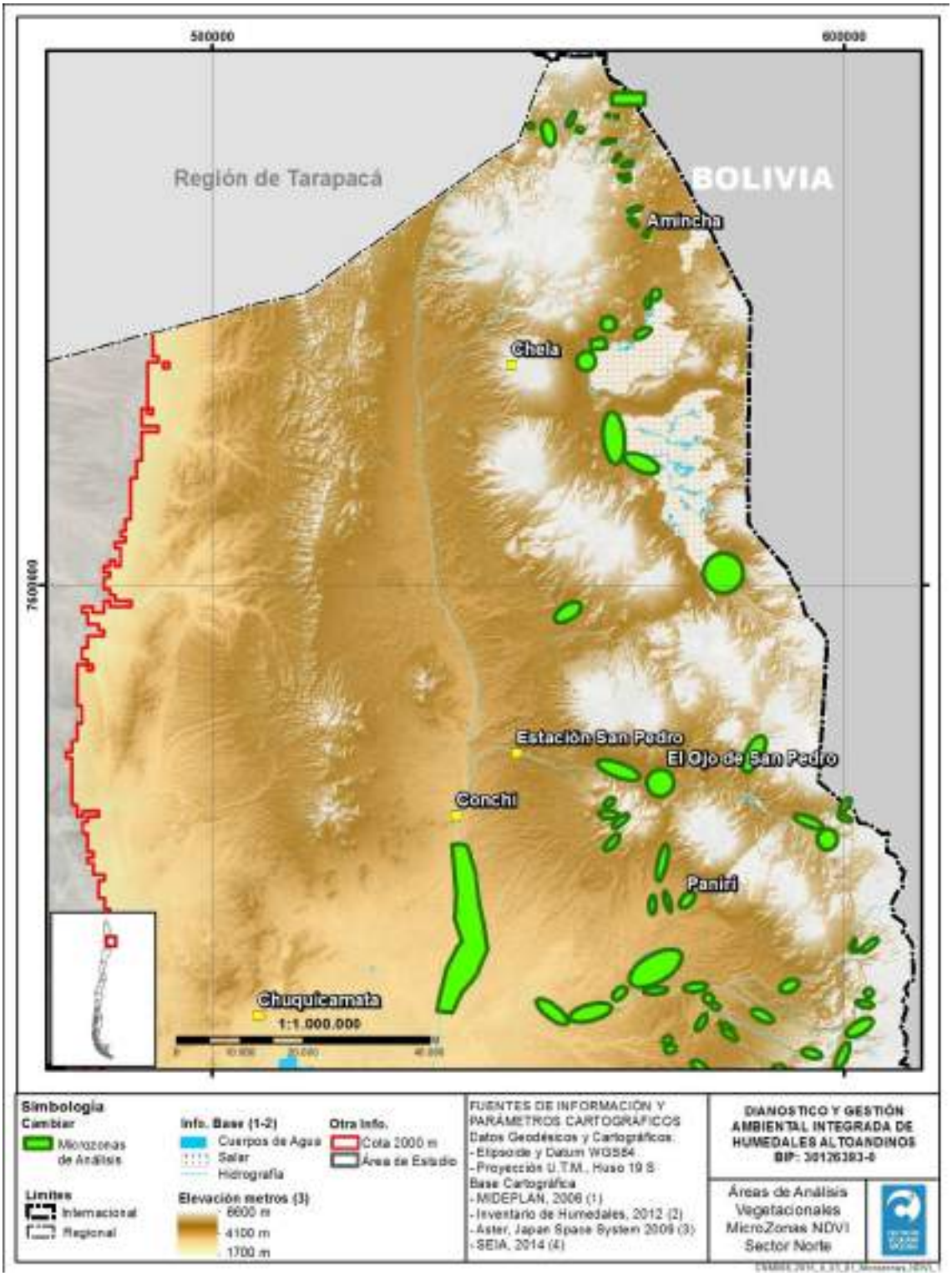


Figura 3.87. Distribución geográfica de Microzonas Vegetacionales analizadas, zona Norte.

Folio007834

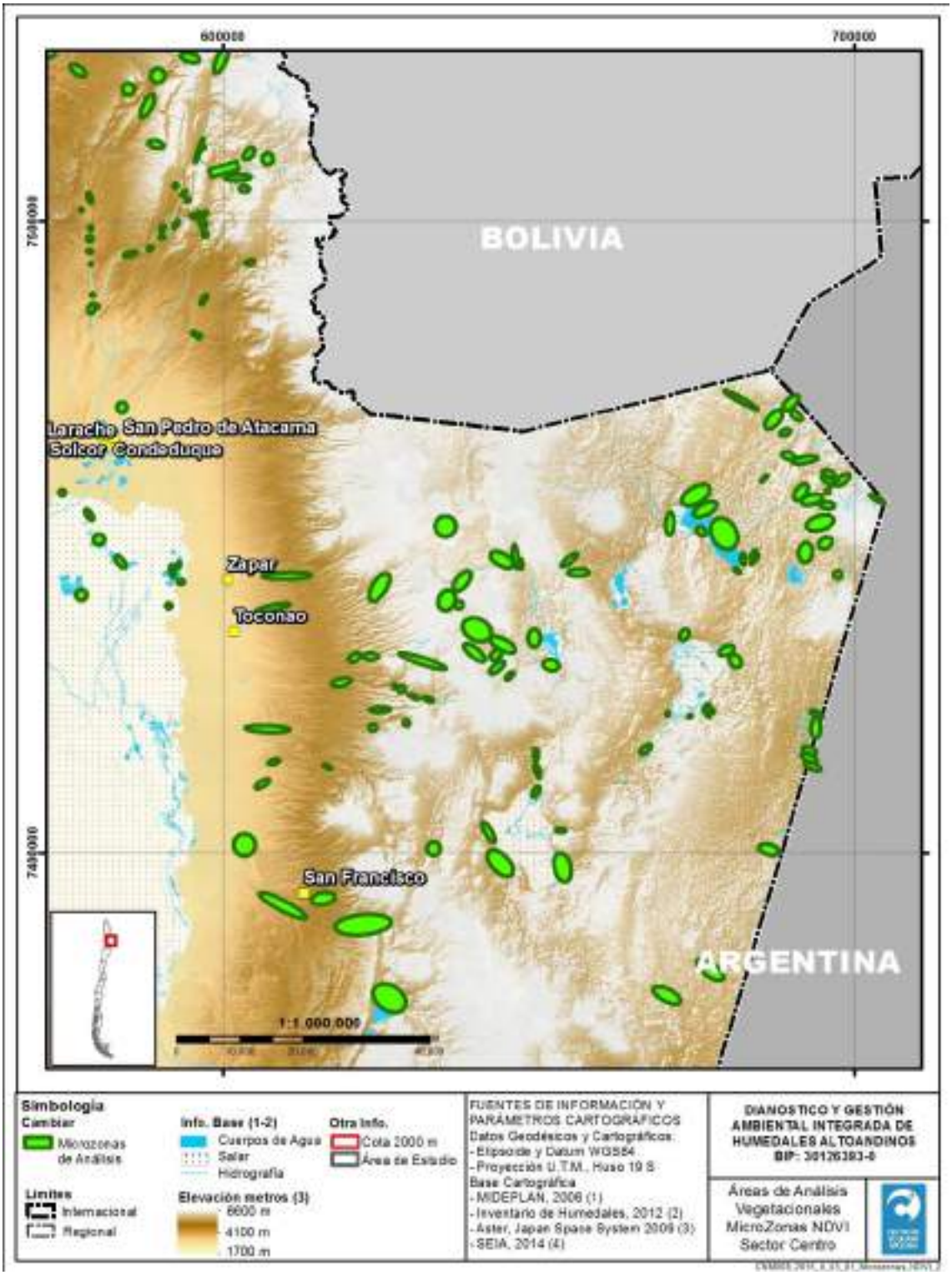


Figura 3.88. Distribución geográfica de Microzonas Vegetacionales analizadas, zona Centro.

Folio007835

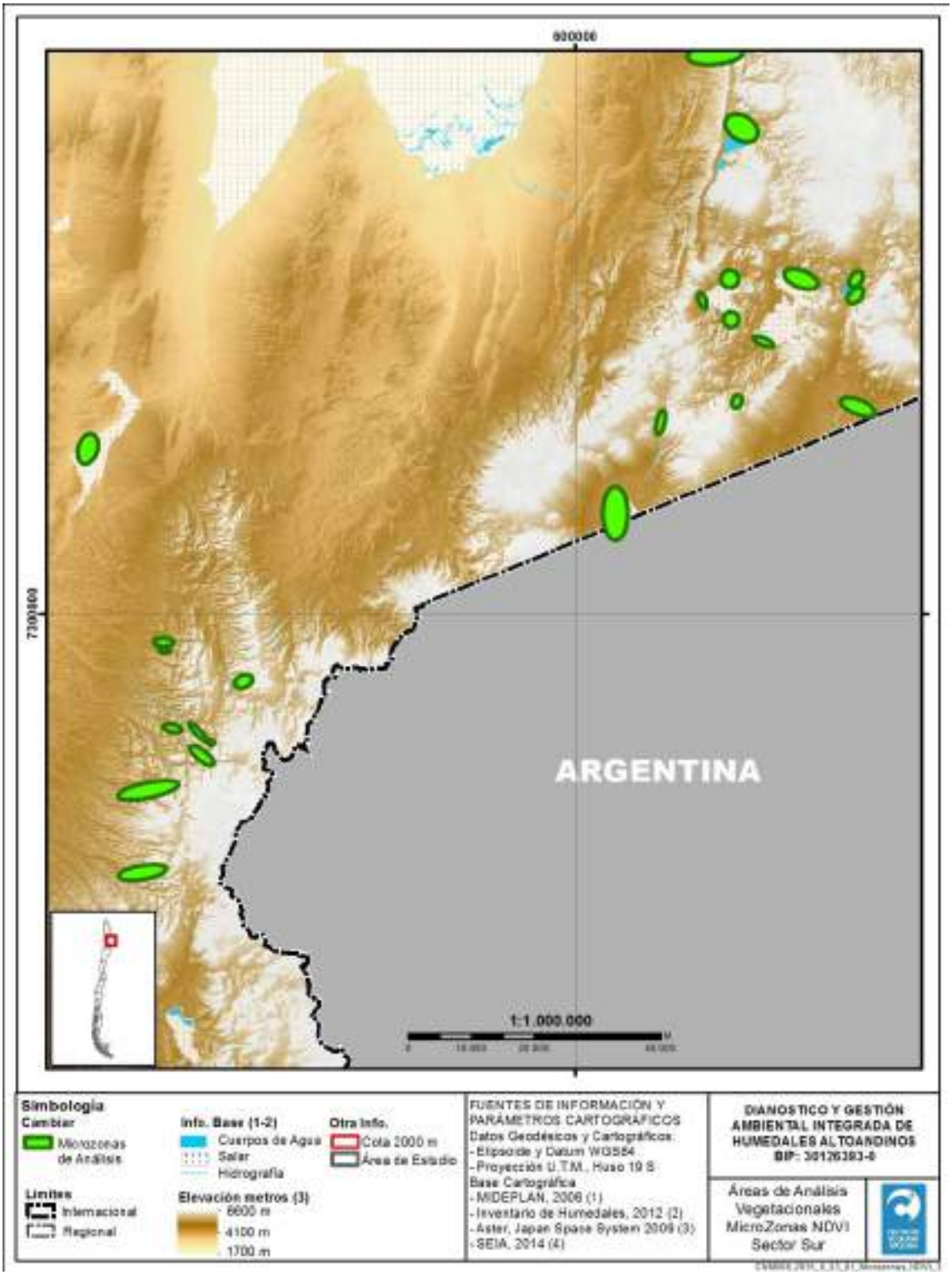


Figura 3.89. Distribución geográfica de Microzonas Vegetacionales analizadas, zona Sur.

Folio007836

3.5 CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES

La caracterización de los humedales se realizó en base a dos estrategias, las cuales permitieron de forma separada, definir una priorización de cada uno de estos sistemas. Se definió como primera estrategía la recopilación de los resultados obtenidos del análisis de variabilidad ambiental desarrollado para sistemas vegetacionales como para cuerpos de agua, permitiendo definir de esta manera las tendencias históricas (pendiente del comportamiento) y el indicador porcentual de variabilidad en cada uno de estos sistemas. Finalmente la segunda metodología, se desarrolló en función de los datos obtenidos en el catastro y posterior sistematización de la información, enfocando el análisis en la estimación de las amenazas que pudiesen tener cada uno de los sistemas, a partir de la ponderación de variables y desarrollando un análisis multicriterio.

Es importante destacar que la totalidad de humedales presentes en la zona de estudio, contempla la unión de los catastros de Vegas-Bofedales (264) y el Inventario de Humedales (892), desarrollados por CIREN-SITHA y el MMA respectivamente. El inventario de humedales realiza la caracterización de cada cuerpo de agua existente en la zona de estudio, sin realizar la agrupación de las partes de sistemas mayores (p.ej. salares, sistemas de lagunas, etc), por lo cual se realizó una agrupación de los cuerpos del catastro en base a su cercanía y apoyándose en imágenes de la zona. Con ello, el número de sistemas acuáticos (cuerpos de agua) se redujo a un total de 46 sistemas, a incluir en los análisis.

Cabe considerar que las dos estrategías apuntan a priorizar estos humedales, dándoles características de vulnerabilidad en pro de resguardar y monitorear aquellos que estén más propensos a sufrir mayores alteraciones.

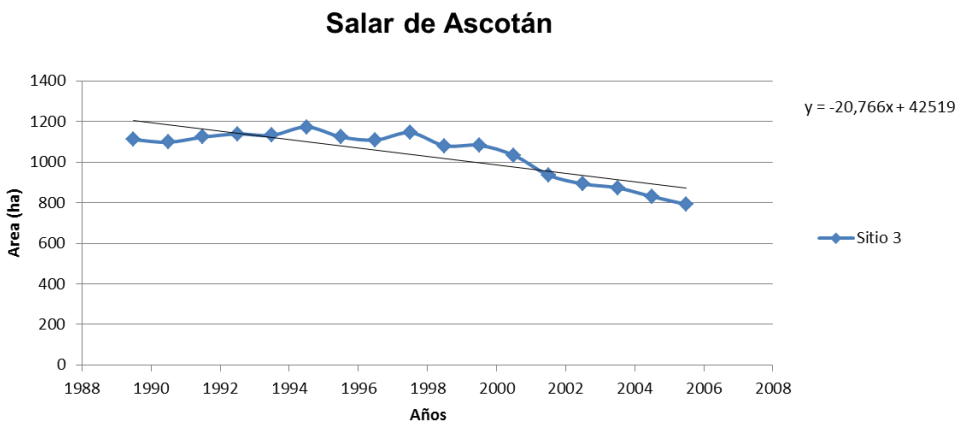
3.5.1 Caracterización de humedales a partir de los resultados obtenidos en el análisis de variabilidad ambiental.

La caracterización de humedales, a partir de los resultados obtenidos en el análisis de variabilidad ambiental, se enfoca en determinar un indicador general que permita caracterizar a los humedales según su condición de estabilidad (tipo Estable o Inestable). Para esto se desarrollaron tres pasos metodológicos, los cuales se enfocaron en resumir y relacionar el análisis multiespectral con los catastros de Vegas – Bofedales y Cuerpos de Agua.

3.5.1.1 Indicador de tendencia de variabilidad histórica (ITVH) de los humedales.

Como resultado del análisis de variablidad se obtuvieron áreas recurrentes para cada sistema dentro de un período de tiempo de 17 años (1989 -2005). Se agruparon los resultados en periodos de un año y medio, asegurando con esto el traslape de los datos y la mantención de la frecuencia de la curva. Posteriormente se definió la pendiente de la linea de tendencia histórica, relacionándola con la superficie recurrente del año inicial (1989), dando como resultado el indicador porcentual de variación que presenta el sistema, en hectáreas por año. Este indicador permitió caracterizar los sistemas en Humedales Estables e Inestables. La Figura 3.90 muestra un ejemplo de dicho análisis.

Folio007837



Sitio	Pendiente Histórica 1 - 17 años	Tasa variacion de ha por año a partir de area inicial	%
Salar de Ascotán	-20,766	-0,019	-1,870

Figura 3.90. Ejemplo de la estimación del indicador de tendencia de variablidad histórica de los humedales (ITVH).

3.5.1.2 Relación del ITVH y los catastros de datos de Vegas_Bofedales y Cuerpos de Agua.

Luego de la obtención de los Indicadores Porcentuales de Variabilidad (IPV), se relacionó geográficamente esta información con los catastros de datos desarrollados por CIREN y MMA para Vegas-Bofedales y Cuerpos de Agua. Se caracterizaron aquellos sistemas catastrados que coincidieran geográficamente a lo más en 100 metros con un área recurrente, situación que se presenta en la Figura 3.91**.**

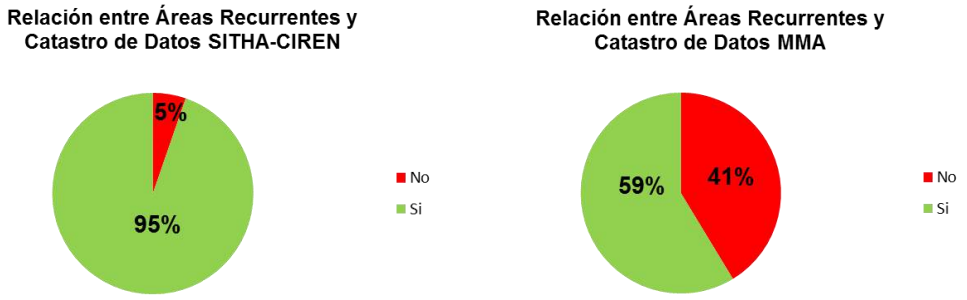


Figura 3.91. Porcentaje de relación entre áreas recurrentes derivado del análisis de variabilidad ambiental y los catastros de datos.

Folio007838

3.5.1.3 Clasificación del estado de los sistemas por su Indicador Porcentual de Variabilidad (IPV).

Una vez obtenida la caracterización del IPV de los sistemas catastrados, se procedió a clasificar el estado en el cual se encuentra el sistema, o bien la proyección anual que se espera de él a lo largo del tiempo en condiciones similares a las del estudio.

Se identificaron IPV negativos (-) y positivos (+), los cuales podrían dar a simple vista la tendencia en la que se encuentra el sistema. Se interpretó que una variación menor o mayor al 0,05 de IPV proyectado en 10 años, no influiría en más del 1% del área inicial del sistema, por lo que una condición de normalidad o equilibrio debería estar entre **-0.05 y 0.05** IPV, valores superiores o inferiores a estos deberían dar luces de un sistema a la baja o al alza.

A continuación se presenta de la Figura 3.92 a la Figura 3.94, la distribución geográfica de las clasificaciones por estado de IPV.

Folio007839

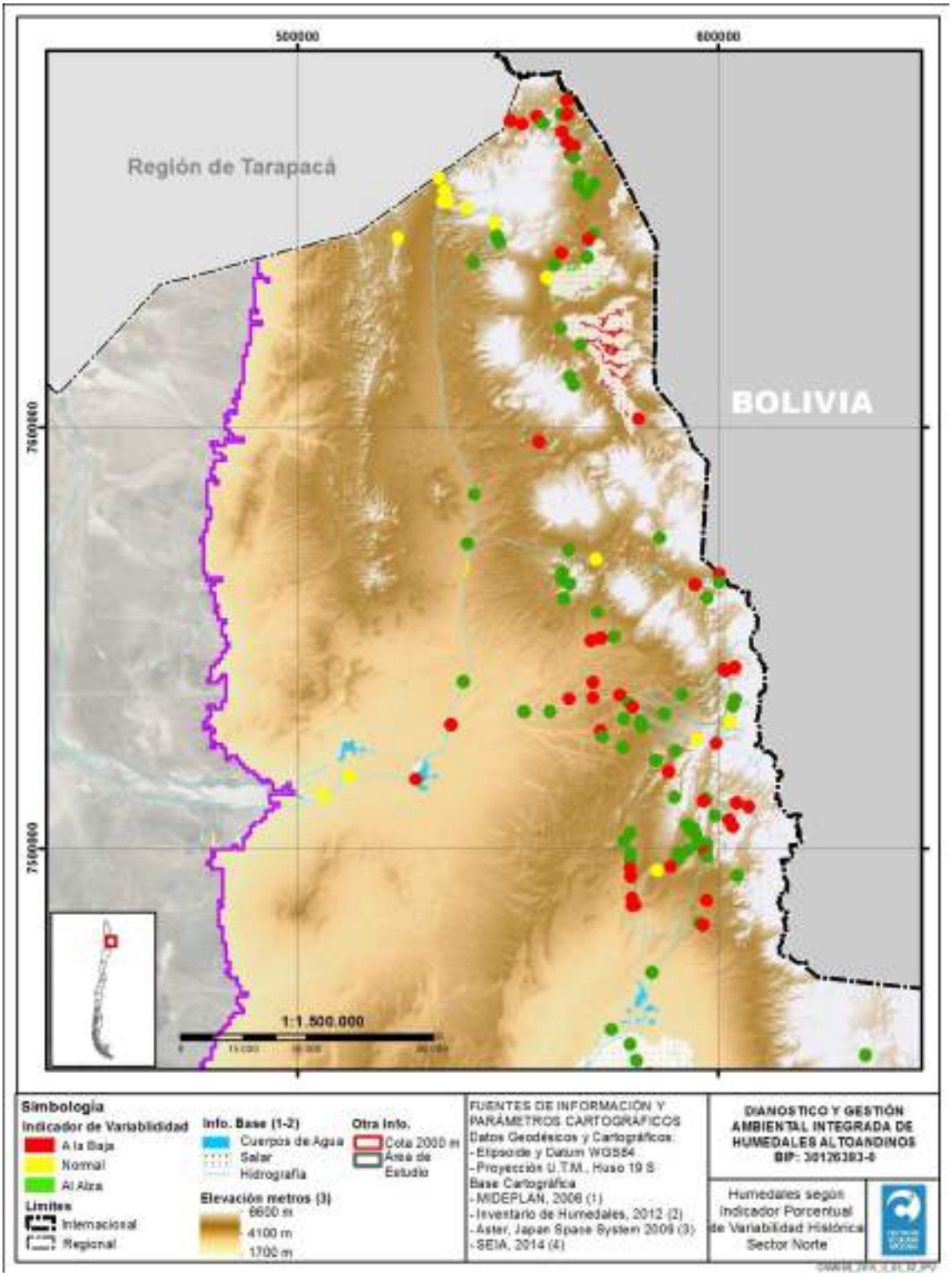


Figura 3.92. Distribución geográfica de Humedales según Indicador Porcentual de Variabilidad Histórica, sector Norte.

Folio007840

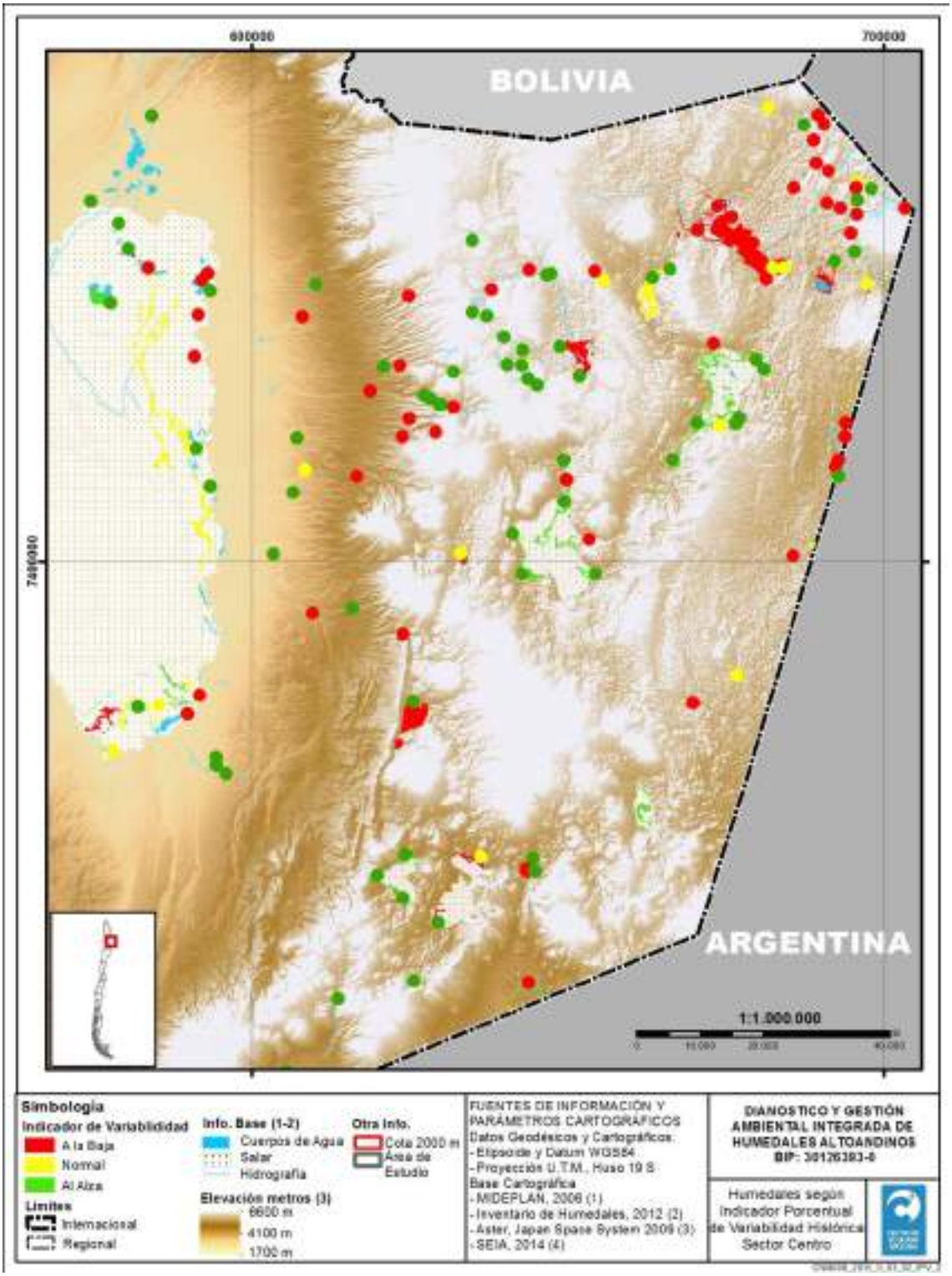


Figura 3.93. Distribución geográfica de Humedales según Indicador Porcentual de Variabilidad Histórica, sector Centro.

Folio007841

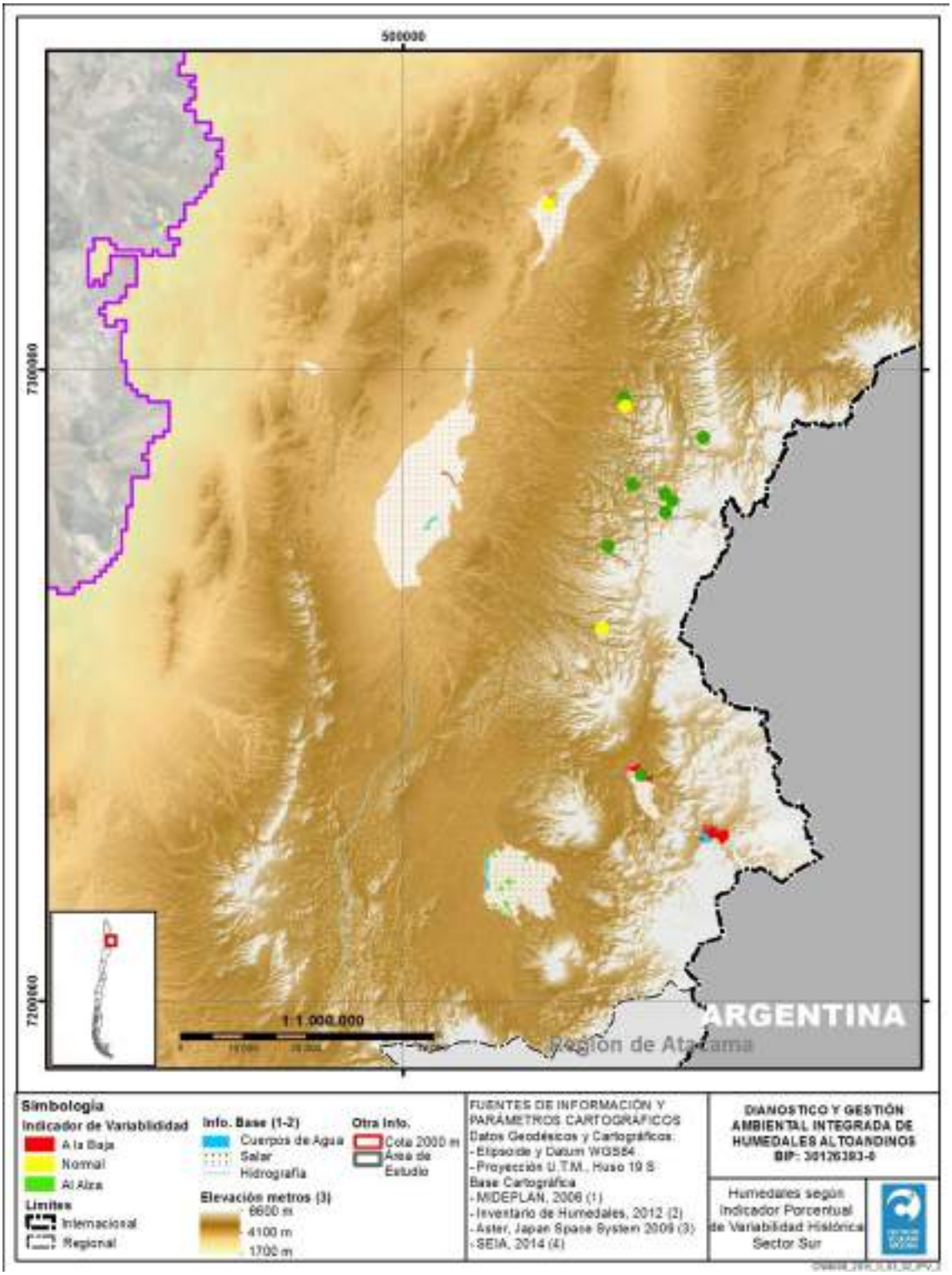


Figura 3.94. Distribución geográfica de Humedales según Indicador Porcentual de Variabilidad Histórica, sector Sur.

Folio007842

Cabe destacar que existen sistemas que no presentan caracterización IPV, ya que presentan limitaciones de recurrencia o tamaño, los cuales no permiten incluirlos dentro del análisis.

3.5.2 Caracterización de humedales a partir del análisis multicriterio y ponderación de sus amenazas.

La caracterización de los humedales a partir del análisis multicriterio se desarrolló en base a la ponderación de sus amenazas identificadas en la sistematización de la información catastrada en el estudio. Su objetivo se centró en determinar un indicador general que pudiese ponderar las amenazas identificadas en pro de caracterizar los humedales según su estado de vulnerabilidad.

Cabe destacar que el análisis contempló la caracterización de los dos catastros SITHA-CIREN (Vegas y Bofedales) y MMA (Cuerpos de Agua) que conforman el concepto humedal, el cual en su totalidad suman 1.156 elementos geográficos.

Por otro lado se identificaron variables físicas como antrópicas, de las que se mencionan la altitud de los sistemas, las relaciones entre Vegas – Bofedales y Cuerpos de Agua, sus áreas, las relaciones de distancia entre sistemas y comunidades, derechos de extracción de agua superficial y subterránea, Zonas de pastoreo y bebederos, zonas de Conservación y/o Protección Ambiental (SNASPE, Areas Prioritarias de Conservación, RAMSAR) y el estado de monitoreo en el cual se encuentran. Este último se desarrolló en pro de entregar datos necesarios para el capítulo de Propuesta Programa de Seguimiento.

Folio007843

3.5.2.1 Relaciones entre Vegas-Bofedales y Cuerpos de Agua.

La relación entre Vegas-Bofedales y Cuerpos de Agua tiene como objetivo la identificación de aquellos sistemas vegetacionales que están condicionados a partir de la cercanía directa a un cuerpo de agua. Tiene su fundamentación en categorizar los tipos de combinaciones encontradas en los catastros para asi dar lugar a una interpretación más segmentada del estudio. La metodología utilizada estuvo determinada a partir del análisis de cercanía (*Near*) en la plataforma SIG de las máximas distancias de relación, para luego discriminar por cercanía y por fotointerpretación la veracidad de ésta. Se determinó que la distancia máxima de relación fue 570 metros, de lo que se desprendieron tres categorías:

Sistemas Verdes (SV): Sistemas vegetaciones que no tienen relación directa a un cuerpo de agua, sean estos alimentados por afloramientos, vertientes u otros mecanismos.

Sistemas Azules (CA): Cuerpos de Agua que no presentan relación directa con sistemas vegetacionales directos.

Sistemas Verde-Azul (SVCA): Sistemas Vegetacionales que tienen relación directa con un Cuerpo de Agua.

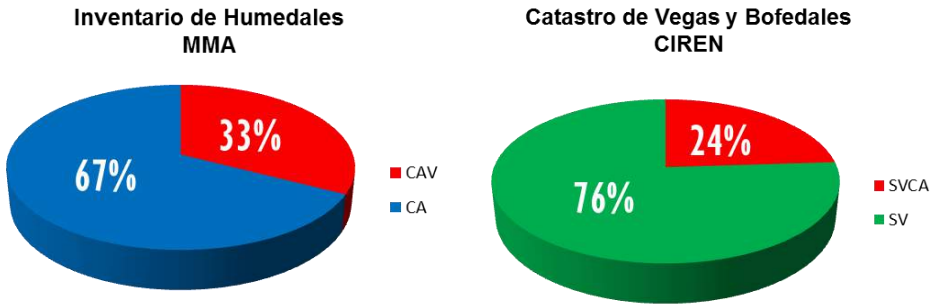


Figura 3.95. Relaciones entre Vegas-Bofedales y Cuerpos de Agua según estadística por catastro

Folio007844

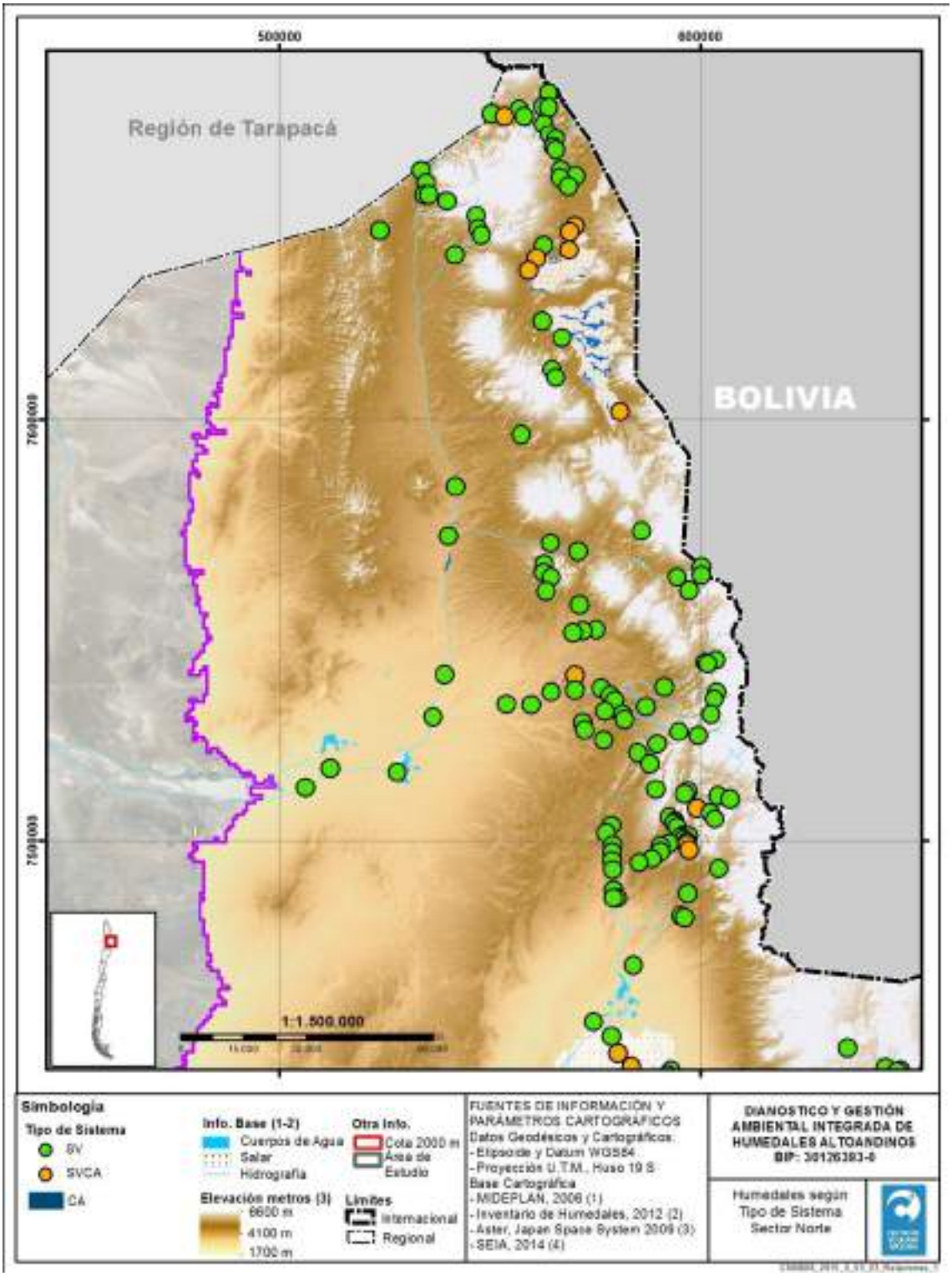


Figura 3.96. Distribución geográfica de Humedales según relación entre catastros, sector Centro.

Folio007845

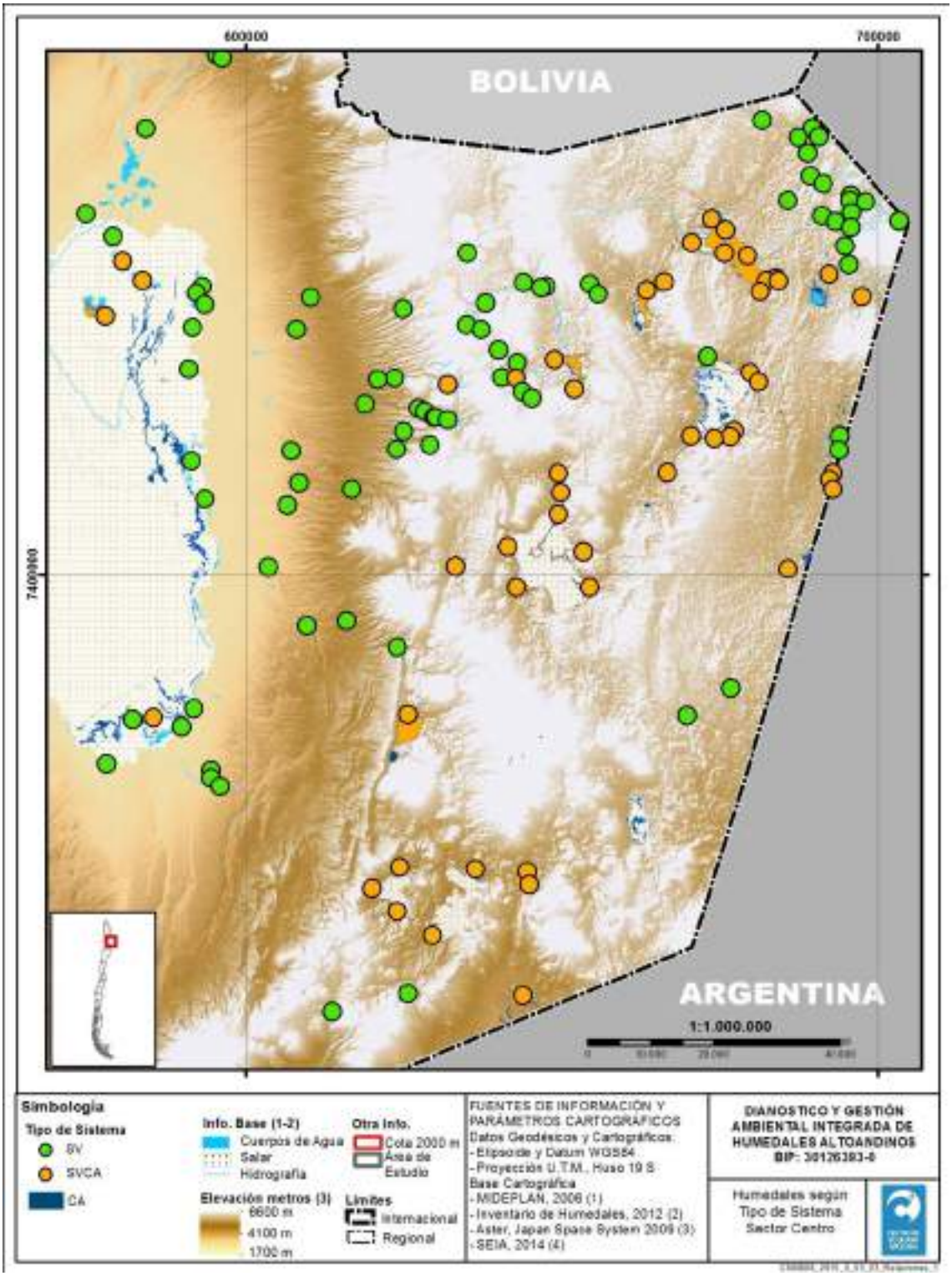


Figura 3.97. Distribución geográfica de Humedales según relación entre catastros, sector Centro.

Folio007846

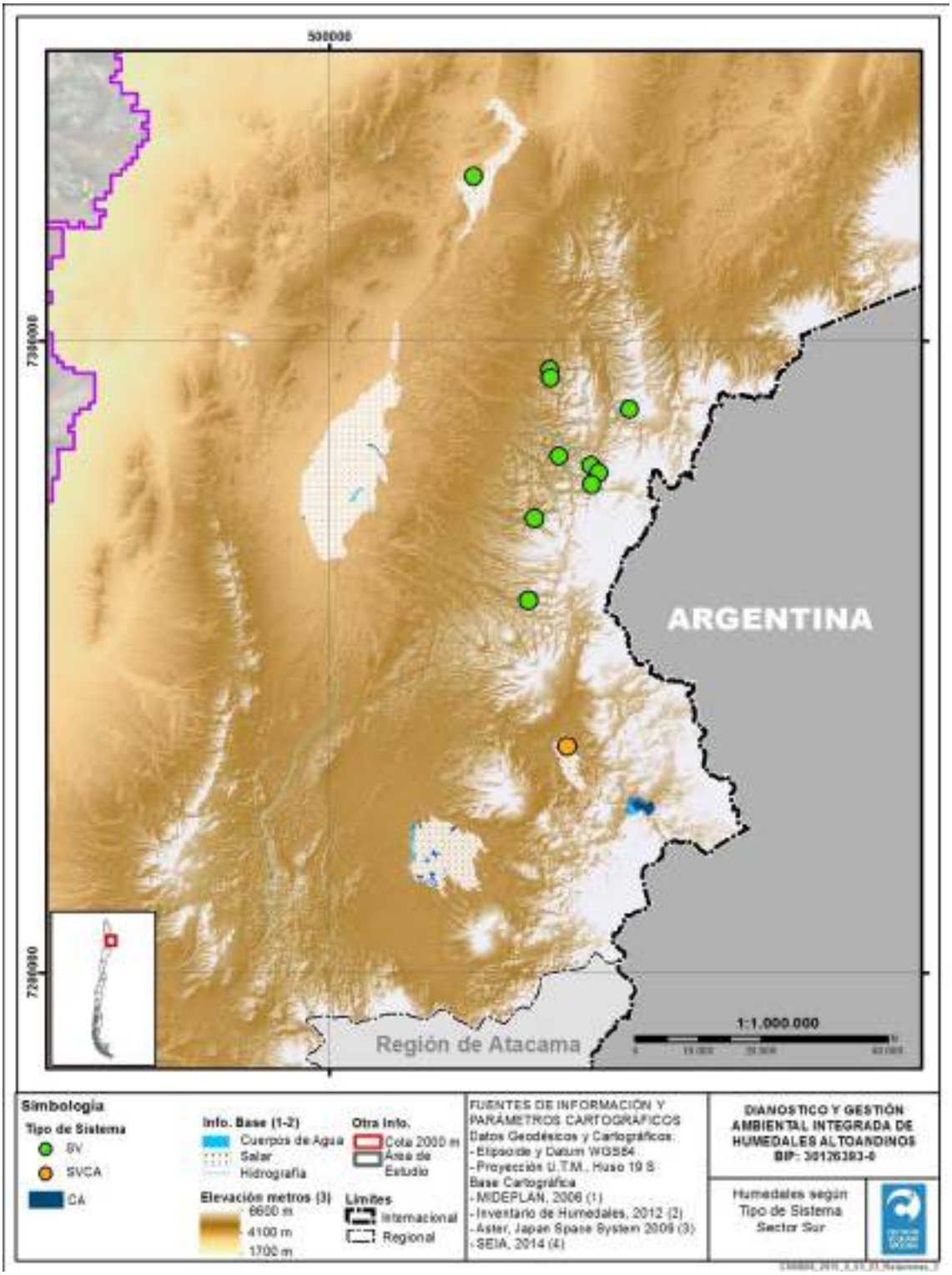


Figura 3.98. Distribución geográfica de Humedales según relación entre catastros, sector Sur.

Folio007847

3.5.2.2 Indicador de altitud de los humedales en estudio (IA)

La estimación de la altitud de los humedales, tuvo como fin el apoyo para las relaciones que se realizarán en capítulos posteriores. Además se definió aproximadamente su cota, en base al modelo Aster GDEM utilizado en la definición del área de estudio y la herramienta *Extract values To Points* de ArcGis. El resumen de esta información se muestra en la Figura 3.99

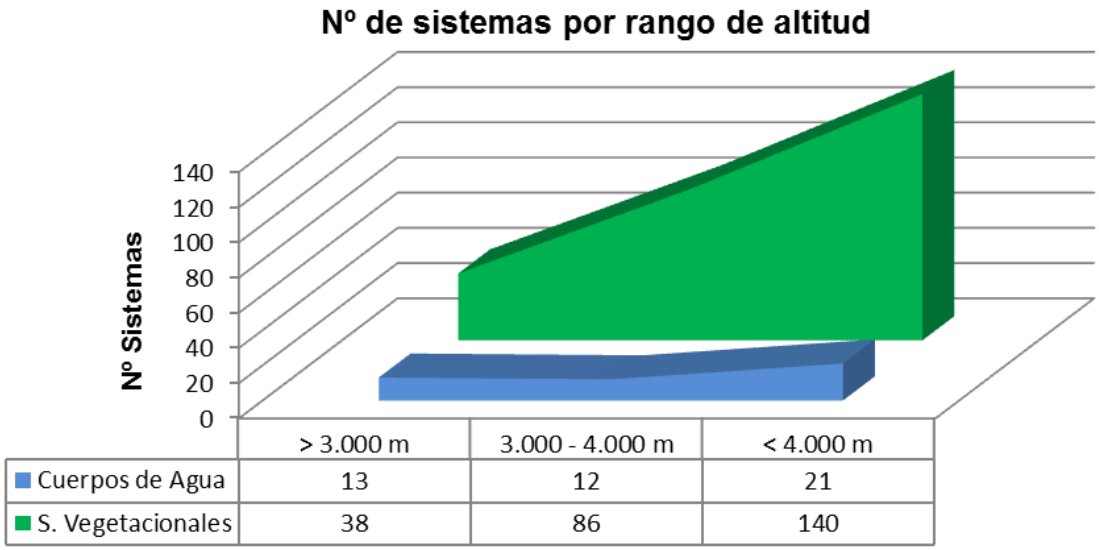


Figura 3.99. Clasificación de Humedales según catastro y rangos altitudinales.

3.5.2.3 Indicador de Superficie de los humedales en estudio (IS)

La estimación de las áreas de los humedales es un aspecto importante para el análisis multicriterio que se desarrollará, definirá la relevancia que tendrá un sistema ubicado a una baja altitud respecto a otro con una diferente posición altitudinal.

Esta estimación se realizó a partir de la información disponible en las bases de datos de los catastros entregados por CIREN – SITHA (vegas y Bofedales) y el MMA (Cuerpos de Agua). En estos, se pudo encontrar información referente al largo y ancho aproximado de las vegas y bofedales, a partir de los cual se calculó un área aproximada, en hectareas. Por otro lado en el caso de los cuerpos de agua, al encontrarse estos en formato Shape se procedió a calcular geométricamente su superficie. A continuación en la Figura 3.100, se ilustra el porcentaje de superficie por componente en estudio.

Folio007848

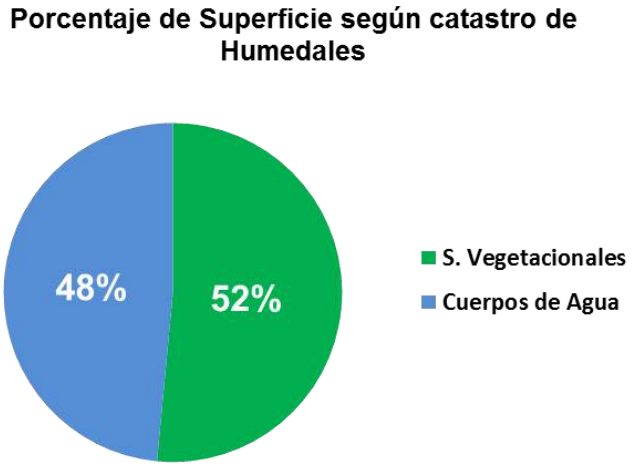


Figura 3.100. Porcentaje de Superficie de Humedales según catastro.

Una vez obtenidas las superficies correspondientes a cada catastro de humedales, se definió un indicador lineal que estuviese en función de la superficie de los humedales. Como hipótesis, se estableció que a menor superficie mayor es la vulnerabilidad del sistema, para el mismo nivel de presiones, por tanto se estimó su relación con la superficie menor y mayor encontrada, con tal de generar un indicador que fuese entre 0 y 1 y que fuese lo más representativo.

3.5.2.4 Determinación de los Vértices Máximos Norte, Sur y Centroides de los Humedales.

Esta tarea se definió solo para el catastro de Cuerpos de Agua (MMA), y su fundamento está basado en facilitar la caracterización geográfica de estos sistemas a partir de radios de búsqueda que serán utilizados en relaciones posteriores. Se definieron los vértices máximos Norte y Sur además de su centroide. A continuación en la Figura 3.101 se muestra el esquema del cuerpo.

Folio007849

Figura 3.101. Esquema de vértices propuestos para el análisis.

3.5.2.5 Indicador de relación de distancia entre Humedales y Comunidades Indígenas (IDHCM).

La relación en distancia de los humedales con las comunidades aledañas, tiene como objetivo determinar un indicador que sea capaz de agrupar la influencia positiva o negativa que pueden generar las comunidades en un sistema. Del mismo modo, se estableció que la cercanía de una comunidad a un sistema, puede generar potencialmente una dependencia, por lo que este tomaría mayor relevancia que uno que este situado más alejado.

Para la realización de este punto, se generó una tabla con las distancia de cada humedal (centroide) a cada comunidad, generando la relación de todos con todos. A partir de este ejercicio, se determinó que a menor distancia mayor debiese ser el indicador, para lo que se invirtío el valor de la distancia dividiendo 1000 (metros) por la distancia resultante. Luego se sumaron estos indicadores por cada humedal, realizando una relación lineal a partir del humedal que obtuvo la mayor sumatoría, generando indicadores que varíen entre 0 y 1. A continuación se presenta en la Figura 3.102 la distribución geográfica de los sistemas según su indicador de cercanía a comunidades indígenas

Folio007850

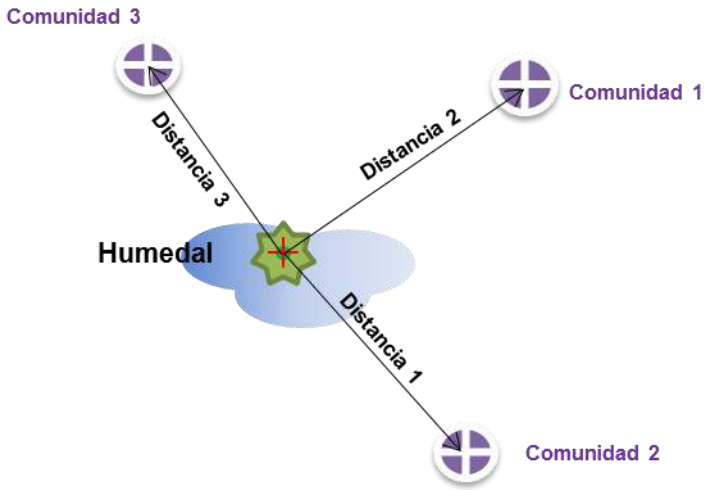


Figura 3.102. Ilustración metodológica de la determinación del indicador IDHCM.

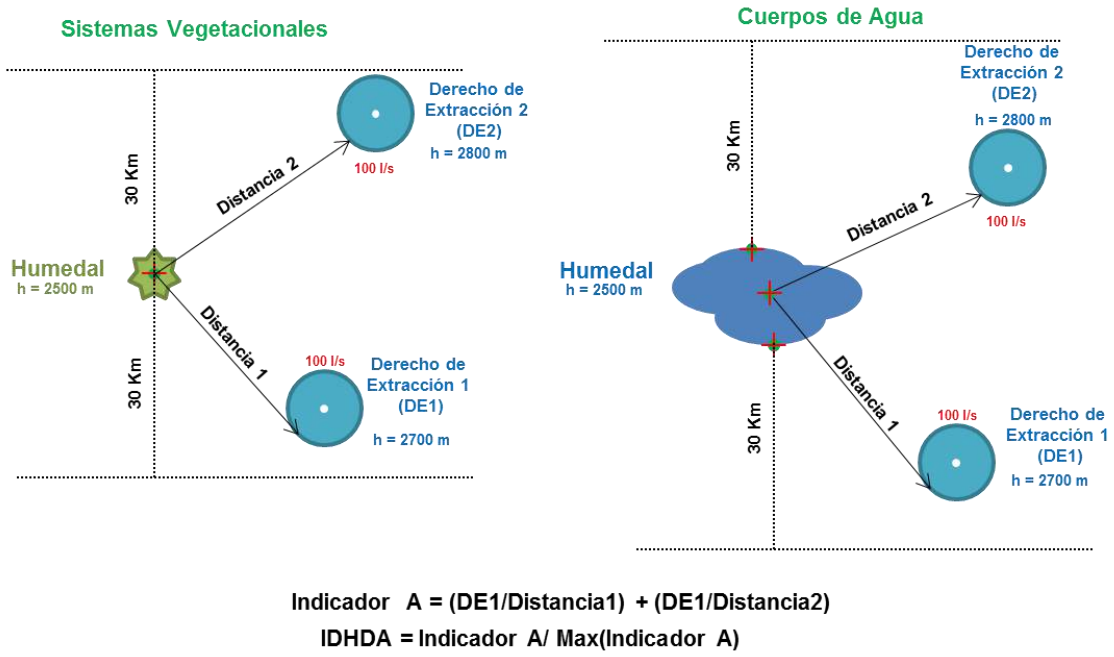
3.5.2.6 Indicador de relación de distancia entre humedales y derechos de agua subterránea y superficial (IDHDA).

Para el caso del indicador de relación de distancia entre los humedales y los derechos de extracción de agua, se determinó como hipótesis que cualquier derecho de extracción de agua que se encuentre por sobre de la cota del humedal puede afectar proporcionalmente dependiendo de su distancia y caudal.

Se distinguieron dos metodologías para este análisis, las que estuvieron diferenciadas por las condiciones geométricas de los humedales, diferenciando las Vegas y Bofedales como elementos puntuales, y los Cuerpos de Agua como elementos poligonales, a los cuales se les determinó sus vértices máximos en latitud (Norte y Este).

Luego de tener estos criterios se implementó un barrido latitudinal que abarcase 30 Km en dirección norte y otros 30 km en dirección sur, obteniendo una banda de búsqueda que permitiese seleccionar aquellos derechos que estuviesen por sobre las cotas de cada humedal, obteniendo una matriz con la distancia de cada derecho a cada centroide del humedal (Analisis Punto a Punto). Este valor permitió asignar el peso que tenía ese derecho dividiendo el caudal de extracción del derecho por su distancia, para luego sumar este valor según humedal (1237,5 l/s/m). Por último y al igual que en el punto anterior, se relacionó linealmente los resultados, con tal de evidenciar un indicador con respecto al mayor indicador obtenido, generando indicadores que estén en un rango de 0 y 1.

Folio007851



Indicador A = (DE1/Distancia1) + (DE1/Distancia2)

IDHDA = Indicador A/ Max(Indicador A)

Figura 3.103. Ilustración metodológica de la determinación del indicador IDHDA.

3.5.2.7 Indicador de relación entre humedales y zonas de pastoreo y bebederos (IHZPB).

La información cartográfica correspondiente a zonas de Pastoreo y Bebederos, fue obtenida de la página web http://sitha.ciren.cl/, perteneciente al proyecto CIREN SITHA, y en base a lo desarrollado tanto en trabajos en terreno como en una recopilación de las fuentes de información pertenecientes a CONADI. Cabe destacar que este organismo colaboró aportando distintas coberturas de información dentro de este proyecto, en el periodo 2009 y 2010, de las que es posible mencionar: Coberturas de información de Faenas Mineras, Áreas de Pastoreo, Tipo de propiedad Indígena, Comunidades, Áreas de Bebederos, Áreas de Desarrollo Indígena (ADI), entre otras.

La relación entre humedales y zonas de pastoreo y bebederos, se definió a partir de la información descargada del proyecto SITHA-CIREN, el cual se basa en lo desarrollado tanto en trabajos en terreno como en una recopilación de las fuentes de información pertenecientes a CONADI, quienes aportaron a ese proyecto: Coberturas de información de Faenas Mineras, Áreas de Pastoreo, Tipo de propiedad Indígena, Comunidades, Áreas de Bebederos, Áreas de Desarrollo Indígena (ADI), entre otras. Así, la relación generada tuvo como objetivo determinar aquellos humedales que estén dentro de las zonas de pastoreo y bebederos definidas en el proyecto SITHA del CIREN. La metodología utilizada fue seleccionar aquellos humedales que en un rango menor a 100m estuviesen relacionados con estas zonas. Se definieron dos rangos: 0 para humedales sin relación y 1 para humedales con pastoreo.

Folio007852

A continuación se presenta en la Figura 3.104 la cantidad de humedales según zona de pastoreo o bebedero, además en la Figura 3.105 se ilustra la distribución geográfica de las zonas de pastoreo en la zona de estudio.

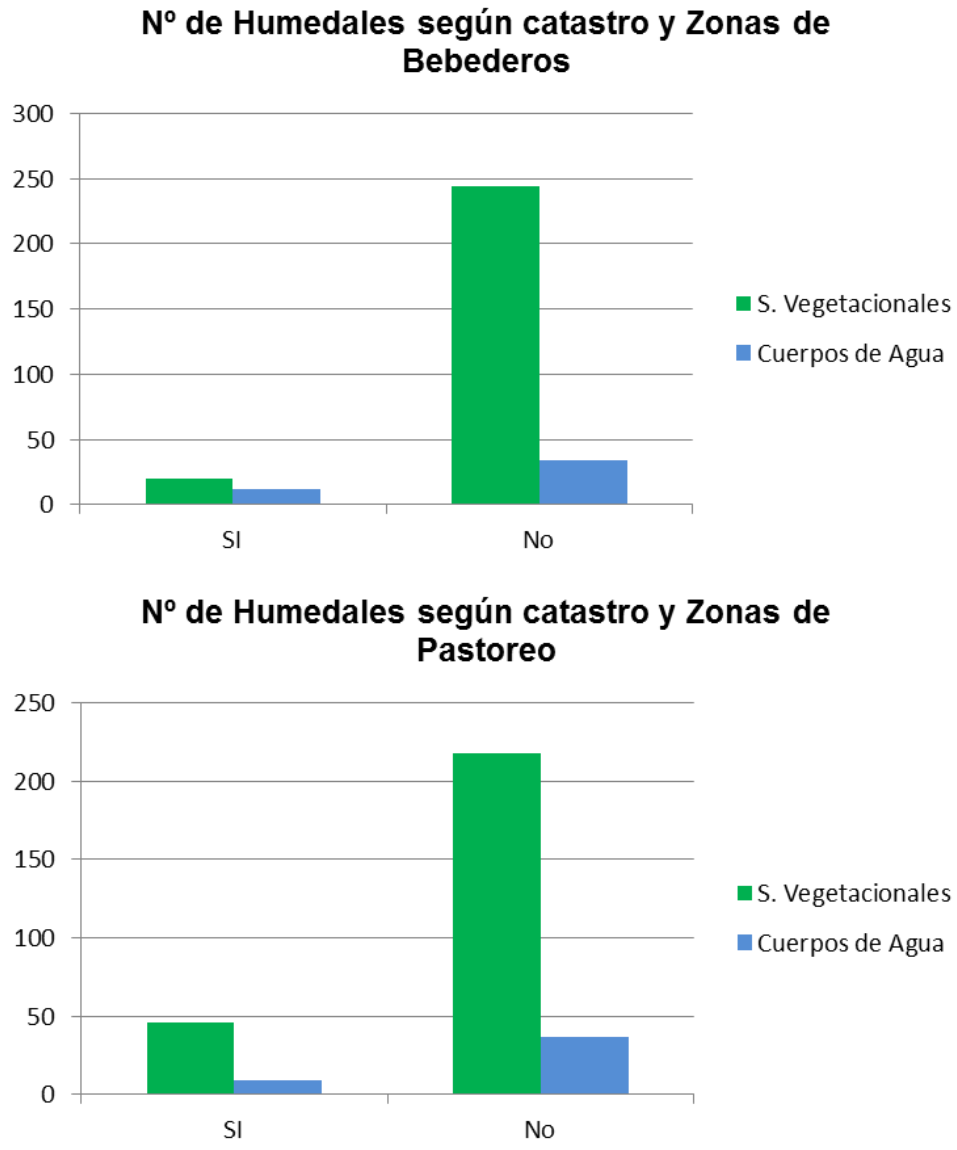


Figura 3.104. Número de humedales según catastro y zonas de pastoreo y bebederos.

Folio007853

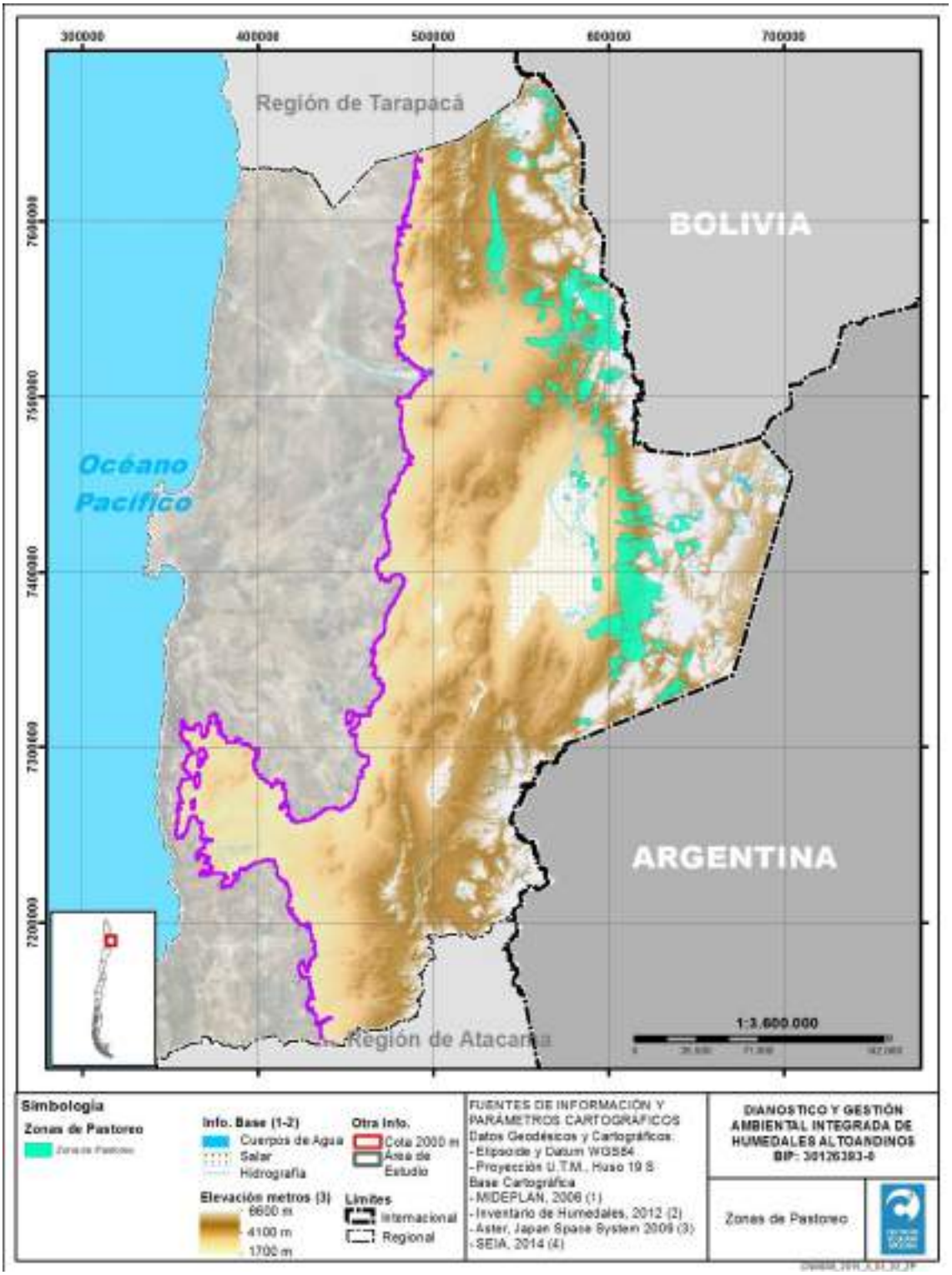


Figura 3.105. Distribución geográfica de Zonas de Pastoreo

Folio007854

3.5.2.8 Indicador de relación entre humedales y zonas de Conservación y/o Protección Ambiental definidas por el MMA (IHZPA)

Al igual que en el punto anterior, se relacionó la totalidad de los humedales catastrados en función de la localización de las zonas de Conservación y/o Protección Ambiental definidas por el Ministerio de Medio Ambiente (SNASPE, Areas Prioritarias de Conservación y Sitios RAMSAR). Se definió cada humedal con un indicador que clasifique aquellos que se encuentren protegidos (Valor 0), de aquellos que no poseen esta característica (Valor 1).

A continuación se presenta en la Figura 3.106 y Figura 3.107 el resumen porcentual de humedales por indicador y su distribución geográfica en la zona de estudio, respectivamente.

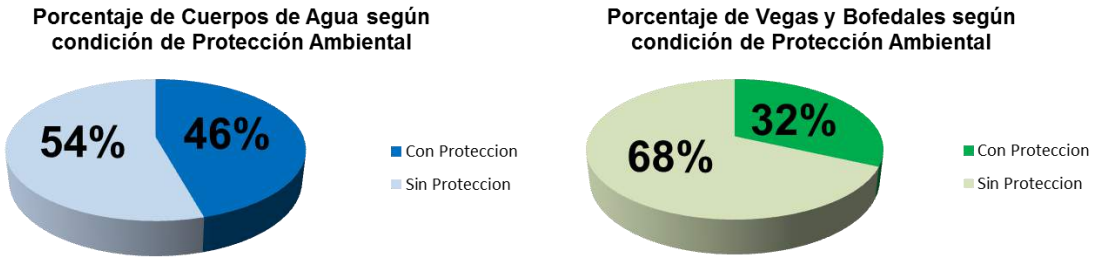


Figura 3.106. Porcentaje de Humedales según condición de Conservación y/o Protección Ambiental y tipo Catastro de Humedales.

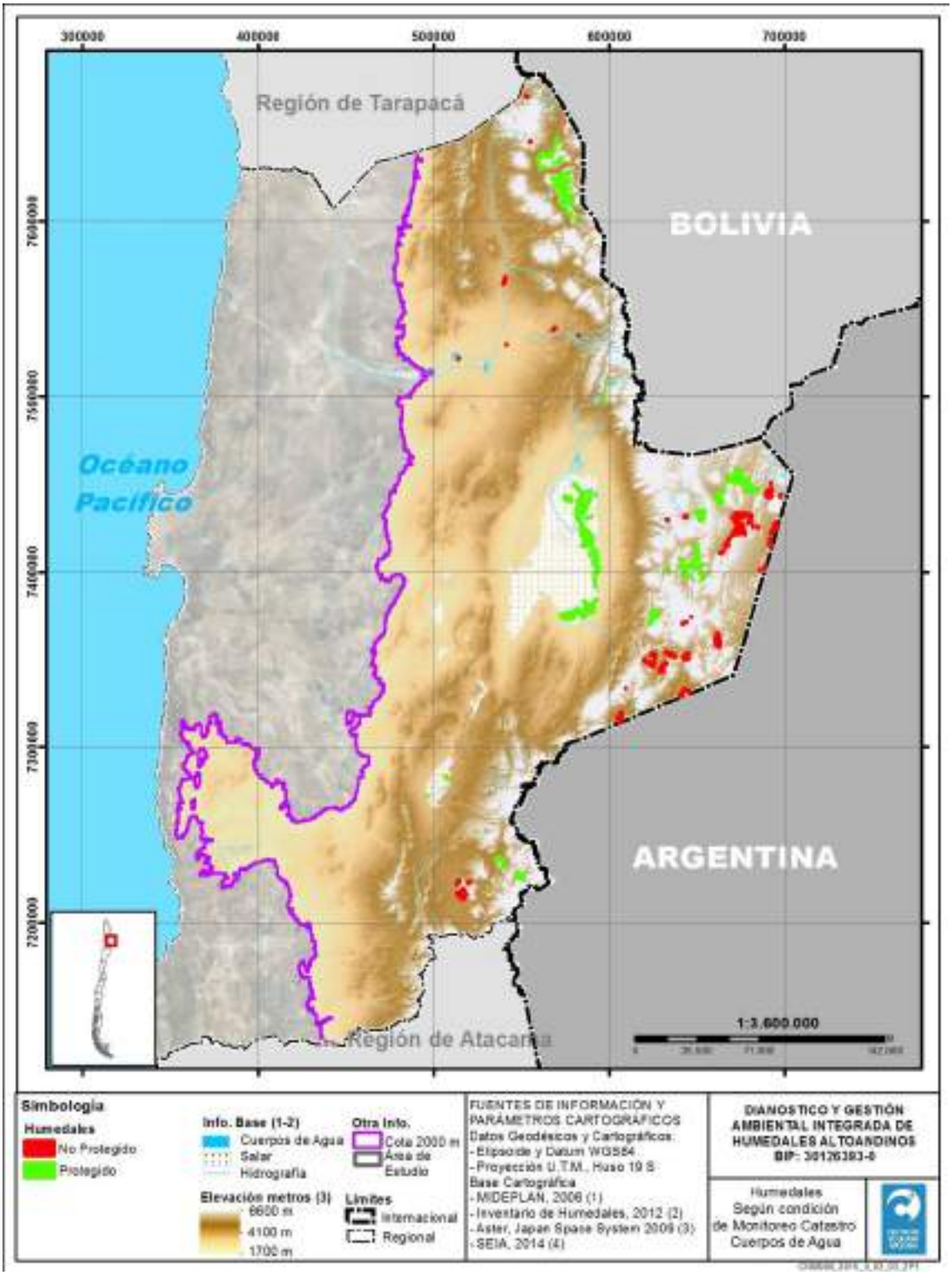


Figura 3.107. Distribución geográfica de humedales según su condición de Conservación y/o Protección Ambiental y Catastro de Cuerpos de Agua, MMA.

Folio007856

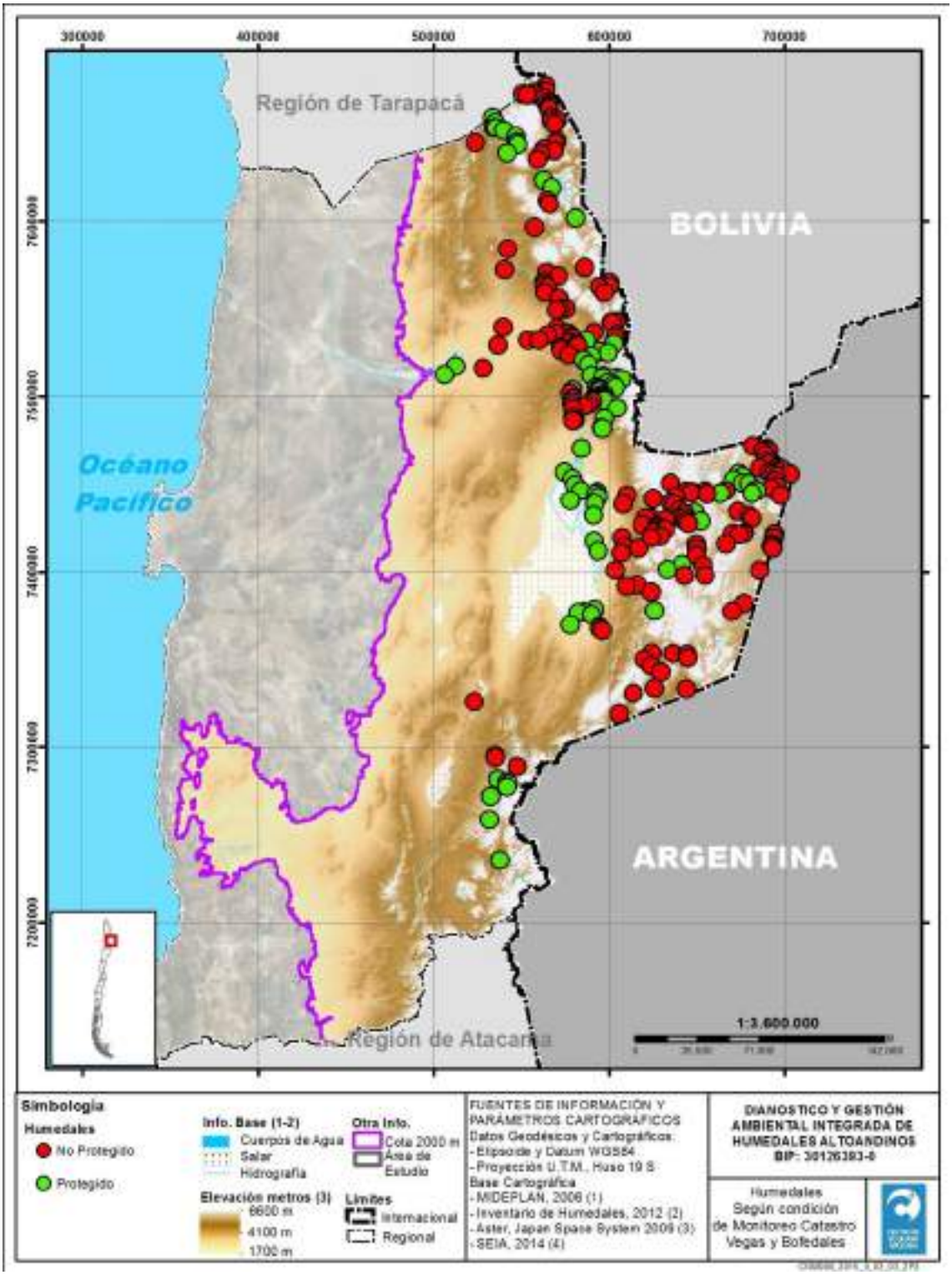


Figura 3.108. Distribución geográfica de humedales según su condición de Conservación y/o Protección Ambiental y Catastro de Vegas y Bofedales, SITHA-CIREN.

Folio007857

3.5.2.9 Indicador general de vulnerabilidad de humedales (IGV)

Luego de desarrollar los indicadores particulares a cada variable definida, se procedió a generar un indicador general que permitiese definir y priorizar los sistemas que presentan mayor grado de vulnerabilidad.

La metodología adoptada, definió un polinomio tal que pudiese definir pesos según variable asociada. Se definieron, (a nivel de propuesta) los siguientes pesos para cada variable:

Tabla 3.25. Distribución de pesos por variable – Análisis Multicriterio.

Jerarquia	Variables	Peso	%
1	IDHDA (Cercaniía a Extracción de Agua)	0,5	50%
2	IDHCM (Cercanía a Comunidades)	0,23	23%
3	IS (Superficie)	0,13	13%
4	IHZP (Zonas de Pastoreo)	0,07	7%
5	IHZB (Zonas de Bebederos)	0,04	4%
6	IHZPA (Zonas de Conservación y/o Protección Ambiental)	0,03	3%
	Total	**1**	**100%**

$$IGV = (0.5 * IDHDA) + (0.23 * IDHCM) + (0.13 * IS) + (0.07 * IHZP) + (0.04 * IHZB) + (0.03 * IHZPA)$$

Figura 3.109. Polinomio de ponderación general de vulnerabildad para humedales (IGV).

Luego de obtenidos los resultados se procedió a clasificar los humedales según el Indicador General de Vulnerabilidad (IGV), evidenciados por las variantes proyectadas en la gráfica de la Figura 3.110. Se proponen los siguientes rangos (Tabla 3.26)

Tabla 3.26. Rangos de Vulnerabilidad según IGV.

Vulnerabilidad	Rangos
Muy Alta	>0,5
Alta	0,5 - 0,4
Media	0,4 - 0,2
Baja	<0,2

Folio007858

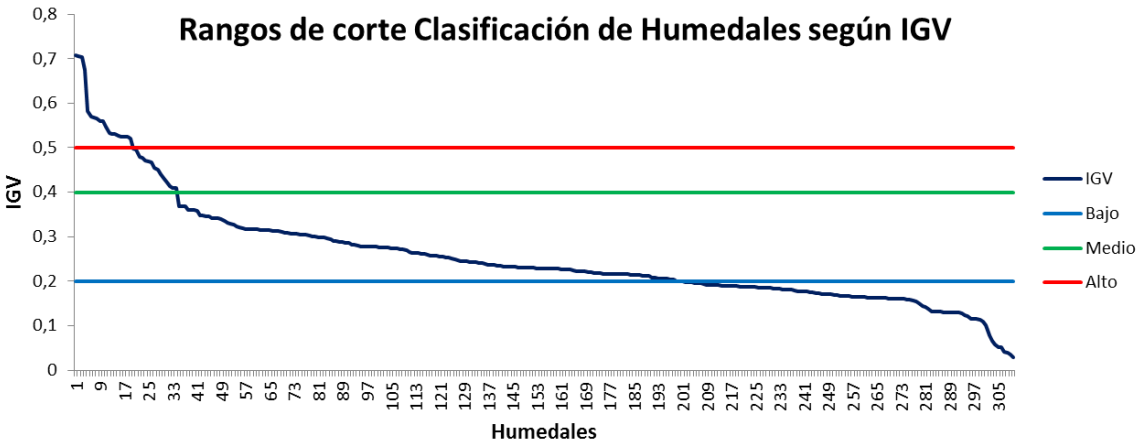


Figura 3.110. Rangos de corte clasificación de humedales según IGV.

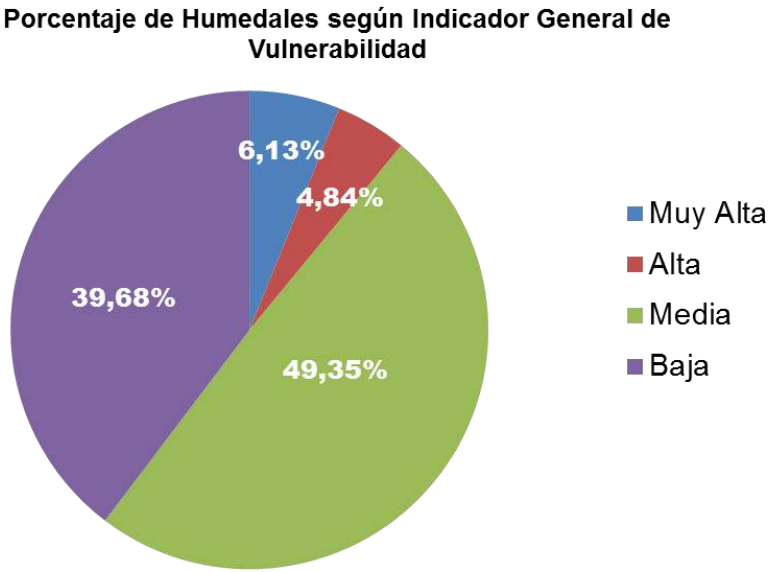


Figura 3.111. Estadistica final de humedales según el Indicador General de Vulnerabildiad.

A continuación se presenta en la Figura 3.112 la distribución geográfica de los humedales según su Indicador General de Vulnerabilidad.

Folio007859

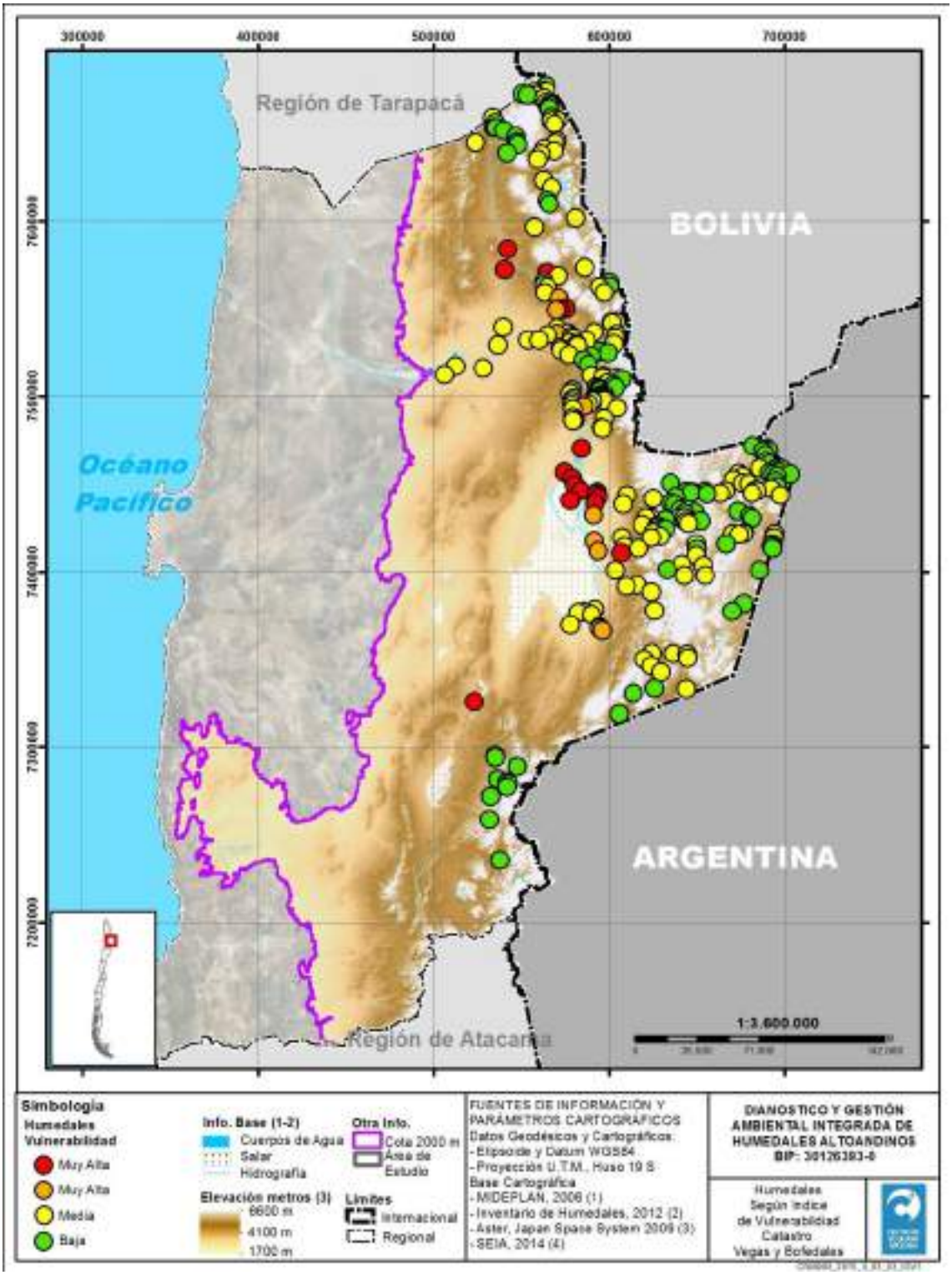


Figura 3.112. Distribución geográfica de humedales según Indicador de Vulnerabildiad y Catastro de Vegas y Bofedales, SITHA-CIREN.

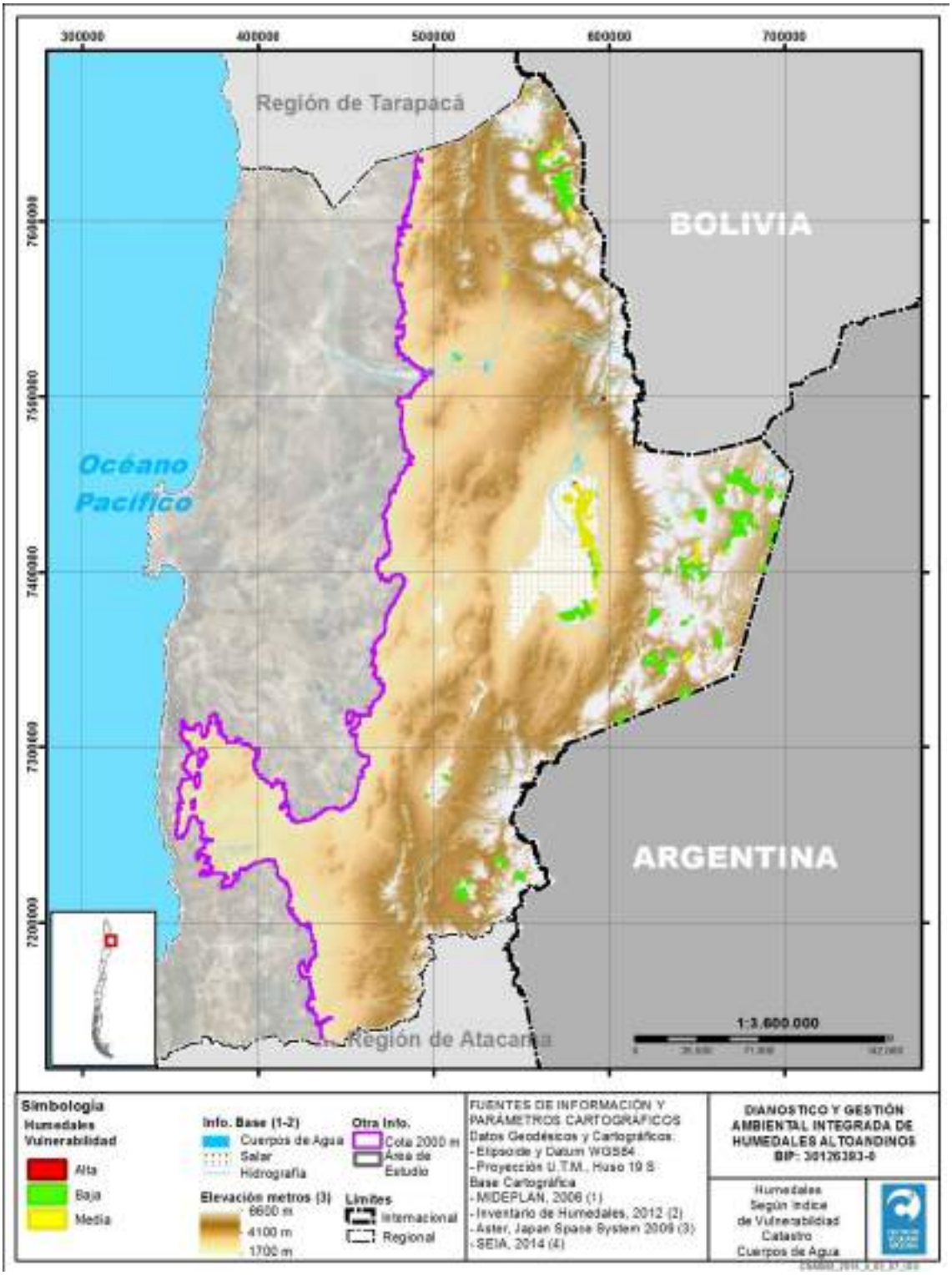


Figura 3.113. Distribución geográfica de humedales según Indicador de Vulnerabildiad y Catastro de Cuerpos de Agua, MMA.

Folio007861

3.5.3 Priorización de humedales según estrategias

En base al trabajo realizado, este capítulo pretende resumir la priorización general de los humedales a partir de las estrategias desarrolladas en los numerales 3.5.1 y 3.5.2, enfocando los resultados para que estos puedan ser parte de dos grandes bases de datos que contengan la información resumida y que permitan agrupar la caracterización final de estos sistemas.

Tabla 3.27. Relación de Indicadores de Variabilidad Histórica e Indice de Vulnerabildiad.

Analisis de Variabilidad Histórica	Indice General de Vulnerabilidad				
	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Total
A la Baja	6	5	57	40	108
Al Alza	11	8	79	52	150
Normal	2	1	6	10	19
Total	19	14	142	102	277

Cabe destacar que la priorización general, esta en base a información efectiva en las dos estrategias, por lo que se descartó del total de humedales (310) un número de 33 sistemas que por razones de importancia (Cuerpos de Agua), superficie o nula área de recurrencia, no presentaban datos en el análisis de recurrencia histórica.

En consecuencia de lo anterior, la clasificación final de humedales definió tres categorías de priorización:

- **Humedales Estables**: Son aquellos Humedales que en su análisis de Recurrencia Histórica muestra una tendencia al Alza y que dentro de sus análisis de Vulnerabilidad estén clasificados Bajos o Medios.

- **Humedales Estables con Presión Antrópica**: Son aquellos Humedales que es su análisis de Recurrencia Histórica muestren una tendencia al Alza, y que dentro de su análisis de vulnerabilidad antrópica estén clasificados como Altos o Muy Altos.

- **Humedales Inestables**: Son aquellos humedales que en sus análisis de Recurrencia Histórica presenten una tendencia a la Baja.

Tabla 3.28. Priorización de Humedales por Categoría.

Resumen Priorización		
Categorias	**Nº**	**%**
Humedal Estable	147	53%
Humedal Estable con Presion Antrópica	22	8%
Humedal Inestable	108	39%
Total	**277**	**100%**

Folio007862

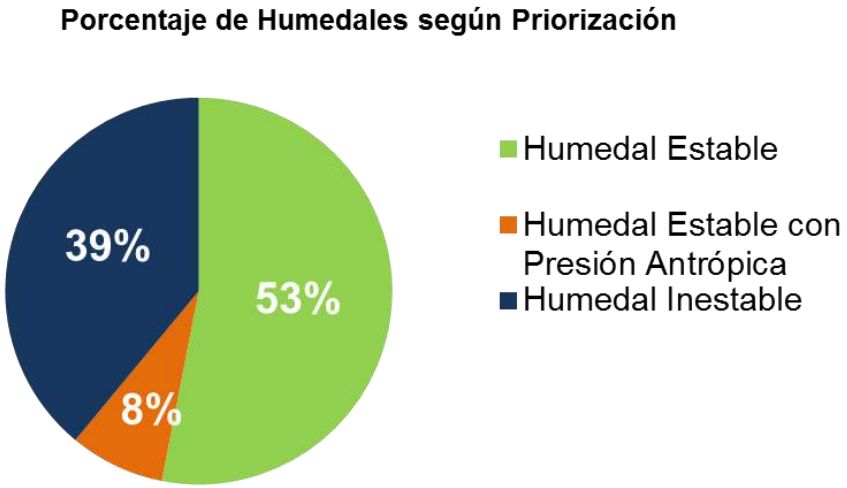


Figura 3.114. Porcentaje de Humedales según estado de priorización.

La distribución geográfica de los humedales se ilustra en las Figura 3.115 y Figura 3.116, además en el Anexo B se resumen las características generales para cada sistema separados por el tipo de catastro.

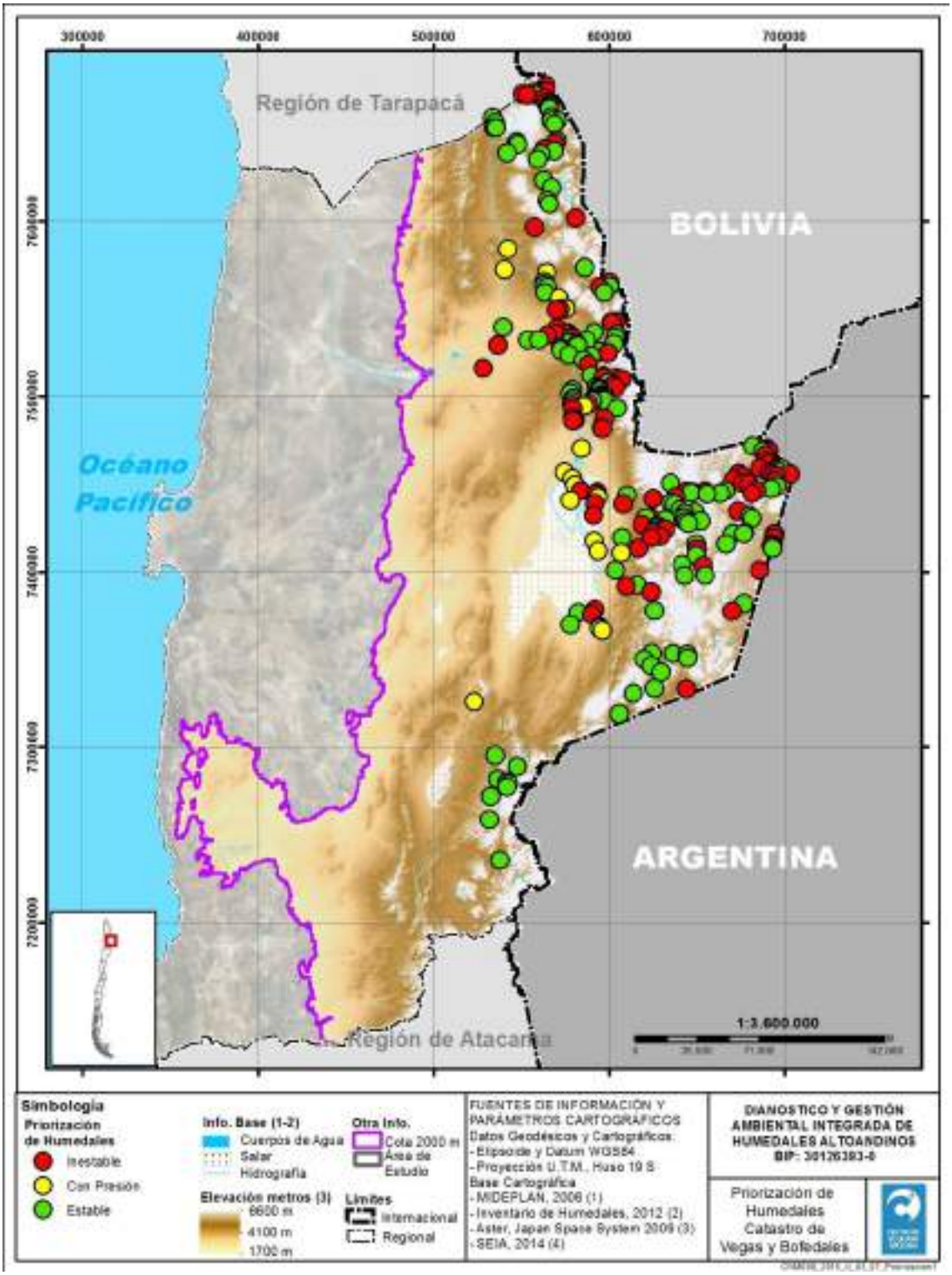


Figura 3.115. Priorización de humedales, catastro de Vegas y Bofedales SITHA-CIREN.

Folio007864

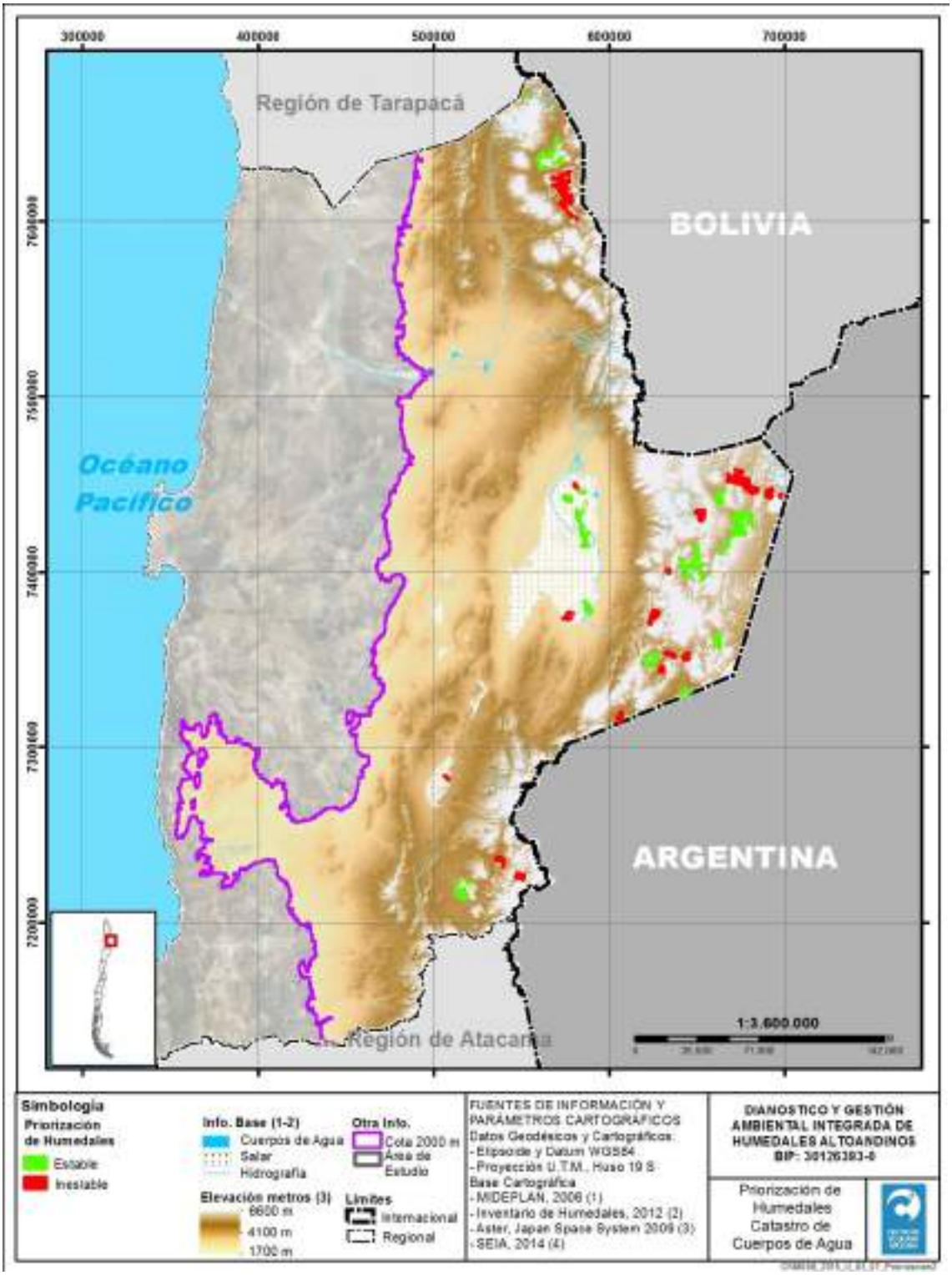


Figura 3.116. Priorización de humedales, catastro de Cuerpos de Agua, MMA

Folio007865

3.5.4 Estado de monitoreo de los humedales en estudio.

El estado de monitoreo de los Humedales en estudio se determinó a partir de los siguientes seis puntos metodológicos:

1. Sistematización de la información entregada por entidades públicas y privadas.
2. Localización de los Puntos de monitoreo informados por las entidades Públicas y Privadas en la zona de estudio.
3. Relación de cercanía (*Near*) entre Puntos de Monitoreo y el catastro de Humedales.
4. Agrupación de los puntos de monitoreo según Sistema, Tipo y Titular encargado del Monitoreo.
5. Definición de Campañas efectivas de monitoreo.
6. Determinación del Estado de los Humedales, según condición de Monitoreo.

El primer punto metododológico, corresponde a la sistematización de la información entregada por las distintas entidades púbilicas y privadas, entre las cuales se encuentran DGA, INIA, SAG y CONAF en el ámbito público. En cuanto a la información de privados, la información corresponde a la de las empresas mineras con compromisos ambientales comprometidos.

El objetivo principal de la sistematización fue la preparación, orden y estructuración de la totalidad de la información proporcionada, de modo de poder proyectarla e integrarla en una plataforma GIS.

Se identificaron 1.357 puntos de monitoreo, los que contaban con la siguiente información: nombre de estación, titular, coordenadas, frecuencia y características generales. La totalidad de esta información es incorporada en el Anexo B (“Anexo B\4.Análisis Geoespaciales\2.Monitoreos”). En la Tabla 3.29 se presenta un resumen de la información existente.

Tabla 3.29. Resumen total de puntos informados por tipo de variable monitoreada.

Monitoreo	Tipo		Total
	Privado	Público	
Biota Acuática	31	7	38
Calidad de Agua	253	22	275
Calidad de Sedimento	31		31
Calidad de Suelo	93		93
Fauna	158		158
Flora y Vegetación	294	8	302
Fluviometría		61	61
Hidrología e Hidrogeología	337		337
Meteorología	26	36	62
Total general	**1223**	**134**	**1357**

Folio007866

Posteriormente, la información fue filtrada de forma tal que se pudiese identificar aquellos punto de monitoreo que estuviesen sobre los 2.000 m.s.n.m, obteniéndose que el 81% de los puntos cumplían con esta condición.

Una vez seleccionados los datos de estudio, se procedió a relacionar punto a punto cada centroides por humedal catastrado (310) contra cada punto de monitoreo. El resultado entregó una matriz que permitió filtrar los datos según dos métodos, para establecer la condición de monitoreado del humedal. El primero método estableció un enfoque en el monitoreo meteorológico, estableciendo un radio de búsqueda desde el centroide del humedal igual a 25 Km. El segundo método, enfocado en el resto de los monitoreos, estableció para el caso de Vegas y Bofedales un radio de 2 Km de búsqueda, y para los Cuerpos de Agua, de 5 Km. El resumen de estos métodos se grafica en la Figura 3.117.

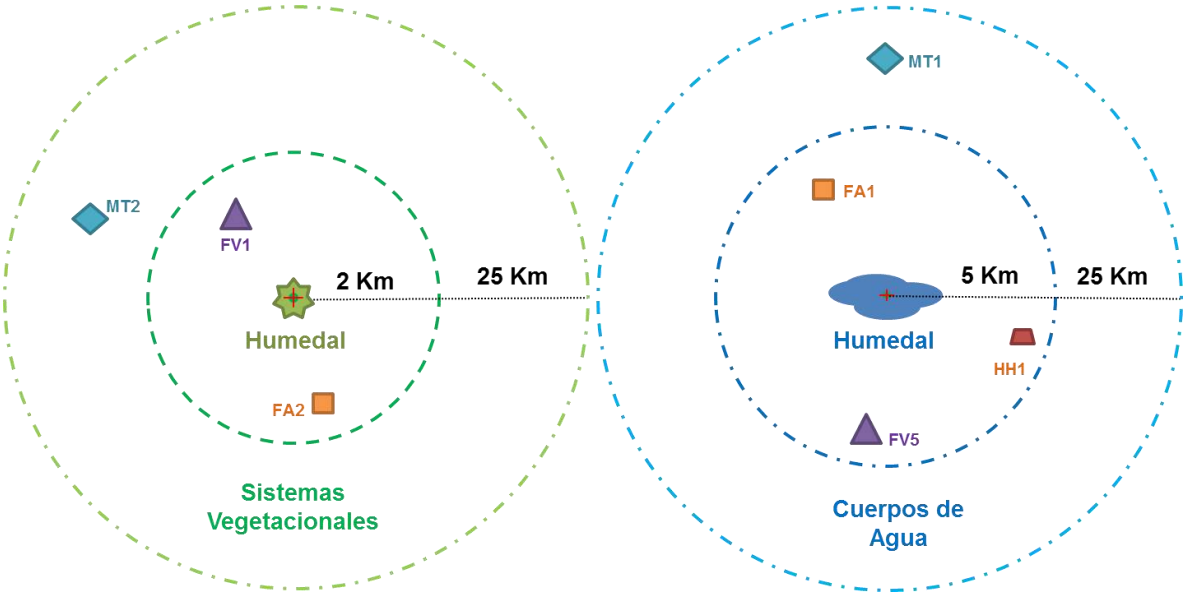


Figura 3.117. Esquema de búsqueda de monitoreo según catastro de humedales.

Además, el resultado de los métodos utilizados permitió evidenciar que el universo de puntos de monitoreo no representaban una campaña completa del monitoreo involucrado, ya que muchos de los puntos de monitoreo se concentraban en un mismo humedal y correspondían a solamente una campaña o grupo de monitoreo. Para revertir esta situación, se eliminaron los datos repetidos por humedal, y según tipo de monitoreo y titular encargado del mismo, dando como resultado una reducción de la información a 205 campañas de monitoreo en diversos temas. Cabe destacar que los datos pertenecientes a estaciones de meteorología y fluviometría no se incluyeron en este análisis, dada su condición de monitoreo regional o de mayor escala.

El resumen final de campañas de monitoreo efectivas identificadas y de los puntos de monitoreo de Meteorología y Fluviometría, dio un total de 205, situación que se detalla en la Tabla 3.30, y en la cual se desglosan los tipos de monitoreos asociados.

Folio007867

Consecutivamente, el resultado de los métodos utilizados permitió evidenciar que el universo de puntos de monitoreo no representaban realmente una campaña tipo, ya que muchos de estos, se concentraban en un mismo humedal, con el mismo tipo de monitoreo y con un mismo titular asociado.

Como medida para revertir esta situación, se quitaron los datos duplicados por Humedal, Tipo y titular encargado del monitoreo, dando como resultado una reducción de la información a 205 campañas. Cabe destacar que los datos pertenecientes a estaciones de meteorología y fluviometría, no se incluyeron en este análisis, dada su condición de monitoreo regional o de mayor escala.

El resumen final de campañas de monitoreo efectivas identificadas, y de los puntos de monitoreo de Meteorología y Fluviometría, dio un total de 205. El resumen de los monitoreos se detalla en la Tabla 3.30, indicándose el desglose por tipo de monitoreo.

Tabla 3.30. Resumen Total de campañas de monitoreo por tipo.

Tipo Monitoreo	Nº Campañas
Biota Acuática	14
Calidad de Agua	30
Calidad de Sedimento	7
Calidad de Suelo	6
Fauna	9
Flora y Vegetación	13
Hidrología e Hidrogeología	12
Fluviometría	61
Meteorología	53
Total	**205**

Finalmente como último punto metodológico, y una vez relacionadas las campañas de monitoreo con los humedales catastrados, se determinó la condición de monitoreo para los sistemas estudiados. La estadística final de los sistemas concluyó que de un total de 310 Humedales (SITHA-CIREN) el 56% de estos presentan al menos un monitoreo asociado, situación que se ilustra en el gráfico de la Figura 3.118 y en las cartografías de las Figura 3.119 y Figura 3.120.

Folio007868

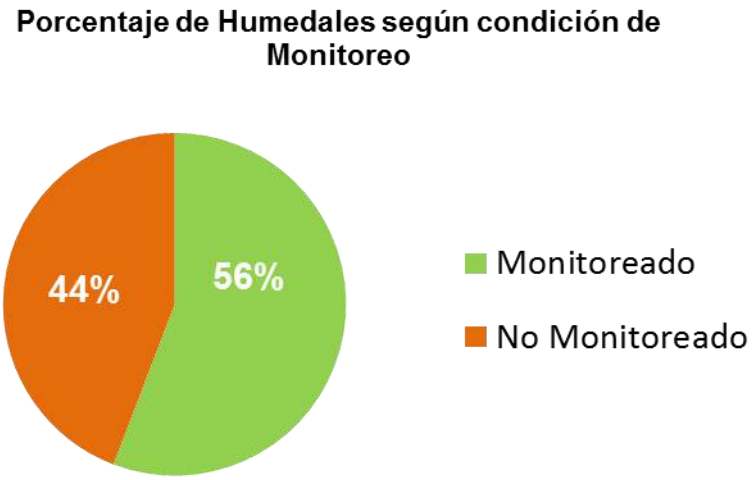


Figura 3.118. Porcentaje Total de Humedales en condición de Monitoreo.

Folio007869

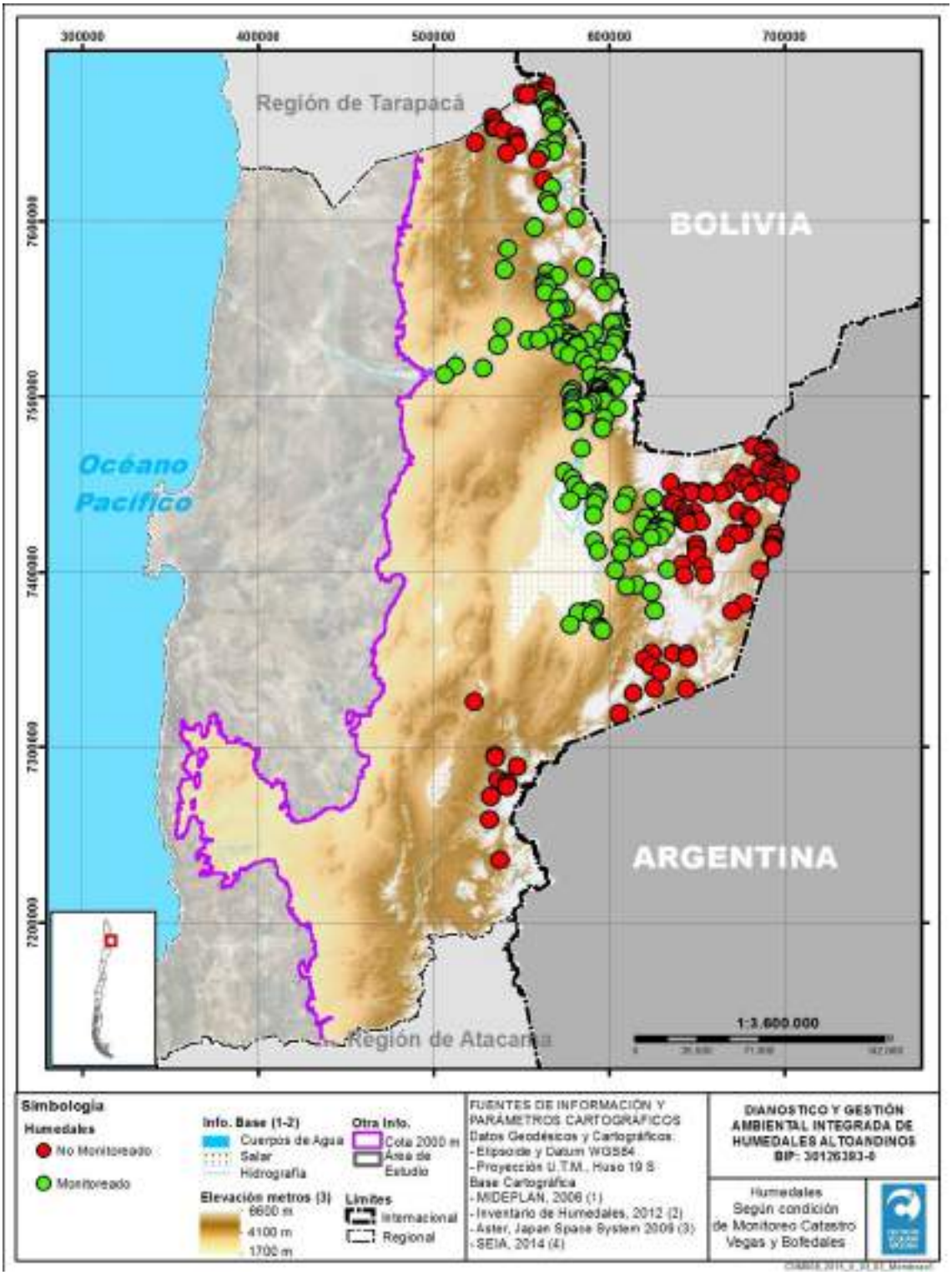


Figura 3.119. Distribución de humedales según condición de monitoreo y Catastro de Vegas y Bofedales, SITHA-CIREN.

Folio007870

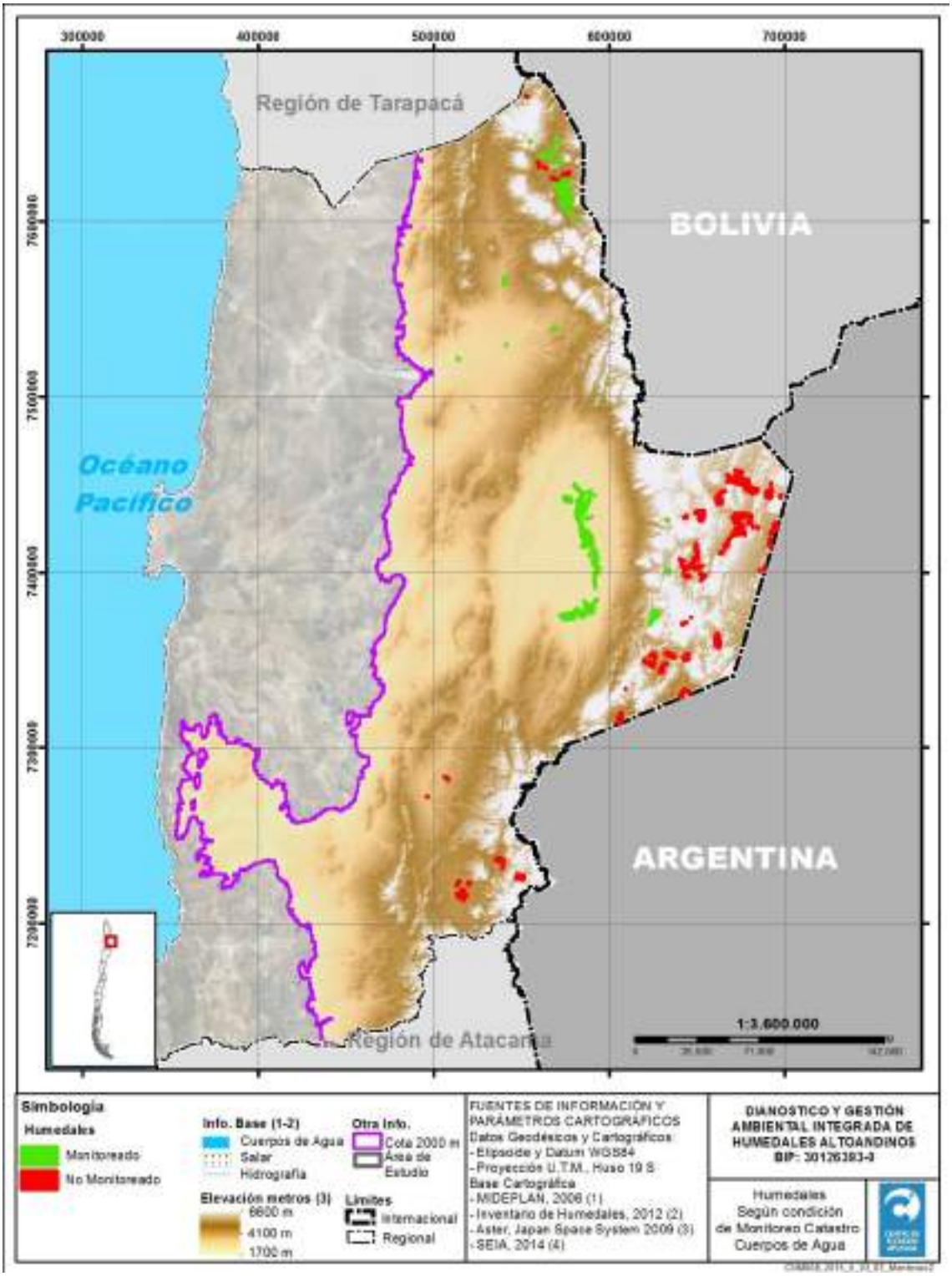


Figura 3.120. Distribución de humedales según condición de monitoreo y Catastro de Cuerpos de Agua, MMA.

.

Folio007871

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO

Folio007872

4 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO

A partir de la caracterización de los humedales en el área de estudio presentado en el capítulo anterior, es posible conceptualizar los sistemas de humedales altoandinos como sistemas compuestos por dos compartimientos principales. Por una parte se tiene la laguna terminal o salar, que generalmente se ubica en el centro del humedal (ver fotos Figura 4.1), y por otra, se tiene un sistema de quebradas con vegas y bofedales que envuelven el perímetro del humedal (ver fotos Figura 4.2). Como se mostró también en los esquemas conceptuales del capítulo anterior, los parámetros que modulan estos sistemas de humedales se pueden separar jerárquicamente entre físicos, químicos y biológicos, permitiéndonos así conceptualizar la propuesta de monitoreo a nivel sitio específico.

Figura 4.1. Fotos de sistemas de lagunas terminales o salares generalmente ubicados en el centro del humedal.

Folio007873

Figura 4.2. Fotos de los sistemas quebradas, vegas y bofedales que generalmente envuelven el perímetro del humedal.

4.1 ESTRUCTURA DEL PLAN DE MONITOREO

En el primer nivel jerárquico de la propuesta de plan de monitoreo a escala de humedal presentado en el esquema conceptual (Figura 3.3 y Figura 3.4) se identifican los parámetros físicos, los cuales están representados por parámetros hidrológicos e hidrogeológicos, meteorológicos y de suelos. A grandes rasgos se requiere estimar caudales de aguas superficiales, profundidad de niveles freáticos, medición de alturas de cuerpos de agua y tamaño de los mismos, registro de datos meteorológicos como, temperatura y humedad atmosférica; magnitud y dirección del viento; radiación solar; y precipitación sólida y líquida. Desde la perspectiva de los suelos, se requiere su caracterización y el monitoreo discontinuo o continuo de su humedad, temperatura y CE.

En el segundo nivel jerárquico de la propuesta de plan de monitoreo se identifican los parámetros químicos, los cuales se asocian a la calidad de cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos, como también la calidad de los sedimentos de los salares y de la calidad de suelos asociados a los sistemas vegetacionales.

Folio007874

Finalmente, en el tercer y último nivel jerárquico de la propuesta de plan de monitoreo se identifican los parámetros biológicos. Estos incluyen biota acuática, tapetes microbianos, fauna y flora y vegetación, aplicado a cuerpos de agua o sistemas vegetacionales, según corresponda. En el caso de los salares quedan representados principalmente por los tapetes microbianos dado que son el sistema pilar de la trama trófica en los ecosistemas de lagunas terminales.

La estructura del plan de monitoreo se describe en la Tabla 4.3, donde se indican en forma de matriz de detalle, los parámetros propuestos, la frecuencia de monitoreo disponible, el tipo de registro de los datos y el tipo de sistema al que aplica.

Por otra parte, dado que los sistemas vegetacionales o de cuerpos de agua fueron agrupados en tres categorías, Inestables, Estables con presión y Estables, se asoció esta condición de estado del sistema al tipo de monitoreo y los componentes comunes asociados. De esta forma, la Tabla 4.4 muestra una propuesta de aplicación del monitoreo asociado al estado del sistema, indicando la frecuencia de captura de datos y la metodología para su adquisición.

Se debe indicar que la propuesta de monitoreo no incluye modificaciones asociadas a la red de mediciones fluviométricas de la DGA. Respecto a la meteorología, se hizo un análisis comparativo entre el número de estaciones equivalentes (que incluyeran un número y tipo de sensores similar) para diversos territorios y sus superficies. Los resultados de ese análisis se muestran en la Tabla 4.1, donde se observa que, en términos de densidad de estaciones, los territorios de Nueva Zelanda y el área de estudio (Sección sobre los 2.000 m.s.n.m. de la Región de Antofagasta) pueden compararse entre sí. La Figura 4.3 muestra este análisis en forma gráfica, donde además puede observarse la distribución espacial de la red de estaciones.

Tabla 4.1. Comparación de la cobertura meteorológica existente en el Área de Estudio respecto de la existente en Nueva Zelanda (país referencial por similitud en su geografía).

Característica	Red de Nueva Zelanda		Red existente en Zona de Estudio	
Superficie territorio	268.021	**km^2**	76.769	**km^2**
Nº Estaciones Meteorológicas	98	**Unidades**	19	**Unidades**
Cobertura proporcional por Estación	**2734,91**	**km^2/Estación**	**4040,47**	**km^2/Estación**
Relación de cobertura meteorológica (Área de Estudio/N.Z.)	**1,48**			

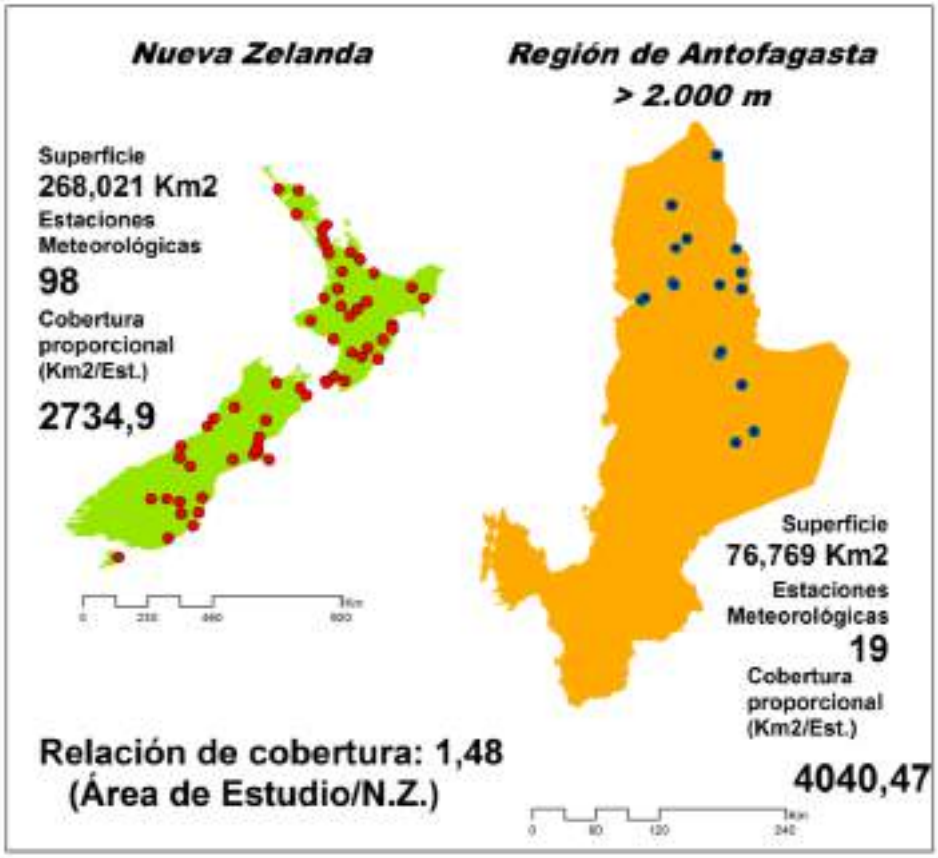


Figura 4.3. Comparación de la cobertura de estaciones meteorológicas existentes en la zona de estudio (sobre los 2000 m.s.n.m. en la región de Antofagasta) respecto de Nueva Zelanda.

Cabe señalar que la densidad de estaciones parece apropiada para el área de estudio tal como fue indicado en informe del “Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta”, realizado por Arrau Ingeniería, en 2012, pero al revisar las estaciones que cuentan con la medición de todas las variables meteorológicas se constata que la distribución espacial de ellas es inadecuada para una caracterización general. Se aprecia también una concentración de estaciones en la zona norte y centro de la zona, además de que existe una duplicidad de monitoreo en algunos sitios (estaciones DGA e INIA muy cercanas). Es por ello que se recomienda realizar un análisis de los requerimientos de cobertura de información meteorológica necesarias para una completa caracterización del territorio, usando estrategias como caracterizar correctamente el cambio altitudinal lo cual ayudaría a posibles alertas tempranas de aluviones, y rastreo de eventos extremos. Por otra parte, extender la cobertura hacia el sur de la región parece adecuado, de forma tal de mejorar la caracterización general del área.

Las siglas a utilizar para cada variable en las secciones siguientes, se explican en la Tabla 4.2.

Folio007876

Tabla 4.2. Definición de siglas utilizadas.

Variable	Codificación
Precipitación diaria	***Ppd***
Temperaturas diarias Extremas	***TdE***
Temperaturas diarias en horas Sinópticas	***TdhS***
Humedad Relativa diaria Extrema	***HRdE***
Humedad Relativa diaria en horas Sinópticas	***HRdhS***
Evaporación y recorrido del Viento diario	***ERVd***
Velocidad y Dirección del Viento diarias en horas Sinópticas	***VDVdhS***
Velocidad media diaria del Viento	***VmdV***
Horas de Sol diaria	***HSd***
Nubosidad diaria en horas Sinópticas	***NdhS***
Temperatura (agua o aire)	***Temp***
Conductividad eléctrica	***C.E.***
Oxígeno disuelto	***O.D.***
Caudal medio diario	***Qmd***
Material particulado	***MP***

Folio007877

Tabla 4.3. Parámetros físicos, químicos y biológicos contemplados en el Plan de Monitoreo.

Contened.	ID Monitoreo	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Frecuencias disponibles	Disponibilidad de la Información/Método	Tipo de sistema
Físico	**1**	**Hidrología e Hidrogeología**	Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	Continuo	Terreno / Transmitida	Cuerpo de Agua
			Aforos puntuales en Aguas Superficiales	Diario a Anual	Local	Cuerpo de Agua
			Medición de nivel freático	Continuo, Diario a Anual	Terreno / Transmitida	Cuerpo de Agua/Sistema Vegetacional
			Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua	Continuo, Diario a Anual	Terreno / Transmitida	Cuerpo de Agua
			Medición de terreno del espejo de agua	Mensual a Anual	Terreno	Cuerpo de Agua
			Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Mensual a Anual	Indirecto	Cuerpo de Agua
	2	**Meteorología**	Parcial - Ppd, TdE, TdE	Continuo	Terreno / Transmitida	Cuerpo de Agua
			Información completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS	Continuo	Terreno / Transmitida	General
	3	**Suelos**	Densidad aparente, profundidad, color (In-situ y laboratorio)	Semestral a Anual	Terreno	Sistema Vegetacional
			Monitoreo continuo de humedad y C.E.	Continuo	Terreno / Transmitida	Sistema Vegetacional
Químico	**4**	**Calidad de Agua**	Superficial	Semanal a Anual	Terreno	-
			Subterránea	Semanal a Anual	Terreno	-
			Temp., C.E.	Continuo	Transmitida	Cuerpo de Agua
			Temp., pH, O.D., C.E., Potencial Redox (In-situ)	Continuo, Diario a Estacional	Terreno / Transmitida	Cuerpo de Agua
	5	**Calidad de**	Calidad de sedimentos	-	-	-

Contened.	ID Monitoreo	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Frecuencias disponibles	Disponibilidad de la Información/Método	Tipo de sistema
		Sedimentos	Medición de Potencial Redox, pH, C.E.	Mensual a Anual	Terreno	Cuerpo de Agua
	6	**Calidad de Suelos**	Calidad de suelos	-	-	Sistema Vegetacional
			Materia orgánica, nutrientes, C.E., pH	Semestral a Anual	Terreno	Sistema Vegetacional
	7	**Calidad del Aire**	MP-10, MP-2,5, MPS, MPTotal	-	-	-
Biológico	**8**	**Biota Acuática**	Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	-	-	Cuerpo de Agua
			Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Semestral a Anual	Terreno	Cuerpo de Agua
	9	**Tapete Microbiano**	Tapete B3: Identificación	Semestral a Anual	Terreno	Cuerpo de Agua
			Tapete B4: Fotografía microscópica, pigmentos, mineralogía	Semestral a Anual	Terreno	Cuerpo de Agua
	10	**Fauna**	Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	Trimestral a Anual	Terreno	-
			Fauna B5: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	Trimestral a Anual	Terreno	Sistema Vegetacional
	11	**Flora y Vegetación**	Transectos, cobertura, análisis particular de individuos/especies	Trimestral a Anual	Terreno	Sistema Vegetacional
			Flora B6: Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Semestral a Anual	Indirecto	Sistema Vegetacional
			Flora B7: Determinación de área de cobertura en terreno (levantamiento)	Trimestral a Anual	Terreno	Sistema Vegetacional
			Flora B8: Transectos con riqueza y abundancia	Trimestral a Anual	Terreno	Sistema Vegetacional

Folio007879

Tabla 4.4. Propuesta de aplicación del monitoreo según estado del sistema, identificándose la frecuencia y metodología de adquisición.

Contened.	ID Monitoreo	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Frecuencias disponibles	Disponibilidad de la Información/Método	Tipo de sistema
Físico	**1**	**Hidrología e Hidrogeología**	Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	-	-	-
			Aforos puntuales en Aguas Superficiales	-	-	-
			Medición de nivel freático	Estable con Presiones/Inestable	Continuo	Transmitido
			Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua	Estable con Presiones/Inestable	Continuo	Transmitido
			Medición de terreno del espejo de agua	Inestable	Semestral	Terreno
			Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Estable/Estable con Presiones/Inestable	Anual	Indirecto
	2	**Meteorología**	Parcial - Ppd, TdE, TdE	-	-	-
			Información completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS	General	Continuo	Transmitido
	3	**Suelos**	Densidad aparente, profundidad, color (In-situ y laboratorio)	Inestable	Semestral	Terreno
			Monitoreo continuo de humedad y C.E.	Inestable	Continuo	Transmitido
Químico	**4**	**Calidad de Agua**	Superficial	-	-	-
			Subterránea	-	-	-
			Temp., C.E.	Estable con Presiones/Inestable	Continuo	Transmitido
			Temp., pH, O.D., C.E., Potencial Redox (In-situ)	Inestable	Semestral	Terreno

Folio007880

Contened.	ID Monitoreo	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Frecuencias disponibles	Disponibilidad de la Información/Método	Tipo de sistema
	5	**Calidad de Sedimentos**	Calidad de sedimentos	-	-	-
			Medición de Potencial Redox, pH, C.E.	Inestable	Semestral	Terreno
	6	**Calidad de Suelos**	Calidad de suelos	-	-	-
			Materia orgánica, nutrientes, C.E., pH	Inestable	Anual	Terreno
	7	**Calidad del Aire**	MP-10, MP-2,5, MPS, MPTotal	-	-	-
Biológico	**8**	**Biota Acuática**	Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Estable con Presiones	Anual	Terreno
			Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Inestable	Semestral	Terreno
	9	**Tapete Microbiano**	Tapete B3: Identificación	Estable con Presiones	Anual	Terreno
			Tapete B4: Fotografía microscópica, pigmentos, mineralogía	Inestable	Semestral	Terreno
	10	**Fauna**	Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	-	-	-
			Fauna B5: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	Inestable	Anual	Terreno
	11	**Flora y Vegetación**	Transectos, cobertura, análisis particular de individuos/especies	-	-	-
			Flora B6: Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Estable/Estable con Presiones/Inestable	Anual	Indirecto
			Flora B7: Determinación de área de cobertura en terreno (levantamiento)	Inestable	Trimestral	Terreno
			Flora B8: Transectos con riqueza y abundancia	Inestable	Trimestral	Terreno

Folio007881

La propuesta de monitoreo considera tres niveles, los cuales están relacionados con la condición ecológica diagnosticada de cada sistema. Estos corresponden a:

Monitoreo básico: Corresponde a un grupo de mediciones u observaciones de variables de estado que definen el funcionamiento ecosistémico de un sistema hidrobiológico terrestre, aplicable a sistemas no conocidos o en estado natural, con fines de diagnosticar su condición ecológica.

Monitoreo Intermedio: Corresponde a un grupo de mediciones u observaciones de variables de estado que definen el funcionamiento ecosistémico de un sistema hidrobiológico terrestre, aplicable a sistemas ecológicamente estables, pero que se encuentran sometidos a presiones antropogénicas de diversa magnitud, aunque sin aparentar un daño ambiental evidente.

Monitoreo Avanzado: Corresponde a un grupo de mediciones u observaciones de variables de estado que definen el funcionamiento ecosistémico de un sistema hidrobiológico terrestre, aplicable a sistemas ecológicamente inestables, con historia de presiones antropogénicas y daño ambiental, desde grado incipiente a severo. Normalmente este monitoreo permite evaluar el impacto de un plan de restauración ecológica.

Los tres niveles indicados se corresponden con la condición ecológica del sistema (vegetacional o cuerpo de agua), previamente diagnosticada, como se puede apreciar en la Tabla 4.5, donde adicionalmente se indican los componentes más comunes de cada nivel. En la medida de que un sistema cambia de condición ecológica, cambia de nivel de monitoreo, donde lo más significativo es que cambia el componente a monitorear (se agregan nuevos componentes) y normalmente, cambia la frecuencia de registro de información.

Tabla 4.5. Grupo de monitoreos asociados a los humedales altoandinos según tipo de sistema y estado.

Tipo de sistema	Estado del sistema	Nivel de Monitoreo	Contenedores	Componentes comunes
Cuerpos de Agua	**Estable**	**Básico**	Físico	Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)
				Información completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS
	Estable con presiones	**Intermedio**	Físico	Medición de nivel freático
				Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua
				Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)
				Información completa: Full - Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS
			Químico	Temp., C.E.
			Biológico	Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces
				Identificación
	Inestable	**Avanzado**	Físico	Medición de nivel freático
				Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua
				Medición de terreno del espejo de agua
				Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)
				Información completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS
			Químico	Temp., C.E.
				Temp., pH, O.D., C.E., Potencial Redox (In-situ)
				Medición de Potencial Redox, pH, C.E.
			Biológico	Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces
				Fotografía microscópica, pigmentos, mineralogía
Sistema Vegetacional	**Estable**	**Básico**	Físico	Información completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS
			Biológico	Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)
	Estable con presiones	**Intermedio**	Físico	Hidro F1: Medición de nivel freático
				Información completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS

Tipo de sistema	Estado del sistema	Nivel de Monitoreo	Contenedores	Componentes comunes
			Biológico	Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)
	Inestable	**Avanzado**	Físico	Medición de nivel freático
				Información completa: Full - Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS
				Densidad aparente, profundidad, color (In-situ y laboratorio)
				Monitoreo continuo de humedad y C.E.
			Químico	Materia orgánica, nutrientes, C.E., pH
			Biológico	Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos
				Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)
				Determinación de área de cobertura en terreno (levantamiento)
				Transectos con riqueza y abundancia

Folio007884

4.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS COMPONENTES DEL PLAN DE MONITOREO

Cada una de los componentes incluidos en el plan de monitoreo propuesto, y que fue mostrado anteriormente, fue evaluado económicamente. Para ello se realizó un análisis de los costos asociados a la implementación del monitoreo diferenciando de forma clara los costos asociados a las inversiones requeridas para la ejecución, los costos de la implementación en terreno, los costos asociados a la obtención de la información del monitoreo y los costos de mantención de las partes y/o estructuras requeridas en el monitoreo. Así, se consideró que la implementación inicial e inversiones sería posible de realizarlas en 1 año, tras lo cual los costos asociados a esta implementación se ven reducidos a la mantención de equipos y realización de campañas puntuales. Por lo anterior, al primer año de implementación e inversiones se denominará “1er año”, y al resto de los años siguientes “Otros Años”.

Además, se realizó una estimación aproximada de los gastos actuales realizados en la Región por concepto de monitoreos. Los monitoreos fueron integrados según tipo y metodologías generándose una matriz de costos aproximada, y que en algunos casos, integró varios niveles de monitoreo. Es por ello que los costos estimados para estos monitoreos, fue realizado considerando un monitoreo tipo.

En cuanto a la valoración de cada monitoreo, se realizó una diferenciación entre lo existente y lo propuesto, debido a que se considera que en la actualidad los titulares requieren de la contratación de los servicios profesionales de terceros los que, en general, no se encuentran instalados en la Región, teniéndose mayores costos por los conceptos de movilización y viáticos. En el caso de los monitoreos propuestos, los valores presentados consideran que gran parte de las actividades serían desarrolladas por personal de la institucionalidad a cargo de la ejecución del plan de monitoreo, por lo que no se agregan costos asociados a la movilización ni viajes, pero si se contará con los costos asociados a la compra y arriendo de equipos junto con los gastos de terreno como combustible, materiales, insumos, entre otros. En cuanto a las horas hombre (HH) requeridas para el desarrollo de la actividad, se considera (no incluido de forma directa en los costos de los monitoreos) la contratación de un equipo de trabajo de 6 personas para el desarrollo de las actividades de monitoreo (equipo de terreno) y en base al desarrollo completo del Plan de Seguimiento. Así, ante el eventual desarrollo de parte del Plan de Seguimiento, se deberá realizar una evaluación para la definición del número de personas de terreno requeridas. Se estimó que el costo aproximado de la contratación del personal por el periodo de 1 año completo equivale a aproximadamente 4.350 U.F.

Los costos estimados por actividad y para el monitoreo completo existente en la actualidad, se muestra en la Tabla 4.6. En la Tabla 4.7 se entrega la completa evaluación de los costos asociados a cada una de las actividades y tipos de monitoreo. Por último, la Tabla 4.8 muestra la evaluación de los costos de los distintos monitoreos considerados en el plan de monitoreo.

Tabla 4.6. Estimación de costos de los monitoreos existentes en la Región. Los valores entregados se encuentran en Unidades de Fomento por Año (públicos y privados).

Contenedores	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Gastos Anual Estimado por monitoreo (UF/Año)	Nº Monitoreos existentes	Total invertido según monitoreos actuales (UF/Año)
Químico	Calidad de Agua	Calidad del agua Superficial/Subterránea	**2.348,49**	**30**	**70.454,64**
	Calidad de Sedimentos	Calidad de sedimentos	**3.894,82**	**7**	**27.263,72**
	Calidad de Suelos	Calidad de suelos	**396,25**	**6**	**2.377,48**
Biológico	Biota Acuática	Fitobentos. Fitoplancton. Zoobentos. Zooplancton. Macrófitas. Peces	**351,43**	**14**	**4.919,99**
	Fauna	Aves. Anfibios. Reptiles. Micro mamífero. Mamíferos	**376,43**	**9**	**3.387,91**
	Flora y Vegetación	Transectos. Cobertura. análisis particular de individuos/especies	**355,17**	**13**	**4.617,24**
				Total (UF/Año)	**113.020, 98**

Folio007886

Tabla 4.7. Estimación de costos de los distintos monitoreos considerados en el plan de monitoreo. Los valores entregados se encuentran en Unidades de Fomento (UF).

Contened.	ID Monitoreo	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Tipo de sistema	Gastos 1er Año (UF)	Otros años (UF)
Físico	1	Hidrología e Hidrogeología	Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	Cuerpo de Agua	-	-
			Aforos puntuales en Aguas Superficiales	Cuerpo de Agua	-	-
			Medición de nivel freático	Cuerpo de Agua/Sistema Vegetacional	102,44	14,13
			Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua	Cuerpo de Agua	97,61	14,13
			Medición de terreno del espejo de agua	Cuerpo de Agua	60,40	60,40
			Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Cuerpo de Agua	-	-
	2	Meteorología	Información Parcial: Ppd, TdE, TdE	Cuerpo de Agua	28,99	28,99
			Información Completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS	General	518,99	23,03
	3	Suelos	Densidad aparente, profundidad, color (In-situ y laboratorio)	Sistema Vegetacional	57,99	57,99
			Monitoreo continuo de humedad y C.E.	Sistema Vegetacional	444,57	22,93
Químico	4	Calidad de Agua	Superficial	-	2.348,49	2.348,49
			Subterránea	-	2.348,49	2.348,49
			Temp., C.E.	Cuerpo de Agua	-	-
			Temp., pH, O.D., C.E., Potencial Redox (In-situ)	Cuerpo de Agua	19,33	19,33
	5	Calidad de	Calidad de sedimentos	-	3.894,82	3.894,82

Contened.	ID Monitoreo	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Tipo de sistema	Gastos 1er Año (UF)	Otros años (UF)
		Sedimentos	Medición de Potencial Redox, pH, C.E.	Cuerpo de Agua	**25,37**	**25,37**
	6	**Calidad de Suelos**	Calidad de suelos	Sistema Vegetacional	**396,25**	**396,25**
			Materia orgánica, nutrientes, C.E., pH	Sistema Vegetacional	**26,58**	**26,58**
Biológico	**8**	**Biota Acuática**	Existente: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Cuerpo de Agua	**351,43**	**351,43**
			Nivel intermedio: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Cuerpo de Agua	**41,68**	**41,68**
			Nivel avanzado: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Cuerpo de Agua	**83,36**	**83,36**
	9	**Tapete Microbiano**	Identificación	Cuerpo de Agua	**43,49**	**43,49**
			Fotografía microscópica, pigmentos, mineralogía	Cuerpo de Agua	**86,98**	**86,98**
	10	**Fauna**	Existente: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	Sistema Vegetacional	**376,43**	**376,43**
			Propuesto: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	Sistema Vegetacional	**135,30**	**135,30**
	11	**Flora y Vegetación**	Transectos, cobertura, análisis particular de individuos/especies	Sistema Vegetacional	**118,39**	**118,39**
			Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Sistema Vegetacional	**355,17**	**355,17**
			Determinación de área de cobertura en terreno (levantamiento)	Sistema Vegetacional	**60,40**	**60,40**
			Transectos con riqueza y abundancia	Sistema Vegetacional	**26,58**	**26,58**

Folio007888

Tabla 4.8. Estimación de costos de los distintos monitoreos considerados en el plan de monitoreo. Los valores entregados se encuentran en Unidades de Fomento (UF).

Monitoreos del Plan			Costo por Monitoreo (UF)		N° de Monitoreos por tipo de variables monitoreadas	Totales por Monitoreo	
Contenedores	**Componentes comunes**	**Estado**	**Gastos 1er Año**	**Otros años**		**1er Año**	**Otros Años**
Físico	Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	-	0,00	0,00	0	**0,00**	**0,00**
	Aforos puntuales en Aguas Superficiales	-	0,00	0,00	0	**0,00**	**0,00**
	Medición de nivel freático	Estable con Presiones/Inestable	102,44	14,13	128	**13.112,87**	**1.809,21**
	Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua	Estable con Presiones/Inestable	97,61	14,13	14	**1.366,57**	**197,88**
	Medición de terreno del espejo de agua	Inestable	60,40	60,40	14	**845,65**	**845,65**
	Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Estable/Estable con Presiones/Inestable	0,00	0,00	25	**0,00**	**0,00**
	Información Parcial: Ppd, TdE, TdE	-	28,99	28,99	0	**0,00**	**0,00**
	Información Completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS	General	518,99	23,03	25	**12.974,67**	**575,85**
	Densidad aparente, profundidad, color (In-situ y laboratorio)	Inestable	57,99	57,99	94	**5.450,81**	**5.450,81**
	Monitoreo continuo de humedad y C.E.	Inestable	444,57	22,93	94	**41.789,55**	**2.155,34**
Químico	Superficial	-	2.348,49	2.348,49	0	**0,00**	**0,00**
	Subterránea	-	2.348,49	2.348,49	0	**0,00**	**0,00**
	Temp., C.E.	Estable con Presiones/Inestable	0,00	0,00	14	**0,00**	**0,00**
	Temp., pH, O.D., C.E., Potencial Redox (In-situ)	Inestable	19,33	19,33	14	**270,61**	**270,61**
	Calidad de sedimentos	-	3.894,82	3.894,82	0	**0,00**	**0,00**
	Medición de Potencial Redox, pH, C.E.	Inestable	25,37	25,37	14	**355,17**	**355,17**
	Calidad de suelos	-	396,25	396,25	0	**0,00**	**0,00**

Monitoreos del Plan			Costo por Monitoreo (UF)		N° de Monitoreos por tipo de variables monitoreadas	Totales por Monitoreo	
Contenedores	**Componentes comunes**	**Estado**	**Gastos 1er Año**	**Otros años**		**1er Año**	**Otros Años**
	Materia orgánica, nutrientes, C.E., pH	Inestable	26,58	26,58	94	**2.498,29**	**2.498,29**
Biológico	Existente: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	-	351,43	351,43	0	**0,00**	**0,00**
	Nivel intermedio: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces		0,00	0,00	0	**0,00**	**0,00**
	Nivel avanzado: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Estable con Presiones	41,68	41,68	0	**0,00**	**0,00**
	Identificación	Inestable	83,36	83,36	14	**1.167,00**	**1.167,00**
	Fotografía microscópica, pigmentos, mineralogía	Estable con Presiones	43,49	43,49	0	**0,00**	**0,00**
	Existente: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	Inestable	86,98	86,98	14	**1.217,73**	**1.217,73**
	Propuesto: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	-	376,43	376,43	0	**0,00**	**0,00**
	Transectos, cobertura, análisis particular de individuos/especies	Inestable	135,30	135,30	94	**12.718,56**	**12.718,56**
	Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	-	118,39	118,39	0	**0,00**	**0,00**
	Determinación de área de cobertura en terreno (levantamiento)	-	355,17	355,17	0	**0,00**	**0,00**
	Transectos con riqueza y abundancia	Estable/Estable con Presiones/Inestable	0,00	0,00	250	**0,00**	**0,00**
	Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	Inestable	60,40	60,40	94	**5.677,93**	**5.677,93**
	Aforos puntuales en Aguas Superficiales	Inestable	26,58	0,00	0	**0,00**	**0,00**
					Totales (UF/Año)	**99.445,42**	**34.940,02**

Folio007890

4.3 ANÁLISIS DE LA EJECUCIÓN DEL PLAN DE MONITOREO SEGÚN ESCENARIOS

Debido a los altos costos posibles de tener especialmente en la implementación y la ejecución de un plan de monitoreo de tipo regional, a continuación se entrega una evaluación de la ejecución en diferentes escenarios, los que a su vez estarán compuestos por etapas de implementación. Cada etapa considerará la inclusión de un grupo de sistemas a monitorear, los cuales son considerados de acuerdo a los valores de los índices que dan origen a su estado. Así, se reconocerá y separará el grupo de los cuerpos Inestables, en subgrupos de sistemas y según el nivel de su condición de inestabilidad (basado en los índices generados para la evaluación). La definición de Etapas permite realizar una evaluación de la implementación en forma parcelada, permitiendo evaluar una inversión y desarrollo distanciado en el tiempo y/o la ejecución de solo una o más de las etapas propuestas.

A continuación se indican los escenarios creados, mostrándose cuales son las consideraciones tomadas y los rangos de valores de los indicadores y/o criterio incluidos.

4.3.1 Definición de escenarios

Los escenarios fueron definidos en base a la condición de los humedales, realizando una primera separación entre los sistemas con condición Inestable y los con condición Estable o Estable con Presiones. Posterior a esta separación, se realizó una caracterización y separación de los sistemas Inestables, en base a los valores del Indicador de Tendencia de Variabilidad Histórica (ITVH) y del Indicador General de Vulnerabilidad de humedales (IGV). Los criterios considerados en la definición de cada escenario se entregan a continuación, y se resumen en la Tabla 4.9. De forma gráfica, la definición de conjuntos resultantes para el Escenario 3 se muestra en las Figura 4.4 a Figura 4.6. Para el Escenario 4 se entregan las Figura 4.7 a Figura 4.9.

a) ***Escenario 1:*** considera el desarrollo de todo el plan de monitoreo en 1 etapa, con lo cual se considera el implementar de una sola vez el monitoreo completo de los humedales con condición Estable, Estable con Presiones e Inestable.

b) ***Escenario 2:*** considera la separación del monitoreo en etapas según estado, así la Etapa 1 considera el monitoreo de todos los sistemas con condición Inestables, y la Etapa 2 considera el monitoreo de los sistemas con condición Estable y Estable con Presiones.

c) ***Escenarios 3:*** Similar a escenario 2 en la separación de según condición, con lo que se tiene que la Etapa 1 a 3 incluye los monitoreos a los humedales con condición Inestable, y la Etapa 4 incluye a los humedales con condición Estable y Estable con Presiones. Las Etapas 1, 2 y 3 se definen según rangos para los valores de los indicadores, como se indicará más adelante.

d) ***Escenario 4:*** Este escenario cuenta con la misma separación inicial que el Escenario 3, obteniéndose la misma Etapa 4. En cuanto a la división de los humedales Inestables, ellos se dividen considerando otros rangos para los indicadores, lo cual fue construido para tener una distribución más homogénea de los costos entre las Etapas 1, 2 y 3.

Folio007891

La Tabla 4.10 indica el número de monitoreos propuestos por componente y por etapa, de forma tal de poder asociar el número de sistemas asociados a cada nivel de monitoreo propuesto.

Tabla 4.9. Definición de escenarios de inversión y desarrollo del plan de monitoreo de humedales altoandinos.

Escenario 1	
Etapa 1	Incluye el monitoreo de todos los humedales evaluados, y que tengan una condición Estable, Estable con Presiones o Inestable en el Monitoreo propuesto.
Escenario 2	
Etapa 1	Incluye el monitoreo de todos los sistemas de humedales evaluados y que tengan una condición Inestable en el monitoreo propuesto.
Etapa 2	Incluye el monitoreo de todos los sistemas de humedales evaluados y que tengan una condición Estable o Estable con Presiones dentro del monitoreo propuesto.
Escenario 3	
Etapa 1	Incluye el monitoreo de todos los sistemas de humedales evaluados y que tengan una condición Inestable en el monitoreo propuesto, con valores de sus indicadores tal que su Indicador de Tendencia de Variabilidad Histórica (ITVH) sea inferior a -0,5; y para cualquier valor del Indicador General de Vulnerabilidad (IGV).
Etapa 2	Corresponde al análisis de costos de los monitoreos de humedales en condición de Inestabilidad que poseen un Índice de Vulnerabilidad Proporcional (IVP) superior a -0,5 y que su Índice General de Vulnerabilidad (IGV) sea mayor a 0,2.
Etapa 3	Corresponde al análisis de costos de los monitoreos de humedales en condición de inestabilidad que poseen un Índice de Vulnerabilidad Proporcional (IVP) superior a -0,5 y que su Índice General de Vulnerabilidad (IGV) sea inferior a 0,2.
Etapa 4	Corresponde al análisis de costos de los monitoreos propuestos, según la condición de Estabilidad del Humedal (Normal o al Alza)
Escenario 4	
Etapa 1	Corresponde al análisis de costos de los monitoreos de los humedales en condición de Inestabilidad que poseen un Indicador de tendencia de Variabilidad Histórica Proporcional (ITVH) inferior a -0,7, y un índice General de Vulnerabilidad (IGV) cualquiera.
Etapa 2	Corresponde al análisis de costos de los monitoreos de humedales en condición de Inestabilidad que poseen un Indicador de Tendencia de Variabilidad Histórica Proporcional (ITVH) superior a -0,7 y que su Índice General de Vulnerabilidad (IGV) sea mayor a 0,22.
Etapa 3	Corresponde al Análisis de costos de los monitoreos de humedales en condición de Inestabilidad que poseen un Indicador de Tendencia de Variabilidad Histórica Proporcional (ITVH) superior a -0,7 y que su Índice General de Vulnerabilidad (IGV) sea inferior a 0,22.
Etapa 4	Corresponde al Análisis de costos de los Monitoreos propuestos, según la condición de Estabilidad del Humedal (Normal o al Alza)

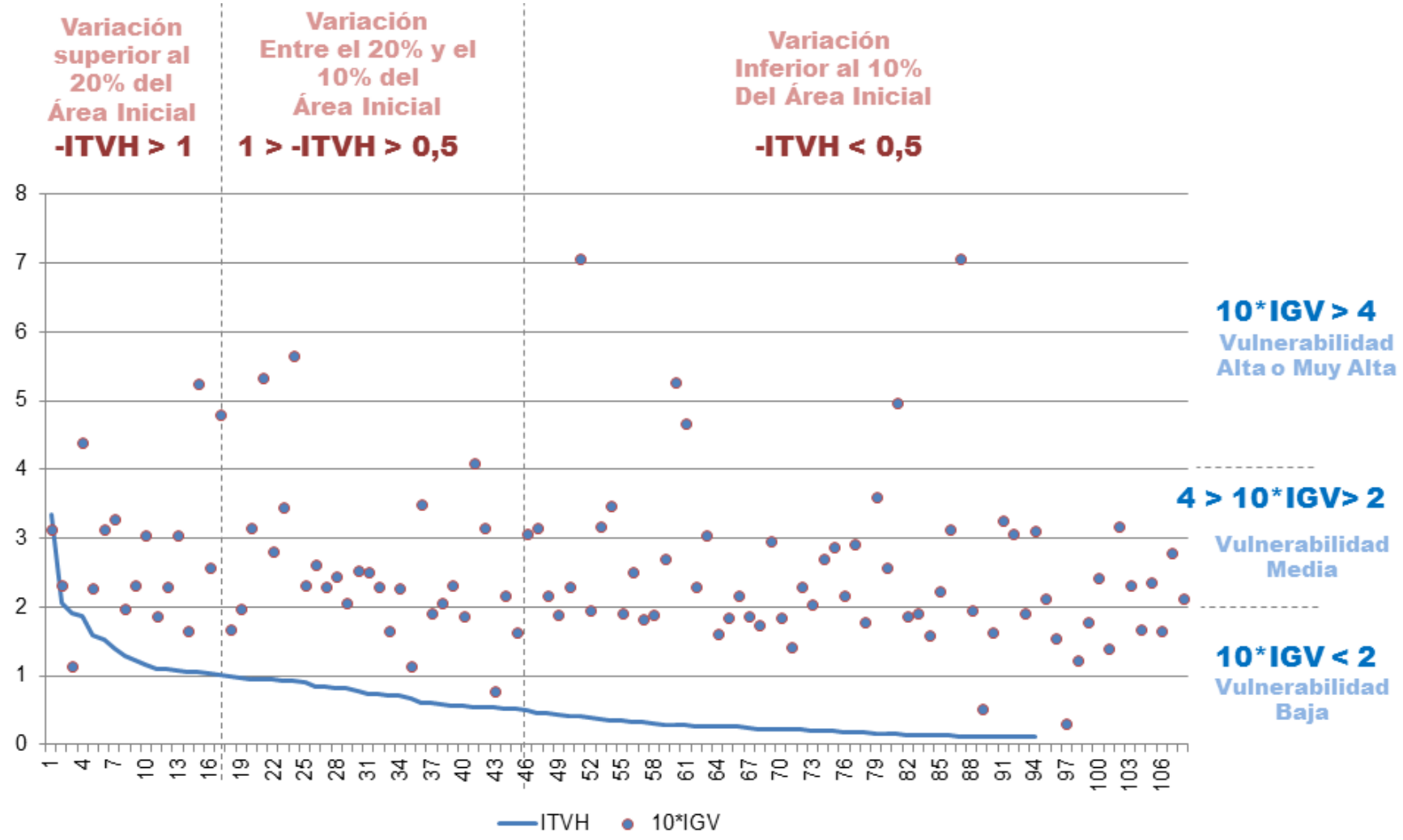


Figura 4.4. Definición de rangos y clasificación de monitoreos en sistemas de humedales con condición Inestable para la definición de Escenario 3. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,5 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,0 y 4,0.

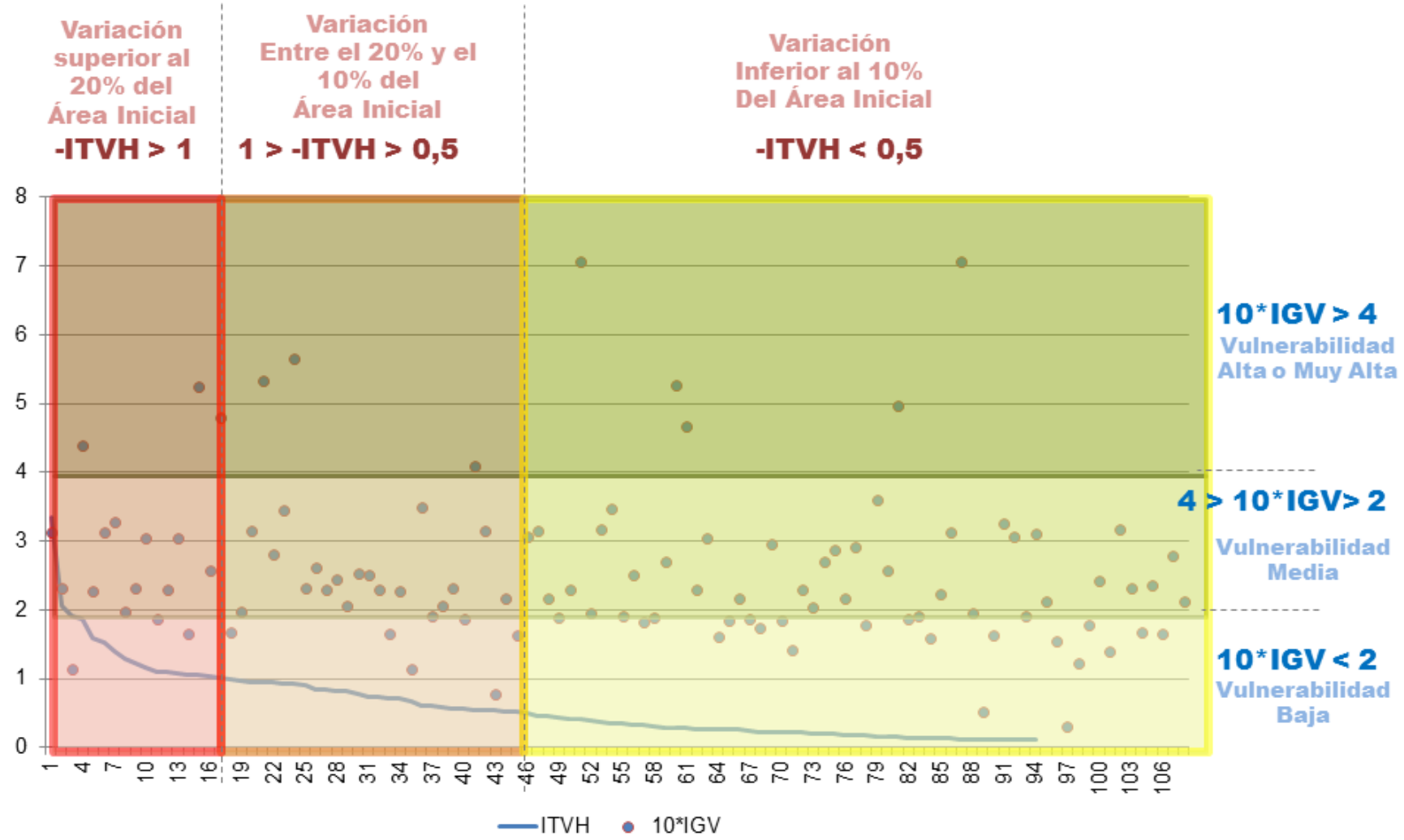


Figura 4.5. Definición de áreas para inclusión de sistemas de humedales en Escenario 3, según criterio de variación porcentual de áreas histórico y rangos del Índice General de Vulnerabilidad. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,5 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,0 y 4,0.

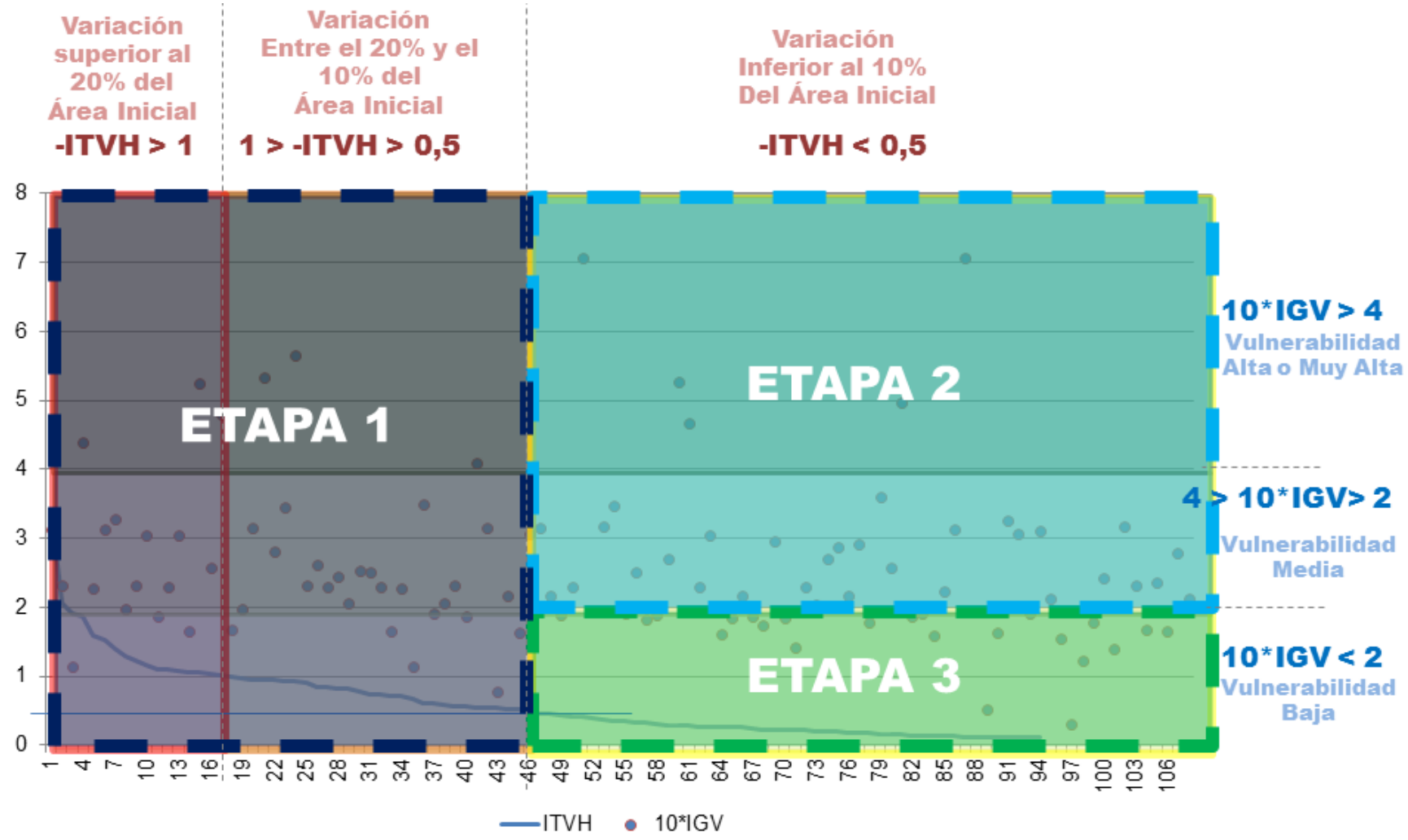


Figura 4.6. Áreas de inclusión de sistemas de humedales a considerar por cada etapa del Escenario 3. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,5 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,0 y 4,0.

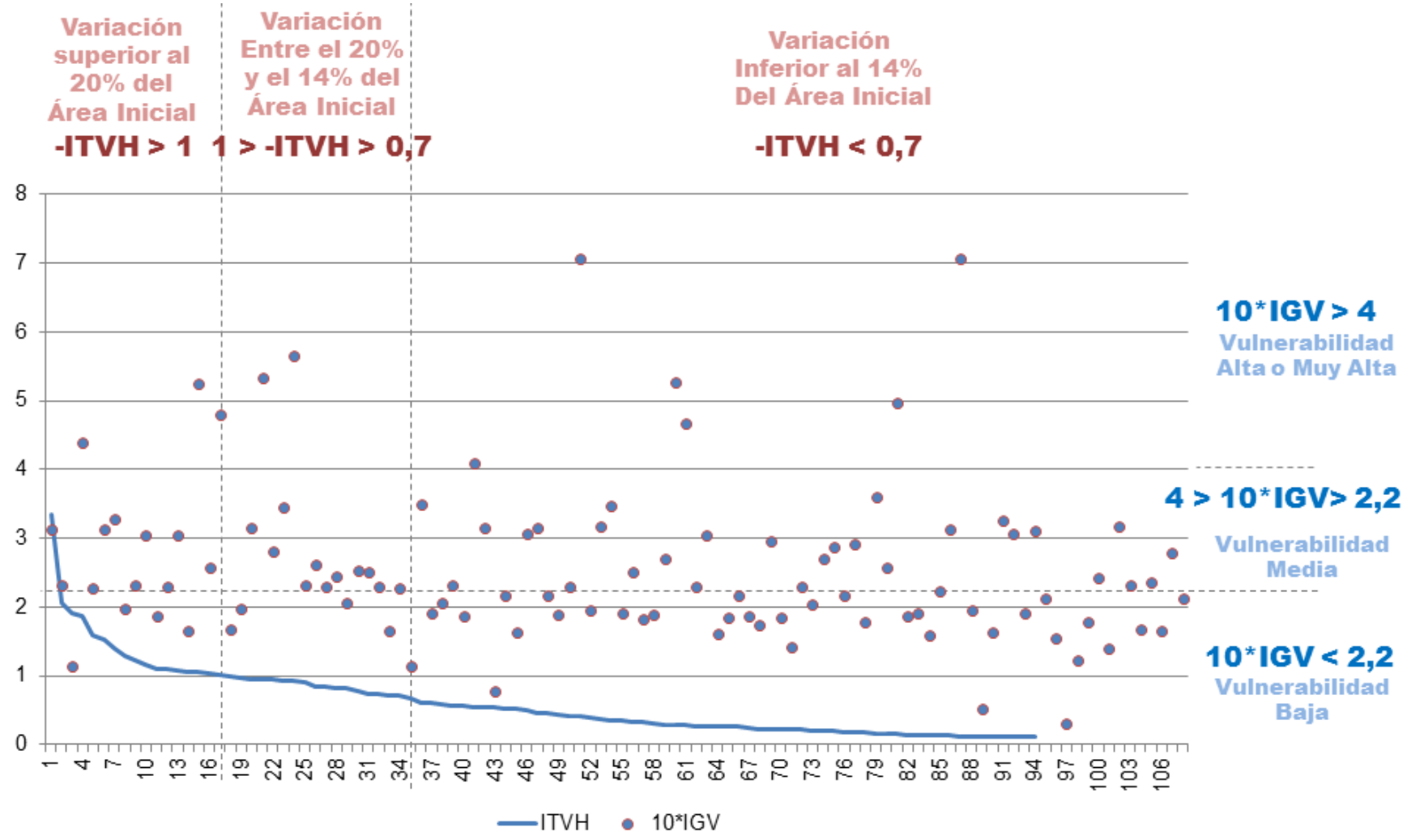


Figura 4.7. Definición de rangos y clasificación de monitoreos en sistemas de humedales con condición Inestable para la definición de Escenario 4. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,7 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,2 y 4,0.

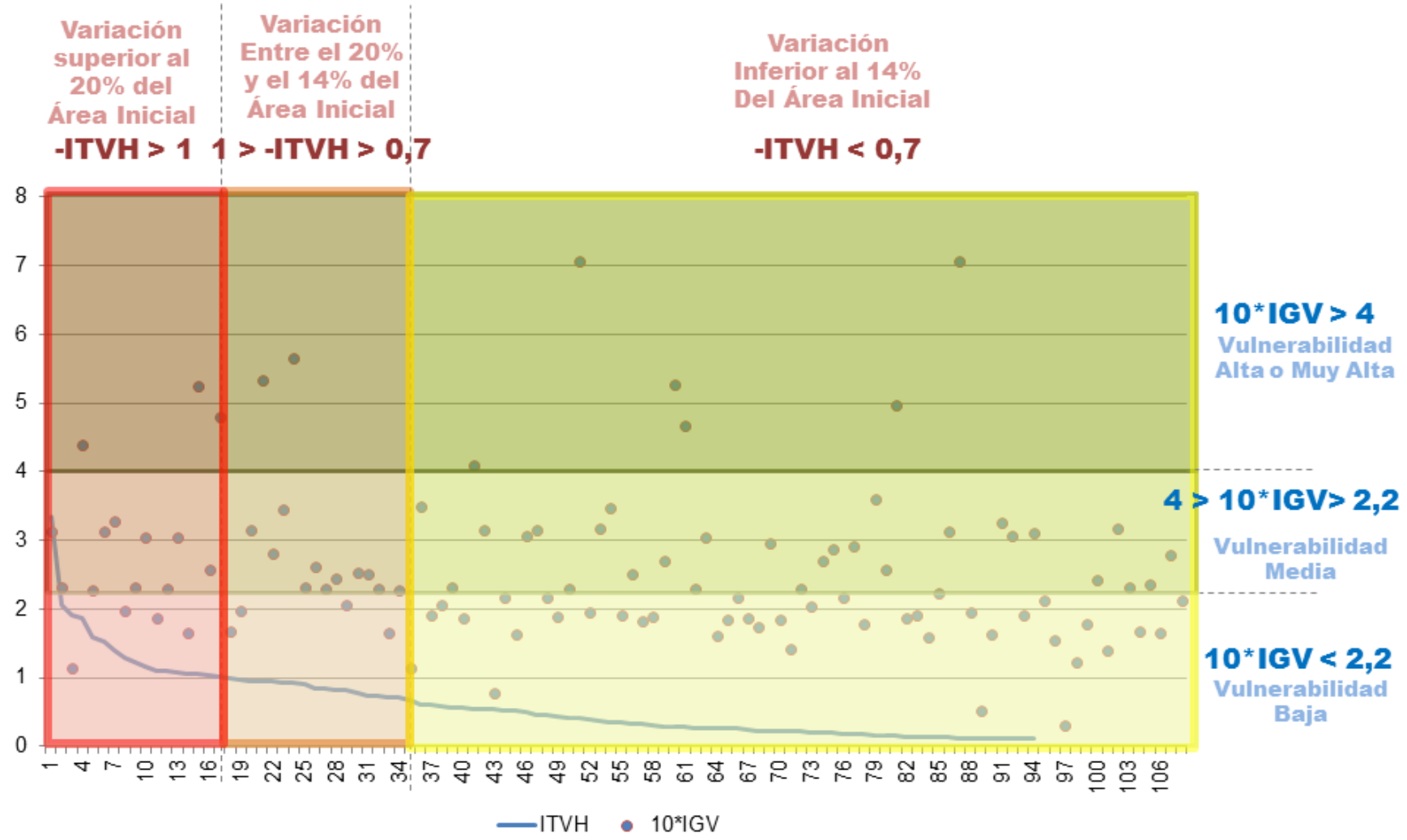


Figura 4.8. Definición de áreas para inclusión de sistemas de humedales en Escenario 4, según criterio de variación porcentual de áreas histórico y rangos del Índice General de Vulnerabilidad. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,7 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,2 y 4,0.

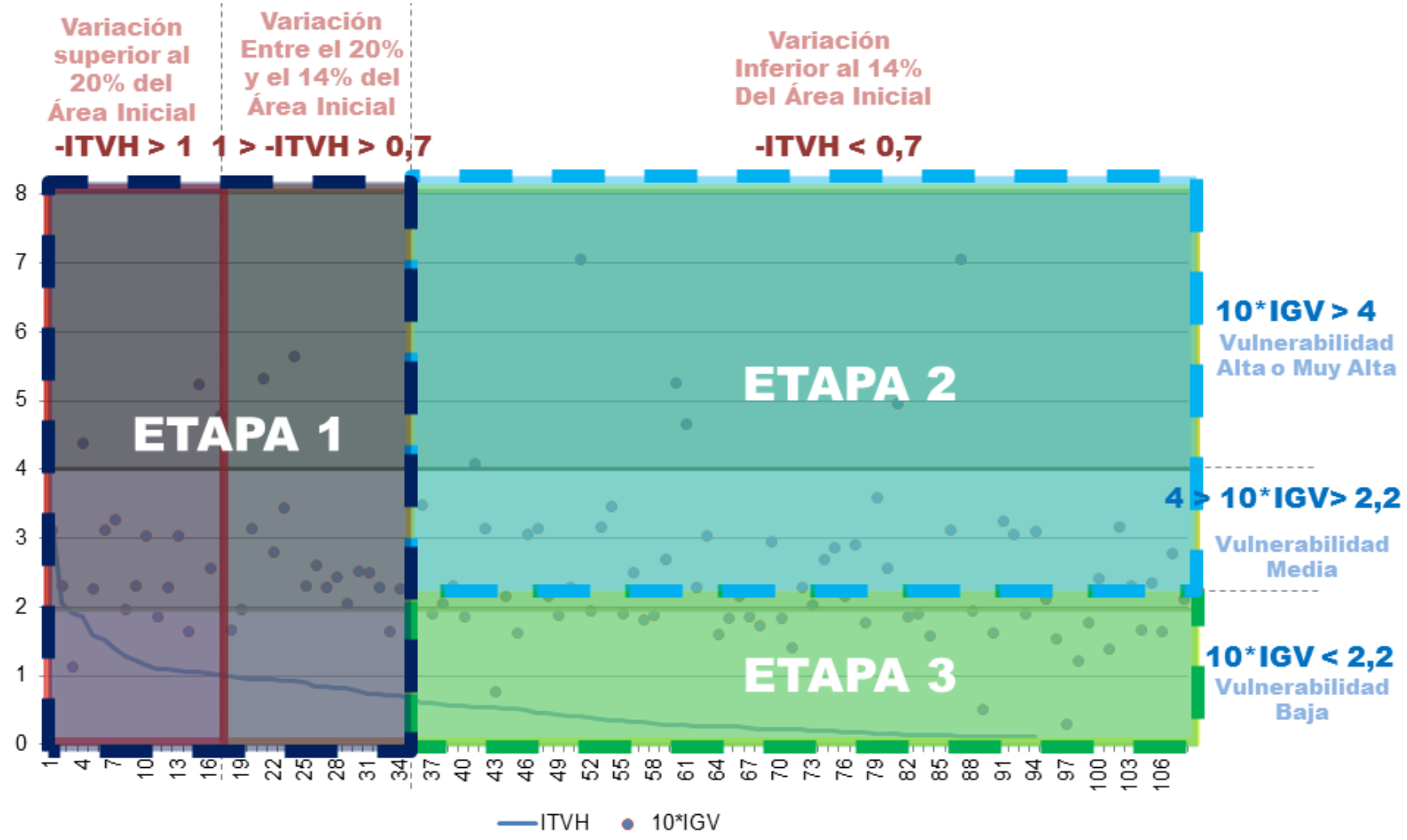


Figura 4.9. Áreas de inclusión de sistemas de humedales a considerar por cada etapa del Escenario 4. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,7 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,2 y 4,0.

Folio007898

Tabla 4.10. Cuadro resumen de número de monitoreos propuestos por componentes.

	Nº monitoreos propuestos por componente de monitoreo, escenario y etapa													
	Escenario 1 - Etapas	Total por monitoreo	Escenario 2 – Etapas		Total por monitoreo	Escenario 3 – Etapas				Total por monitoreo	Escenario 4 - Etapas				Total por monitoreo
Componentes comunes	1		1	2		1	2	3	4		1	2	3	4	
Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Aforos puntuales en Aguas Superficiales	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Medición de nivel freático	128	**128**	108	20	**128**	46	36	26	20	**128**	34	35	39	20	**128**
Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua	14	**14**	14	0	**14**	8	3	3	0	**14**	6	2	6	0	**14**
Medición de terreno del espejo de agua	14	**14**	14	0	**14**	8	3	3	0	**14**	6	2	6	0	**14**
Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	25	**25**	14	11	**25**	8	3	3	11	**25**	6	2	6	11	**25**
Información Parcial: Ppd, TdE, TdE	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Información Completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS	25	**25**	14	11	**25**	8	3	3	11	**25**	6	2	6	11	**25**
Densidad aparente, profundidad, color (In-situ y laboratorio)	94	**94**	94	0	**94**	38	33	23	0	**94**	28	33	33	0	**94**
Monitoreo continuo de humedad y C.E.	94	**94**	94	0	**94**	38	33	23	0	**94**	28	33	33	0	**94**
Superficial	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Subterránea	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Temp., C.E.	14	**14**	14	0	**14**	8	3	3	0	**14**	6	2	6	0	**14**
Temp., pH, O.D., C.E., Potencial Redox (In-situ)	14	**14**	14	0	**14**	8	3	3	0	**14**	6	2	6	0	**14**
Calidad de sedimentos	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Medición de Potencial Redox, pH, C.E.	14	**14**	14	0	**14**	8	3	3	0	**14**	6	2	6	0	**14**

	Nº monitoreos propuestos por componente de monitoreo, escenario y etapa														
	Escenario 1 - Etapas	Total por monitoreo	Escenario 2 – Etapas		Total por monitoreo	Escenario 3 – Etapas				Total por monitoreo	Escenario 4 - Etapas				Total por monitoreo
Componentes comunes	1		1	2		1	2	3	4		1	2	3	4	
Calidad de suelos	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Materia orgánica, nutrientes, C.E., pH	94	**94**	94	0	**94**	38	33	23	0	**94**	28	33	33	0	**94**
Existente: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Nivel intermedio: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Nivel avanzado: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Identificación	14	**14**	14	0	**14**	8	3	3	0	**14**	6	2	6	0	**14**
Fotografía microscópica, pigmentos, mineralogía	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Existente: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	14	**14**	14	0	**14**	8	3	3	0	**14**	6	2	6	0	**14**
Propuesto: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Transectos, cobertura, análisis particular de individuos/especies	94	**94**	94	0	**94**	38	33	23	0	**94**	28	33	33	0	**94**
Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Determinación de área de cobertura en terreno (levantamiento)	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
Transectos con riqueza y	250	**250**	94	156	**250**	38	33	23	156	**250**	28	33	33	156	**250**

	Nº monitoreos propuestos por componente de monitoreo, escenario y etapa													
	Escenario 1 - Etapas	Total por monitoreo	Escenario 2 – Etapas		Total por monitoreo	Escenario 3 – Etapas				Total por monitoreo	Escenario 4 - Etapas				Total por monitoreo
Componentes comunes	**1**		**1**	**2**		**1**	**2**	**3**	**4**		**1**	**2**	**3**	**4**	
abundancia															
Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	94	**94**	94	0	**94**	38	33	23	0	**94**	28	33	33	0	**94**
Aforos puntuales en Aguas Superficiales	0	**0**	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	**0**
	Total	**996**	**Total**		**996**	**Total**				**996**	**Total**				**996**

Folio007901

4.3.2 Valorización de escenarios

Los escenarios antes descritos fueron valorizados por cada etapa, realizando la separación de los costos entre lo requerido para la puesta en marcha en el año 1 de desarrollo de la etapa (considera inversión y ejecución), y el costo requerido en los años siguientes por concepto de mantención de los sistemas de medición y la realización de los monitoreos de terreno. Cabe señalar que la mantención del sistema no considera la reparación ni reemplazo de equipos de medición autónomo, ya que la vida útil y plan de reemplazo de piezas y partes dependerá de las marcas y modelos que sean utilizados en el desarrollo. Junto con lo anterior, la valorización no considera imprevistos, con la finalidad de no incorporar "posibles" costos de implementación, que puedan exagerar los montos totales requeridos. En la Tabla 4.11 se entregan los costos de cada uno de los escenarios y de sus etapas.

Al final de esta sección se entrega un ejemplo de la ejecución del plan de monitoreo en los Escenarios 3 y 4, y considerando el inicio de la realización de las Etapas 1,2 y 3 en los años 1, 3 y 5 desde el inicio del plan de monitoreo, respectivamente.

Tabla 4.11. Matriz de costos según escenario de implementación del plan de monitoreo de humedales altoandinos.

Costos Escenario 1			Costos Escenario 2 Etapa 1		
Etapa 1	Costo total 1er año (UF/Año)	99.445,42	Etapa 1	Costo total 1er año (UF/Año)	91.687,67
	Otros años (UF/Año)	34.940,02		Otros años (UF/Año)	34.403,96
			Etapa 2	Costo total 1er año (UF/Año)	7.757,74
				Otros años (UF/Año)	536,06
Costos Escenario 3 Etapa 1			**Costos Escenario 4 Etapa 1**		
Etapa 1	Costo total 1er año (UF/Año)	39.392,74	Etapa 1	Costo total 1er año (UF/Año)	29.130,91
	Otros años (UF/Año)	14.672,70		Otros años (UF/Año)	10.845,86
Etapa 2	Costo total 1er año (UF/Año)	30.283,90	Etapa 2	Costo total 1er año (UF/Año)	29.289,41
	Otros años(UF/Año)	11.452,31		Otros años (UF/Año)	11.125,57
Etapa 3	Costo total 1er año (UF/Año)	22.011,03	Etapa 3	Costo total 1er año (UF/Año)	33.267,35
	Otros años	8.278,95		Otros años	12.432,54
Etapa 4	Costo total 1er año (UF/Año)	7.757,74	Etapa 4	Costo total 1er año (UF/Año)	7.757,74
	Otros años (UF/Año)	536,06		Otros años (UF/Año)	536,06

Folio007902

En las Figura 4.10 y Figura 4.11 se comparan los costos asociados a las diferentes etapas de cada escenario. Cabe señalar que los costos asociados a la Etapa 2 del Escenario 2, es equivalente a los costos de la Etapa 4 de los Escenarios 3 y 4, debido a que los costos representan el monitoreo de todos los sistemas que cuenten con una condición Estable o Estable con Presiones.

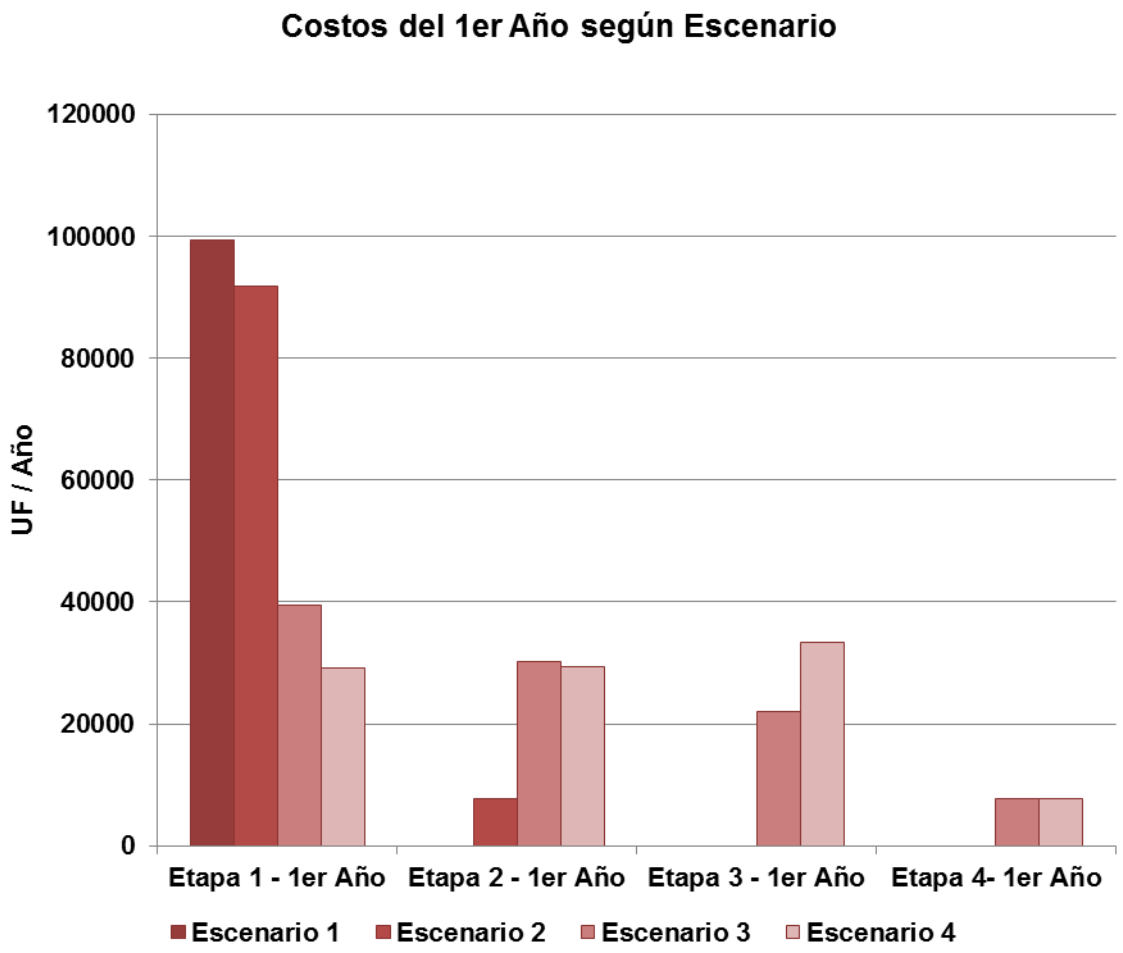


Figura 4.10. Costos asociados al 1er Año de operación según escenario. El 1er Año considera la inclusión de los costos de inversión, implementación y ejecución de los monitoreos.

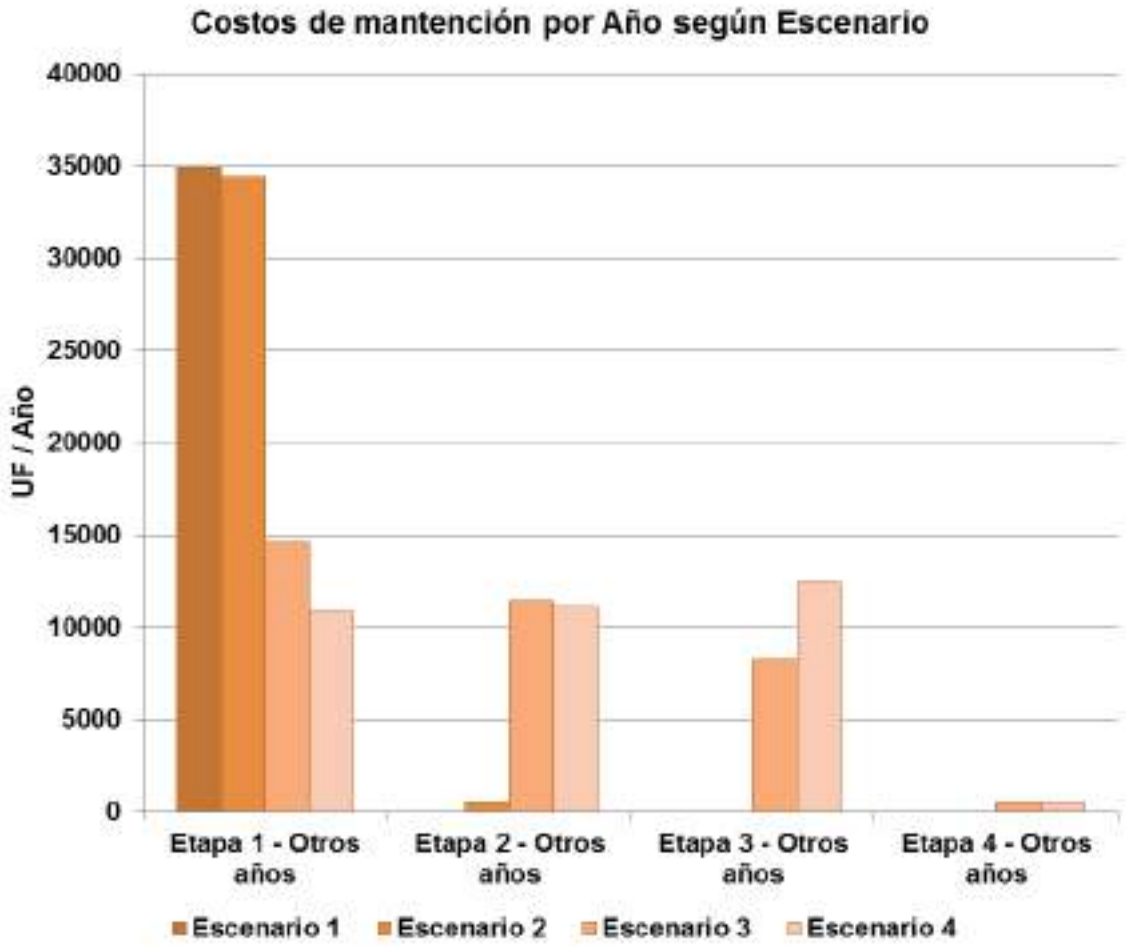


Figura 4.11. Costos asociados a la mantención y ejecución anual del monitoreo por escenario, tras el 1er Año de operación del escenario.

A continuación, se entrega un ejemplo de la implementación del Plan de Monitoreo bajo los Escenarios 3 y 4. Ello considera la ejecución del plan durante un periodo de 14 años consecutivos. Como fue indicado anteriormente, las Etapas 1, 2 y 3 de cada escenario, serán iniciadas en los años 1, 3 y 5 respectivamente. En cuanto a la Etapa 4 de cada escenario, dado que sus montos de inicio y mantención son menores, se considera su inicio en el Año 2.

Folio007904

Tabla 4.12. Ejemplo del flujo de caja anual para la ejecución del Plan de Monitoreo bajo los Escenarios 3 y 4.

		Año desde inicio del Plan de Monitoreo (Escenario 3)						
	Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Escenario 3	**Etapa 1**	**39,392.7**	**14,672.7**	**14,672.7**	**14,672.7**	**14,672.7**	**14,672.7**	**14,672.7**
	Etapa 2	0.0	0.0	**30,283.9**	**11,452.3**	**11,452.3**	**11,452.3**	**11,452.3**
	Etapa 3	0.0	0.0	0.0	0.0	**22,011.0**	**8,279.0**	**8,279.0**
	Etapa 4	**7,757.7**	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**
	Equipo Trabajo	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**
	Total Anual	**51,499.5**	**19,557.8**	**49,841.7**	**31,010.1**	**53,021.2**	**39,289.1**	**39,289.1**
	Año	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
	Etapa 1	**14,672.7**	**14,672.7**	**14,672.7**	**14,672.7**	**14,672.7**	**14,672.7**	**14,672.7**
	Etapa 2	**11,452.3**	**11,452.3**	**11,452.3**	**11,452.3**	**11,452.3**	**11,452.3**	**11,452.3**
	Etapa 3	**8,279.0**	**8,279.0**	**8,279.0**	**8,279.0**	**8,279.0**	**8,279.0**	**8,279.0**
	Etapa 4	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**
	Equipo Trabajo	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**
	Total Anual	**39,289.1**	**39,289.1**	**39,289.1**	**39,289.1**	**39,289.1**	**39,289.1**	**39,289.1**
		Año desde inicio del Plan de Monitoreo (Escenario 4)						
	Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Escenario 4	**Etapa 1**	**29,130.9**	**10,845.9**	**10,845.9**	**10,845.9**	**10,845.9**	**10,845.9**	**10,845.9**
	Etapa 2	**0.0**	**0.0**	**29,289.4**	**11,125.6**	**11,125.6**	**11,125.6**	**11,125.6**
	Etapa 3	0.0	0.0	0.0	0.0	**33,267.3**	**12,432.5**	**12,432.5**
	Etapa 4	0.0	**7,757.7**	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**
	Equipo Trabajo	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**
	Total Anual	**33,480.0**	**22,952.7**	**45,020.4**	**26,856.5**	**60,123.9**	**39,289.1**	**39,289.1**
	Año	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
	Etapa 1	**10,845.9**	**10,845.9**	**10,845.9**	**10,845.9**	**10,845.9**	**10,845.9**	**10,845.9**
	Etapa 2	**11,125.6**	**11,125.6**	**11,125.6**	**11,125.6**	**11,125.6**	**11,125.6**	**11,125.6**
	Etapa 3	**12,432.5**	**12,432.5**	**12,432.5**	**12,432.5**	**12,432.5**	**12,432.5**	**12,432.5**
	Etapa 4	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**	**536.1**
	Equipo Trabajo	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**	**4,349.1**
	Total Anual	**39,289.1**	**39,289.1**	**39,289.1**	**39,289.1**	**39,289.1**	**39,289.1**	**39,289.1**

Folio007905

En la Figura 4.12 se observa que los años 1, 3 y 5 presentan “peaks” en las inversiones, lo cual se asocia directamente al inicio de cada etapa del Plan de Monitoreo. Se debe resaltar que independientemente de la estrategia de segmentación de los sistemas en condición Inestable, y que están asociados a las Etapas 1, 2 y 3 del Plan de Monitoreo en los Escenarios 3 y 4, los costos de ejecución anuales llegan al mismo régimen de gasto. Por otra parte, se observa como la modificación de los rangos y umbrales utilizados en la definición de los escenarios permite generar un cambio en el esquema de gastos e inversión por etapa, pero sin dejar de lado la priorización de los sistemas según estado.

Cabe señalar que los ejemplos recién mostrados consideran la realización de todos los monitoreos del Plan de Monitoreo. Así, será posible utilizar una estrategia diferente en términos de la realización de las inversiones, como por ejemplo, realizar implementaciones con etapas de periodo más extenso, o realizar la implementación parcelada de los monitoreos que componen el conjunto de monitoreos propuestos. Esto último, hace referencia a poder realizar una priorización de las variables a monitorear, considerándose por ejemplo, iniciar el monitoreo y seguimiento en base a la variables físicas, luego en las químicas, para luego seguir con las biológicas. Esta última idea se basa en la conceptualización de los sistemas, en donde los parámetros y/o variables físicos fuerzan a los químicos, y ambos forzarán a la biología del sistema.

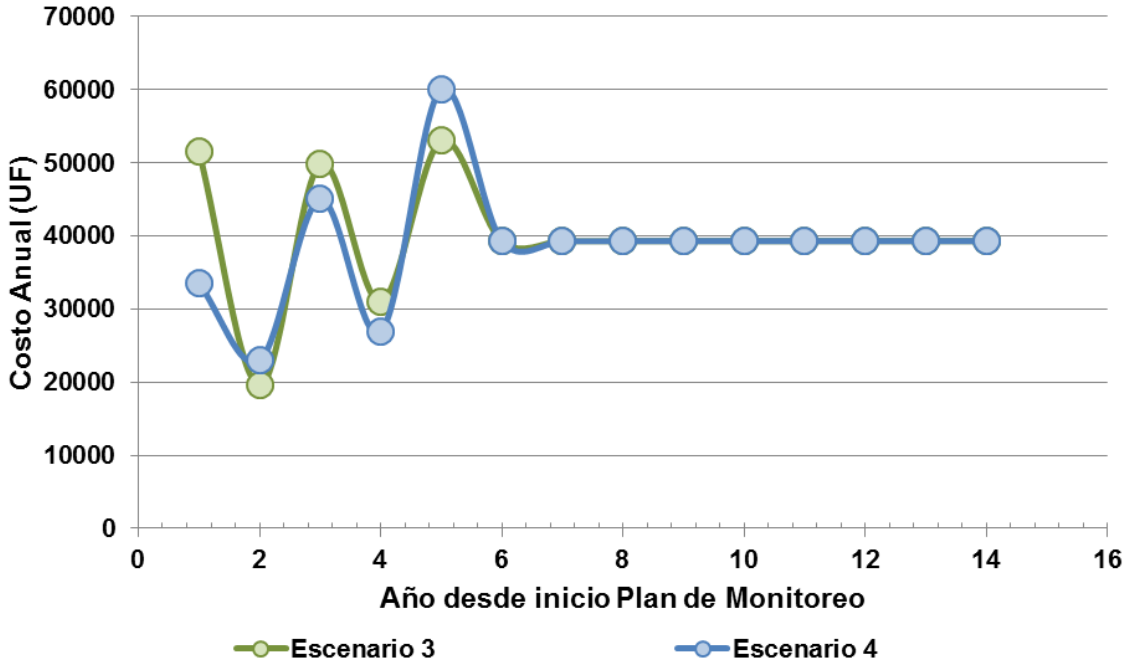


Figura 4.12. Representación gráfica del flujo de caja anual necesarios para la ejecución del Plan de Monitoreo en los Escenarios 3 y 4, considerando el inicio de etapas los años 1, 3 y 5 para las Etapas 1, 2 y 3 respectivamente. La Etapa 4 es iniciada el año 2.

Si se comparan los costos estimados de los ejemplos anteriormente desarrollados con el gasto actual estimado en monitoreos públicos y privados (Figura 4.13) se observa que en

Folio007906

todos los casos, estos últimos son inferiores. Al construir una banda de incertidumbre de los costos actuales (±30%), se aprecia que igualmente el plan de monitoreo propuesto, bajo los escenarios del ejemplo, podría ser de costo inferior a los monitoreos actuales

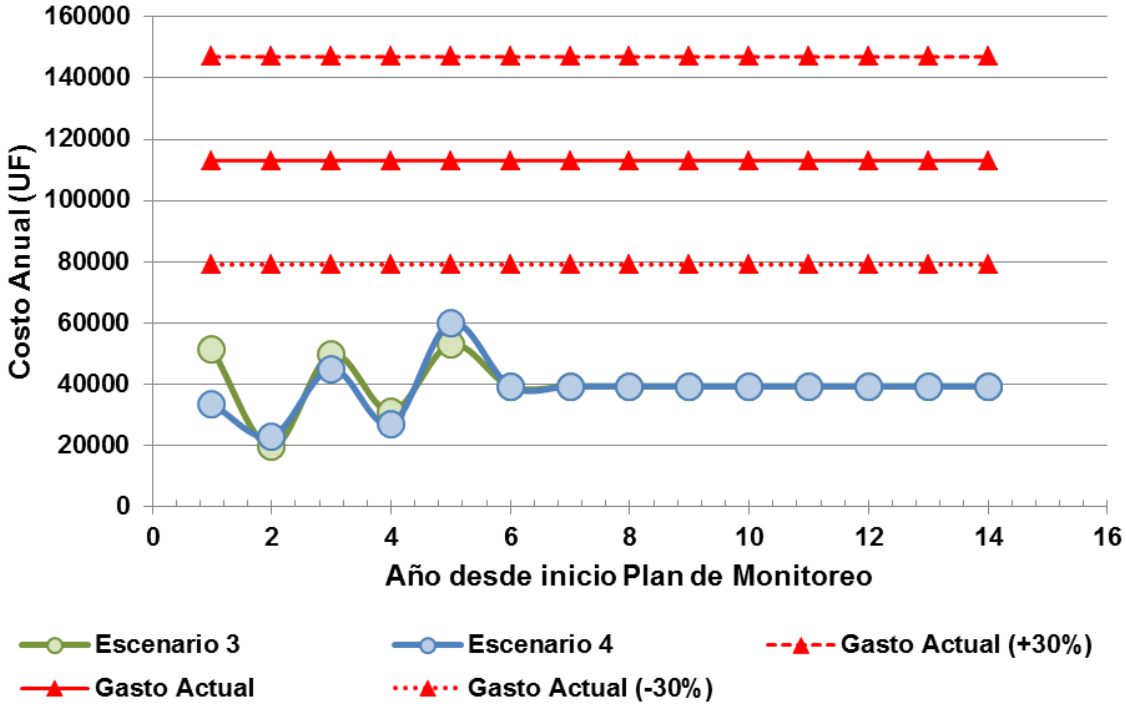


Figura 4.13. Representación gráfica del flujo de caja anual necesarios para la ejecución del Plan de Monitoreo en los Escenarios 3 y 4, considerando el inicio de etapas los años 1, 3 y 5 para las Etapas 1, 2 y 3 respectivamente. La Etapa 4 es iniciada el año 2.

Finalmente, la Tabla 4.13 muestra un resumen de los costos asociados por tipo de monitoreo (condición ecológica de los sistemas) del plan de monitoreo propuesto y, de los sistemas actuales que están siendo monitoreados por el sector privado (en torno a RCA) y el sector público, de forma tal de obtener un indicador preliminar del costo unitario asociado a ambas condiciones. Se aprecia que el costo unitario del plan de monitoreo propuesto es inferior al de los monitoreos actuales y que su cobertura territorial es muy superior.

Tabla 4.13. Resumen de costos por tipo de monitoreo y cantidad de sistemas. Aproximación del costo del monitoreo por cantidad de sistemas incluidos.

	Monitoreos Propuestos			Monitoreos Existentes		
	Inestable	Estable/Estable con Presiones	Sin Información	Gasto Actual Estimado (-30%)	Gasto Actual Estimado	Gasto Actual Estimado (+30%)
N° Sistemas Cuerpo de Agua	14	13	19	10	10	10
N° Sistemas Vegetacionales	94	156	14	14	14	14
N° Total Sistemas por Monitoreo	277		33	24	24	24
Gastos 1er año (UF/Año)	138.734,49		-	79.114,69	113.020,98	14.6927,27
Otros Años (UF/Año)	39.289,07		-	79.114,69	113.020,98	14.6927,27
Costo por Sistema 1er Año (UF/Año)	500,85		-	3.296,45	4.709,21	6.121,97
Costo por Sistema Otros Años (UF/Año)	141,84		-	3.296,45	4.709,21	6.121,97
(N° Sistemas propuestos a monitorear)/(N° Sistemas monitoreados actualmente)	11.54					
(Costo por Sistema Anual 1er Año Propuesto) / (Costo Monitoreo Actual) x 100 (%)	10.64					
(Costo por Sistema Anual Otros Años Propuesto) / (Costo Monitoreo Actual) x 100 (%)	3.01					

Folio007908

PROPUESTA DE MODELO INSTITUCIONAL

Folio007909

5 PROPUESTA DE MODELO INSTITUCIONAL

En este capítulo se hace una propuesta de institucionalidad la cual considera dos estrategias. La primera, la creación de una Fundación de derecho privado y sin fines de lucro, cuyo fin será hacerse cargo de la estandarización del monitoreo y la centralización y difusión de la información generada por el sector público y privado en estas áreasy, la segunda, generar al interior de una organización actualmente vigente (como un Centro de Investigación de la Región), un Departamento. Esta propuesta de institucionalidad se validó en un seminario de discusión con actores relevantes, definidos de manera conjunta con el Ministerio del Medio Ambiente, durante el mes de marzo de 2015. En esta propuesta se especifican detalles de la figura administrativa, sus objetivos, alcances, la operatividad de la institucionalidad y los perfiles de cargo del personal asociado a ella.

Además, en base al diagnóstico del estado de la condición ambiental de los humedales, mediante el análisis histórico de imágenes, más la identificación de las amenazas existentes; las necesidades y obligaciones del Estado de preocuparse de la conservación de los humedales, se proponen algunos estudios específicos destinados a generar más información conducente a gestionar de mejor forma la conservación y/o rehabilitación de los mismos. Se presentan además algunas iniciativas focalizadas en la capacitación y educación, materias de gran importancia ya que conducen a crear la necesaria conciencia entre los jóvenes del cuidado y conservación del patrimonio. A partir de estos se estimarán los costos asociados a la administración del sistema de información e implementación de la institucionalidad público-privada.

5.1 ANTECEDENTES

Los humedales de la Región de Antofagasta corresponden a sistemas naturales únicos en el mundo, ricos en biodiversidad, de gran fragilidad ambiental y que prestan variados servicios ecosistémicos de gran importancia para las comunidades aledañas y para el país.

Muchos de estos sistemas, por otra parte, se encuentran sometidos a presiones ambientales principalmente asociadas a la extracción de agua para su uso como bebida, agricultura o para procesos industriales. Estas presiones generan un impacto que debe ser adecuadamente evaluado y mitigado, lo que en la actualidad se realiza mediante monitoreo ambiental asociado a diversas y múltiples Resoluciones de Calificación Ambiental relacionadas a proyectos en ejecución en dichas áreas o en su entorno.

La Región de Antofagasta presenta un total de 264 humedales altoandinos entre vegas, bofedales, salares, lagunas, y riberas, ubicados sobre los 2000 m.s.n.m. De éstos, 84 humedales están considerados como äreas prioritarias por la Estrategia Regional de Biodiversidad y el Pacha, lo que corresponden a 32 por ciento del total. El resto de los humedales no presentan monitoreo ambiental, los que son 112 de un total de 264, que corresponde a un 42,4 % del total.

Como resultado del estudio se realizó un análisis histórico (desde 1990 a 2010) de imágenes mulitespectrales e hiperespectrales de los humedales altoandinos. Este análisis se realizó en base al estudio de los cuerpos de agua y el estado de la vegetación utilizando índices de Diferencia Normalizada del Agua (NDWI) y el Índice Vegetacional de

Diferencia Normalizada (NDVI), utilizando Sistema de Información Geográfico (SIG). De este análisis se puede concluir que 170 humedales presentan rasgos de estabilidad en su tamaño, lo que representa el 64 por ciento del total; por otro lado 94 humedales presentan cierto grado de inestabilidad, los que representan el 36 por ciento del total.

Dada la amplia variedad, extensión, y tipos de monitoreo existente asociados a los diversos sitios ambientalmente sensibles de la Región de Antofagasta, en forma particular los humedales altoandinos; la necesidad de un sistema de monitoreo coordinado y colaborativo; el requerimiento creciente de acceso a la información de las variables que dan cuenta del estado de dichos sistemas naturales, se propone implementar un sistema de gestión único e integrado, que estandarice el monitoreo y que centralice y haga pública la información generada por el sector público y privado en estas áreas.

Se propone que este sistema de gestión sea abordado por una institucionalidad independiente, que convoque a los diversos actores del territorio y que sea capaz de relevar la temática de la conservación de los humedales a nivel político y de la opinión pública, haciendo confluir voluntades y recursos a este objetivo común.

Dada la necesidad de que esta institucionalidad sea cercana a la ciudadanía y a las comunidades que coexisten en los territorios que tienen presencia de estos sistemas naturales, se propone convocar a la organización del Estado más próxima a los ciudadanos, que corresponde a los Municipios. La Ley N°18.695, Orgánica Constitucional de Municipalidades permite a las municipalidades constituir fundaciones de derecho privado sin fines de lucro, destinadas a la promoción y difusión del arte y la cultura (Artículo 5° de Funciones y Atribución y cumplimiento de funciones, en el punto i). Esta ley indica que la participación municipal en estas corporaciones se regirá por las normas establecidas en el Párrafo 1º del Título VI.

A su vez, dada la necesidad de sensibilizar al poder político en estos temas, la presencia del Gobierno Regional (GORE) en esta nueva institucionalidad es de vital importancia. La Ley N° 19.175 Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional, en su Artículo 100, permite al Gobierno Regional asociarse con otras personas jurídicas, para construir con ellas corporaciones o fundaciones de derecho privado cuyo objetivo sea propiciar actividades o iniciativas sin fines de lucro, que contribuyan al desarrollo regional en los ámbitos social, económico y cultural de la región. La formación de esta institucionalidad debe ser propuesta por el Intendente al Consejo Regional y requiere del acuerdo de los 2/3 de dicho cuerpo. Dicha ley sobre Gobierno y Administración Regional permite generar información valiosa que contribuye a asumir la tarea de los gobiernos regionales descrita en el Art. N° 17, letra c), dentro de las cuales se refiere a fomentar y velar por la protección, conservación y mejoramiento del medio ambiente, adoptando las medidas adecuadas a la realidad de la región, con sujeción a las normas legales y decretos supremos reglamentarios que rijan la materia.

Además la creación de esta institucionalidad está sustentada por los lineamientos, objetivos y líneas de acción de la Estrategia Regional. La Estrategia Regional de Desarrollo de Antofagasta 2009-2010 en su lineamiento N°3 asegura la sustentabilidad ambiental y territorial a través de un sistema regional de planificación de los recursos hídricos y energéticos de protección de la biodiversidad, acorde con el marco geográfico, socioeconómico y cultural de la Región de Antofagasta. Junto con ello, en su objetivo general N°2, promueve la protección efectiva y eficiente de las áreas prioritarias (áreas

Folio007911

prioritarias para la biodiversidad, áreas silvestres protegidas públicas y privadas y humedales protegidos), para la biodiversidad regional (diversidad de flora, fauna y ecosistemas), considerando los distintos usos del territorio y la actividad productiva desde un enfoque de sustentabilidad. Además la línea de acción ii) declara fortalecer una protección integral de las áreas prioritarias para la biodiversidad de la Región (áreas prioritarias para la Biodiversidad, áreas silvestres protegidas públicas y privadas, y humedales protegidos), promoviendo un adecuado modelo de gestión y la interacción del Gobierno Regional y el sector privado en estas tareas. En su línea de acción iii) declara promover la investigación científica en las áreas prioritarias para la biodiversidad que contribuya a su adecuada preservación, manejo y uso sustentable. Junto con ello promueve en su objetivo 6 iii) Desarrollar redes regionales de monitoreo ambiental, con énfasis en el aire, el agua y el suelo.

5.2 PROPUESTA DE INSTITUCIONALIDAD

5.2.1 Requisitos y fin de la organización

La nueva organización debe ser un puente entre el mundo privado y el público y, por lo tanto, debe dar las garantías necesarias de imparcialidad, pluralidad y no tener afán de lucro. Por otra parte, la institucionalidad propuesta deberá manejar y gestionar información y recursos, persiguiendo como fin último apoyar la conservación de los sistemas de humedales de la región. Adicionalmente, la institucionalidad deberá ser capaz de convocar a los actores públicos y del mundo privado y empresarial a contribuir a este propósito.

El tipo de organización que más se aproxima a las necesidades planteadas corresponde a una Fundación de Derecho Privado sin fines de lucro, la cual es un tipo de organización que tiene por objeto la afectación de bienes a un fin determinado de interés general.

5.2.2 Organización propuesta

Las propuestas sobre la institucionalidad de gestión integrada que se proponen a continuación fueron validadas en un seminario con los actores relevantes de la región y consensuadas en conjunto con el Ministerio del Medio Ambiente.

Se plantea tres propuestas de institucionalidad, dos de ellas asociadas a la creación de una Fundación, y una orientada a fortalecer una organización existente, creando una Departamento en su interior y dándole un mandato específico:

- Generar una **Fundación de derecho privado sin fines de lucro** que incluya las Municipalidades de la Región de Antofagasta que en su territorio contengan humedales (Calama, San Pedro, Ollagüe y Antofagasta), y el Gobierno Regional de Antofagasta.
- Generar una **Fundación de derecho privado sin fines de lucro** que incluya las Municipalidades de la Región de Antofagasta que en su territorio contengan

Folio007912

humedales1 (Calama, San Pedro, Ollagüe y Antofagasta), el Gobierno Regional de Antofagasta y un representante de las comunidades de cada una de las dos áreas de desarrollo indígenas Atacama la Grande y Alto Loa (ADI).

- Generar un **Area de desarrollo de conservación de Humedales altoandinos** dentro de un Centro de Investigación dedicado a desarrollo, fomento y difusión de investigación científica, ya existente en la Región.

En cualquiera de las dos primeras modalidades, los Alcaldes de las respectivas comunas; el Intendente Regional y el o los representantes de las comunidades (según sea el caso), serán denominados los "fundadores", y ellos, en un acto conjunto, presentarán los estatutos o escritura de la nueva Fundación, suscrita ante notario, a la secretaría municipal respectiva para su tramitación e inscripción en el Registro Nacional de Personas Jurídicas sin Fines de Lucro, del Registro Civil e Identificación.

Para proceder a la constitución de la nueva organización, se sugiere que los "fundadores" utilicen el modelo de estatuto constitutivo de Fundación como persona jurídica sin fines de lucro, que se rige por el título XXXIII del libro primero del código Civil. Este modelo de estatuto se encuentra plasmado en la resolución exenta N°1610, de mayo de 2012, del Ministerio de Justicia.

En el tercer caso, la institucionalidad a cargo de la conservación de los humedales altoandinos sería un departamento dentro de un Centro de Investigación que ya esté en actividad en la Región. Esta alternativa facilitaría la puesta en marcha de la institucionalidad planteada, al disminuir el requerimiento de capital inicial, el tiempo de inicio de operaciones y la logística general. Sin embargo, una estrategia como esta tiene algunos aspectos deficitarios, los que se explican más adelante.

5.2.3 Nombre de la Organización

Se propone que el nombre de la futura institucionalidad asociada a una Fundación, sea "Fundación para la Conservación de Humedales Altoandinos de la Región de Antofagasta".

Para la tercera propuesta se propone como nombre "Departamento de Desarrollo Sustentable de Humedales Altoandinos".

5.2.4 Objetivos de la Organización

Objetivo General

La institucionalidad tendrá por objeto principal contribuir a la conservación de los humedales altoandinos de la región de Antofagasta, a través de su seguimiento ambiental integrado y de la educación ambiental.

[1]La ley 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades permite a las municipalidades constituir fundaciones de derecho privado sin fines de lucro.

Folio007913

Objetivos Específicos

- Recopilar y administrar la información ambiental existente sobre humedales altoandinos para generar bases de datos integradas.
- Promover la realización de estudios científicos y ambientales que contribuyan al conocimiento y conservación de los humedales.
- Realizar el monitoreo ambiental de humedales altoandinos seleccionados.
- Establecer alianzas y acuerdos de colaboración con organismos estatales y entidades privadas que contribuyan a la conservación de los ecosistemas de humedales y el manejo sustentable de los mismos.
- Implementar planes y programas de Educación Ambiental sobre la conservación de los ecosistemas de humedales y sus servicios ecosistémicos.
- Difundir a la comunidad las actividades de la Fundación.

5.2.5 Patrimonio de la institucionalidad

El patrimonio de la institucionalidad, en el caso de una Fundación, será aquel que sus fundadores definan y su uso y beneficiarios será descrito en sus Estatutos en forma explícita. Este patrimonio se formará por recursos en dinero que serán aportados por sus fundadores u otros contribuyentes al inicio de su constitución legal y, adicionalmente podrá estar constituido por bienes no consistentes en dinero, los cuales también serán detallados en el acto constitutivo.

5.2.6 Estructura de la organización

La institucionalidad, en cualquiera de sus modalidades, estará conformada por los siguientes componentes organizacionales:

- Directorio
- Gerencia
- Unidad técnica

Desde la perspectiva del funcionamiento, se reconocen tres niveles funcionales, los cuales están asociados a las funciones de cada componente. Cada uno de estos niveles se asocia a uno o más de los componentes organizacionales, como se describe en la Figura 5.1.

Folio007914

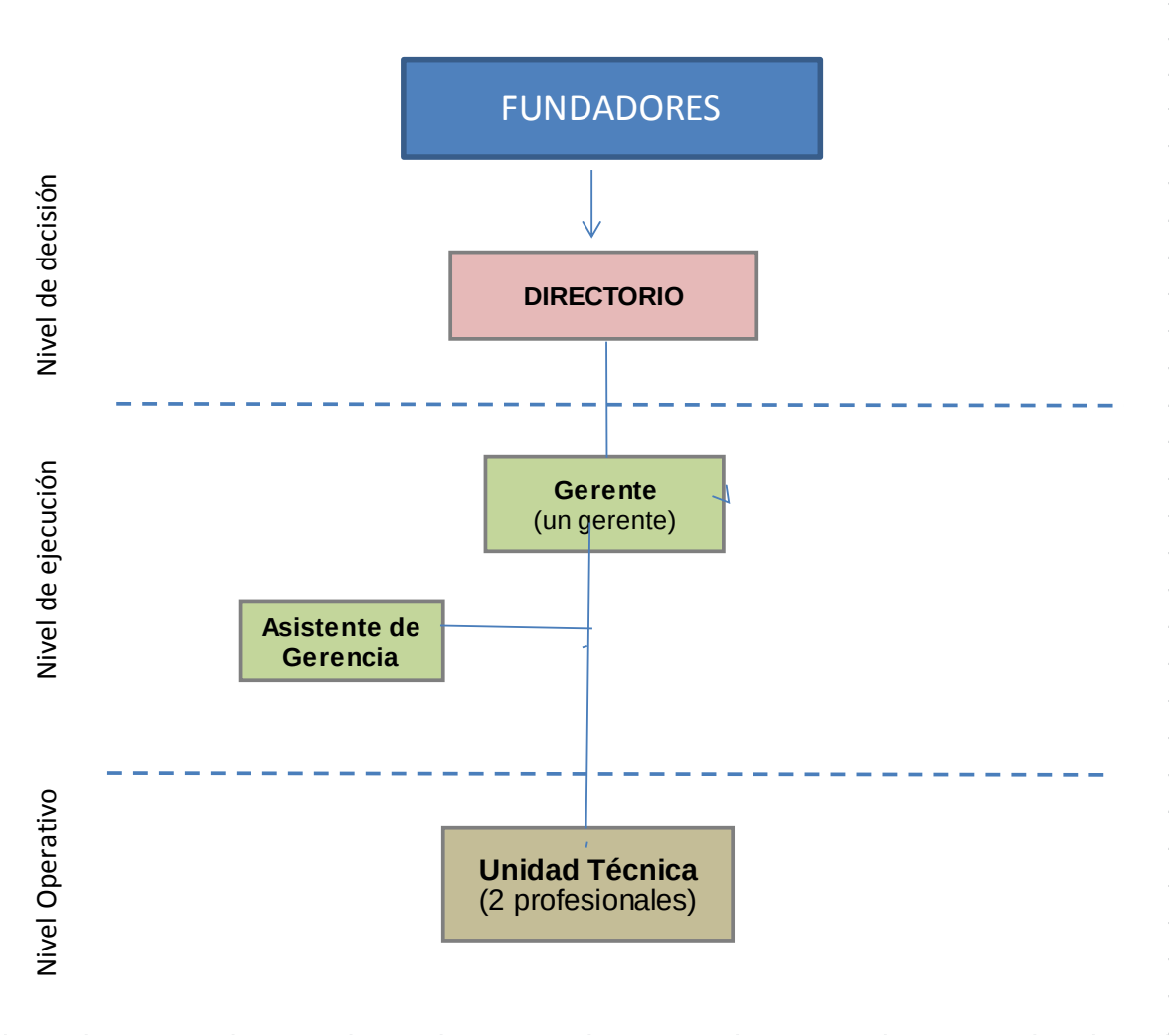


Figura 5.1: Esquema propuesto de la Estructura de la Fundación.

En el caso de que se genere un departamento dentro de un Centro de Investigación ya constituido, la estructura se simplifica y se propone que esté constituida sólo por una Gerencia y la Unidad Técnica, dado que al estar inserto en un centro de investigación la estructura superior ya existe.

A continuación se explica, para cada nivel táctico, las funciones principales asociadas a los componentes estructurales de las organizaciones propuestas. El análisis es válido para ambos tipos de organizaciones (Fundación o Departamento) con la salvedad de que en el caso de este último, el nivel de decisión le corresponde a la organización matriz.

Nivel de Decisión.

El Directorio será el órgano directivo de la Fundación. Tendrá a su cargo la administración de la misma y estará constituido por personas (un mínimo de tres, aunque se proponen 5) las cuales serán seleccionadas por los "fundadores", normalmente en la constitución de la Fundación, dejándolo plasmado en sus Estatutos, a título de Disposición Transitoria, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 548 inciso primero del Código Civil.

Las funciones y deberes del Directorio, entre otros, serán las siguientes:

- Dirigir la Fundación de forma tal de que se cumpla su misión y se alcancen sus objetivos.
- Vincular a la sociedad con los objetivos de la Fundación, a través de la búsqueda de recursos.
- Administrar los bienes de la fundación e invertir sus recursos.
- Aprobar y aplicar los Reglamentos necesarios para el adecuado funcionamiento de la Fundación.
- Nombrar y/o remover al Gerente, y,
- Aprobar la admisión de miembros Colaboradores2.
- Modificar los estatutos de la Fundación.
- Acordar la disolución de la Fundación

Como una forma de lograr que los Directores "acompañen" la evolución del desarrollo de la Fundación, se propone que duren en sus cargos por 2 años, renovables. Personas que hayan sido condenados a pena aflictiva no podrán ser elegidos Directores.

El Directorio estará compuesto por un Presidente, quién dirigirá las sesiones; un Vicepresidente, un Secretario y un Tesorero. La periodicidad de las reuniones será fijada por el mismo Directorio en su sesión inicial. En caso de renuncia, fallecimiento, remoción o cesación en el cargo de algún Director, el Directorio nombrará a su reemplazante, por acuerdo de la mayoría de sus miembros y de los "fundadores".

El Presidente del Directorio lo será también de la Fundación y no requerirá de la asistencia o actuación conjunta de otra persona para representar a la misma, con la excepción cuando deba girar, aceptar, endosar y cancelar documentos comerciales.
Las funciones del Presidente del directorio son, entre otras:

- Representar judicial y extrajudicialmente a la fundación
- Convocar y presidir las reuniones de Directorio.
- Ejecutar los acuerdos del Directorio.
- Presentar al Directorio el Presupuesto Anual de la fundación y el balance general de sus operaciones y,
- Velar por el fiel cumplimiento de los estatutos.

[2] Personas naturales y/o jurídicas que soliciten y se comprometan a colaborar gratuitamente en el desarrollo de los fines de la Fundación, mediante asistencia técnica, profesional o económica. Esta condición de Miembro Colaborador no crearía vínculo jurídico alguno con la Fundación.

Como una forma de asegurar la pluralidad y la flexibilidad en la toma de decisiones, se sugiere que la Presidencia del Directorio sea un cargo rotativo de tipo bi o trianual entre los Directores vigentes.

Los “fundadores” y el Directorio podrán consultar el parecer de uno o más Miembros Colaboradores sobre aspectos asociados al objeto de la Fundación e invitarlos, con derecho a voz a las reuniones de Directorio. Los Miembros Colaboradores podrán hacer proposiciones y sugerir proyectos orientados al desarrollo de la institución. Cuando el número de Miembros Colaboradores iguale o supere las 5 personas, serán incorporados a la orgánica de la Fundación y podrán constituirse en un Comité Consultivo, el cual podrá asesorar al Directorio en las materias y temáticas inherentes al fin de la Fundación. También podrán sugerir iniciativas de proyectos a presentar y apoyarán la gestión requerida para que la Fundación pueda canalizar eficientemente la información que requiere para cumplir su misión.

En el caso que se nombre un número importante de Miembros Colaboradores, se sugiere que estos sean elegidos entre personas representantes del sector público que tengan injerencia en las temáticas asociadas a la misión de la Fundación; junto a representantes del sector privado y de la comunidad en una proporción equilibrada, ej: 3 representantes del sector público y 2 del sector privado. Su nombramiento durará 2 años, renovables.

Nivel de Ejecución

La Fundación (o el Departamento), además, contará con una Gerencia que estará a cargo de un Gerente quién será responsable de gestionar el funcionamiento de la Fundación a nivel de la puesta en práctica o ejecución de los lineamientos dados por el Directorio y asume la responsabilidad del plan de trabajo.

Las funciones principales, entre otras, del Gerente son:

- Planificar las actividades anuales o plurianuales de la Fundación para presentarlas al Presidente del Directorio.
- Elaborar el presupuesto de la organización para su sanción en el Directorio.
- Organizar las unidades a su cargo, para que desarrollen las tareas comprometidas.
- Dirigir al personal a su cargo en términos de la alineación con los objetivos de la organización.
- Controlar la ejecución del plan de trabajo y el presupuesto asociado.
- Establecer las directrices y orientaciones en relación al manejo de bases de datos y estandarización de procedimientos.
- Reportar al Directorio el avance y el estado de la organización.

Adicionalmente, la Gerencia contempla un Asistente de Gerencia, cuyas funciones serán administrativas y contables.

Folio007917

La Gerencia será responsable además de apoyar la coordinación de las reuniones de Directorio (o de Jefes de Departamento, o cualquier estructura de decisión del Centro de Investigación), realizando las citaciones correspondientes, conjuntamente con la agenda de la reunión y las Actas correspondientes.

Funcionalmente, el Gerente reporta directamente al Directorio y supervisa las unidades operativas y aquellos cargos dependientes de la Gerencia.

El Comité Consultivo, de existir uno, podrá asesorar y apoyar, a través de la Gerencia, el análisis de la información de evaluaciones y monitoreos ambientales de humedales en forma integrada; la necesaria estandarización de los monitoreos; y la generación de propuestas de proyectos al Directorio.

Nivel Operativo

El tercer nivel de la organización dice relación con los Profesionales quienes son los que se encargan de operar el plan de trabajo directamente en el territorio asociado a su desempeño.

Las funciones de estos Profesionales son, entre otras, las siguientes:

- Realizar las actividades comprometidas en los planes de trabajo aprobados por el Directorio.
- Difundir, en forma planificada, los objetivos de la organización y de los planes de trabajo en operación.
- Elaborar informes de actividades y resultados.
- Analizar información primaria y secundaria para su consolidación en reportes periódicos.

Se contempla, en una primera etapa, que la Fundación o Departamento opere con 2 profesionales.

5.2.7 Financiamiento de la institucionalidad

5.2.7.1 Aspectos Generales

Dada la importancia de los objetivos de la organización y su compromiso de mediano y largo plazo con el desarrollo sustentable de ecosistemas de humedales, su desarrollo organizacional es fundamental. Para lograrlo, se requiere la utilización de la planificación estratégica y del marketing para lograr, en forma planificada, levantar fondos permanentes que permitan el éxito de la misión.

De esta forma, reconociendo que el Estado no es el único actor en las políticas públicas, sino que se reconoce que los municipios los privados y la misma ciudadanía son copartícipes de su implementación, se entiende que los recursos para el funcionamiento de la Fundación deberán ser gestionados con una estrategia mixta pública-privada.

Folio007918

5.2.7.2 Requerimientos

Los requerimientos de financiamiento para la Fundación o Departaamento están asociados a tres etapas claramente definidas: Etapa de Diseño, Etapa de Implementación y de operación en régimen.

La primera etapa, de diseño, busca conformar la organización en todos sus aspectos, creando la red de apoyo y la estructura definitiva de funcionamiento, lo que se necesite para su creación legal y sus estatutos. En esta etapa, la participación de los actores involucrados es relevante, lo que debe ser coordinado adecuadamente por un profesional dedicado a esta labor, que tenga la capacidad de aunar las voluntades e impulsar la formación de la nueva organización.

Se considera que esta etapa debería extenderse por alrededor de 6 meses y cuyos hitos de cumplimiento deberían ser la escritura pública de los estatutos de la nueva organización y el nombramiento y primera reunión del Directorio. Estos hitos pasan por la constitución de los “fundadores” quienes deberán generar dichos estatutos, gestionarlos y nombrar al Directorio. En el caso de un Departamento, se requerirá la decisión administrativa de la organización de origen para que éste se cree.

Los requerimientos en esta etapa pasan por el financiamiento de un profesional, oficina, servicios básicos, honorarios legales y, en fin, lo necesario e imprescindible para lograr el objetivo. Esta etapa debería ser financiada por los “fundadores” o la organización de base.

En la fase de Implementación, los requerimientos son distintos, la organización generará la estructura de trabajo básica que considera el núcleo básico de la Gerencia y los Profesionales. Se requerirá proveer de los requerimientos básicos de infraestructura y equipamiento de forma tal que puedan cumplir con los objetivos de la organización. Se considera que esta etapa debería extenderse, al menos, por un período de 12 meses, donde se ajustará el funcionamiento y la operación de forma tal de poder cumplir el objeto de la Fundación en forma adecuada.

Por último, como una extensión a la fase de implementación, la etapa siguiente de operación en régimen corresponde al funcionamiento ajustado de la Fundación y cumpliendo los objetivos para los cuales fue creada. En este documento no se hará una estimación de los costos asociados a esta etapa, fundamentalmente porque dependerán de la forma de trabajo adoptada por la misma organización y su gobierno interno. Se estima que sus costos anuales de operación deberían estar en el orden de aquellos presupuestados para la fase de implementación, excluyendo las inversiones.

5.2.7.3 Costos de implementación

Por otra parte, en la fase de implementación de un año, se estima que se requieren alrededor de MM$172 (6.890 UF) para la operación anual de la Fundación, y alrededor de MM$41 (1.640 UF), para inversiones mínimas. Esta información se desglosa en Tabla 5.1
.

Folio007919

Tabla 5.1: Costos de implementación de la "Fundación para la Conservación de Humedales Altoandinos de la Región de Antofagasta".

ITEM	Subítem	Precio unitario ($)	N° Unidades	Valor Total ($)
Recursos humanos	Gerente	3,000,000	12	36,000,000
	Asistente Gerencia	1,200,000	12	14,400,000
	Profesional 1	2,000,000	12	24,000,000
	Profesional 2	2,000,000	12	24,000,000
Gastos Generales	Arriendo oficina	2,000,000	12	24,000,000
	Servicios básicos (luz, agua, teléfonos, otros)	350,000	12	4,200,000
	Materiales de oficina	200,000	12	2,400,000
	Servicios generales (aseo,	250000	12	3,000,000
	Seguros (accidente autos y a terceros y salud)	100000	12	1,200,000
	Imprevistos	7500000	1	7,500,000
Operación	Alojamiento y alimentación	50,000	240	12,000,000
	Materiales de terreno	450,000	12	5,400,000
	Combustible	480	12000	5,760,000
	Arriendo de camioneta	50,000	100	5,000,000
	Otros	250,000	12	3,000,000
Inversiones	Mobiliario oficina	350,000	5	1,750,000
	Equipos de comunicación y localización	800,000	4	3,200,000
	Camioneta 4X4	18,500,000	1	18,500,000
	Equipos computacionales (5 PC-Notebook-5 Impresora)	600,000	5	3,000,000
	Equipo projector Data show	600,000	1	600,000
	Software SIG (Ej: ArcGIS 10.2.2 licencia oficial)	6,450,000	2	12,900,000
	Software de productividad	175,000	5	875,000
Total Operacional				**171,860,000**
Total Inversiones (año 1)				**40,825,000**
Totales Final				**212,685,000**

5.2.7.4 Estrategias de financiamiento

La estrategia de financiamiento debe considerar variadas fuentes de ingresos.

Por un lado, hay experiencias asociadas a organizaciones donde las Municipalidades y el Gobierno Regional tienen participación, donde se hace un aporte inicial, proporcional o equivalente, conducente a financiar en forma basal el funcionamiento de la organización. Este aporte “basal” es normalmente provisto en la constitución de la Fundación; queda reflejado en sus estatutos, y es parte de los aportes pecuniarios y no pecuniarios de los “fundadores".

Folio007920

Posteriormente, dada su personalidad jurídica, la futura Fundación como una forma de cofinanciar sus actividades, podría postular en forma independiente o asociada con terceros a proyectos competitivos financiados por diversos organismos al Gobierno Regional. Ejemplos de fondos competitivos son CORFO, a través de sus concursos de proyectos que apuntan a bienes públicos o nodos de innovación; FIA, en sus líneas de financiamiento asociadas a ganadería sustentable y diferenciada; el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC), regional, administrado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional; en caso de existir concursos FONSAG del Servicio Agrícola Ganadero, priorizar temas asociados a humedales. Dado que la mayoría de estos concursos requieren aportes de contraparte, se sugiere que de los recursos iniciales que dan origen a la Fundación, se destine una partida a cubrir aportes de contraparte en proyectos competitivos.

Otra fuente de financiamiento podría ser la asignación directa de fondos desde el Gobierno Regional mediante un convenio de transferencia, dado que la Ley de presupuesto de cada año permite la transferencia directa a fundaciones o corporaciones en el artículo 7 subtítulo 24 (Instrucciones para la ejecución para la Ley de presupuestos del sector público, año 2014).Estas transferencias tienen la restricción de que el aporte anual del Gobierno Regional para las fundaciones o corporaciones no debe superar el 5% del presupuesto anual de inversión del Gobierno Regional, según lo que presenta el artículo N°101 del Decreto con Fuerza de Ley N°1-19.175, en su inciso segundo. Sin perjuicio de lo anterior, la Ley de Presupuestos de cada año indica que ese porcentaje límite podría aumentar. Por su parte el mecanismo de este tipo de transferencias se encuentra descrito en el subtítulo 24 de “transferencias corrientes”, que comprende los gastos correspondientes a donaciones u otras transferencias corrientes que no representan la contraprestación de bienes o servicios. Incluye aportes de carácter institucional y otros para financiar gastos corrientes de instituciones públicas y del sector externo. Esta identificación presupuestaria se describe los gastos por concepto de transferencias que se efectúan a organismo incluidos en la Ley de Presupuestos del sector público, clasificadas en el subtítulo 05, ítem 02 para efectos de consolidación (Instrucciones para la ejecución para la Ley de presupuestos del sector público, año 2014). A su vez, en el ítem 05 se describe lo siguiente: corresponde a los ingresos que se perciben del sector privado, público y externo, sin efectuar contraprestación de bienes y/o servicios por parte de las entidades receptoras. Se destinan a financiar gastos corrientes, es decir, que no están vinculadas o condicionadas a la adquisición de un activo por parte del beneficiario. Las actividades financiables por estos recursos son las siguientes y tienen las siguientes particularidades:

- Todas aquellas necesarias para el funcionamiento de las asociaciones o corporaciones.
- Incluye gastos en personal y bienes y servicios de consumo.
- No requiere estar relacionado al cumplimiento de un programa.
- Deben enmarcarse dentro del objetivo para el cual han sido creadas conforme a sus estatutos.
- Contribuir al desarrollo regional en los ámbitos social, económico y cultural.
- Rinde cuentas a la Contraloría General de la República según Resolución Exenta N° 759/03.

Folio007921

Una tercera fuente de ingresos pueden ser donaciones de empresas y privados tanto en Chile como del extranjero como ocurre en la Fundación de Protección de Humedales en países como USA y Canadá.

En Chile por la vía de diversas leyes, se ha favorecido a ciertas instituciones al recibir donaciones con franquicias tributarias. El Impuesto a la Renta (Decreto Ley N° 824) se aplica como un porcentaje de la renta líquida del contribuyente (tanto donante como donatario), la cual se determina según las normas tributarias vigentes. Una franquicia a este impuesto por realizar donaciones consiste en disminuir el monto del Impuesto a la Renta que debe pagar el donante, sujeto a ciertos límites y requisitos, mediante el otorgamiento de un crédito fiscal por un porcentaje del monto donado y/o permitiendo que éste se deduzca como gasto de la renta imponible. Dicha franquicia constituye un incentivo económico para hacer donaciones, ya que las hace "más baratas" para el donante, el crédito fiscal que puede aplicar es el 50% de la donación, rebaja Impuesto a las Donaciones. La Ley N° 16.271 determina que cuando alguien recibe una donación, no está obligado a pagar impuesto a la Renta por los ingresos recibidos. Sin embargo, se le aplica un impuesto especial a las donaciones que consiste en un porcentaje del monto donado, y que debe ser pagado por el donante o el donatario. En todos los casos en que hay franquicias especiales al Impuesto a la Renta por donaciones, la ley aplica una exención total del Impuesto a las Donaciones.

Una cuarta fuente de ingresos puede ser la presentación de proyectos a fondos internacionales asociados a la conservación y manejo sustentable de ecosistemas. Esta fuente de financiamiento puede apoyar actividades específicas que desarrolle la futura Fundación y servir como instrumento para canalizar aportes de empresas privadas internacionales a la conservación y protección ambiental.

Una quinta fuente de ingresos serían los que se generarían por rentas o eventuales servicios prestados a diferentes clientes (personas naturales o jurídicas, nacionales o internacionales, públicas o privadas), recursos que deben ser destinados a los fines de la Fundación o a incrementar su patrimonio.

5.2.8 Análisis comparatitvo estratégico y de costos operacionales.

Para evaluar la conveniencia de transitar por uno u otro diseño de institucionalidad, parece pertinente realizar un análisis comparativo de, por un lado los requisitos que debe cumplir la organización propuesta y, por otro lado, de los costos operacionales de ambas figuras propuestas.

En este sentido, la Tabla 5.2 muestra una comparación entre ambos tipos principales de institucionalidad propuestos, respecto a los requisitos que la organización debe poseer. Se observa que el grado de dependencia de la entidad receptora, establece la gran diferencia entre la Fundación y un Departamento dentro de otra organización.

Folio007922

Tabla 5.2 Requisitos y tipo de institucionalidad. Análisis comparativo

Requisitos	Tipo de Institucionalidad	
	Fundación	**Departamento**
Puente entre mundo privado y público	SI	Depende de la institución receptora
Imparcial y plural	SI	Depende de la institución receptora
Sin fines de lucro	SI	SI
Gestión ágil y eficiente	SI	SI
Capacidad de convocatoria	Variable	Variable
Capacidad de apalancamiento de recursos	Alta	Depende de la institución receptora
Capacidad de desarrollo y evolución	SI	Depende de la institución receptora

Desde la perspectiva de los costos, la Tabla **5.3** muestra los costos comparativos entre la Fundación y el Departamento. Se observa una disminución significativa de los Gastos Generales (que alcanza a cerca del 51%), aunque a nivel de los costos totales, la reducción de éstos es de sólo un 13,2%.

Tabla 5.3 Costos comparativos de operación anual entre las diferentes organizaciones propuestas (valores aproximados)

Item	Fundación		Departamento	
	MM$	**% del total**	**MM$**	**% del total**
Recursos humanos	98.4	46.3	91.8	49.8
Operación	31.16	14.7	31.16	16.9
Inversión	40.83	19.2	40.83	22.1
Gastos generales	42.3	19.9	20.7	11.2
TOTAL	**212.69**	**100**	**184.49**	**100**

Folio007923

5.2.9 Perfiles de Cargos de la Fundación

a) Gerente

a. Dependencia jerárquica: Depende de Directorio.
b. Función del cargo: Planificar, organizar, dirigir, coordinar y controlar las actividades de la Fundación. Asesorar al Directorio de la Fundación en la gestión de la misma.
c. Formación: Profesional universitario de las carreras de Ing. Civil Industrial; Ing. Agrónomo o Forestal, Ingeniero Ambiental, Biólogo, o carreras afines, con formación en Administración de empresas o dirección de equipos de trabajo. Postgrado, deseable, a nivel de Magister con conocimientos en medio ambiente y humedales.
d. Experiencia: Entre 7 y 10 años de experiencia.
e. Aptitudes: Personales: Liderazgo, Trabajo en equipo, Flexibilidad para liderar equipos multidisciplinarios; Focalización en el logro de objetivos; Empatía. Inglés deseable.

b) Asistente Gerencia

a. Dependencia jerárquica: Gerente.
b. Función del cargo: Asistir al Gerente en los ámbitos de la gestión de la Fundación, procurando los antecedentes existentes sobre los temas objeto de análisis y efectuar el seguimiento de los mismos hasta su dilucidación. Recibir y atender público, llevar agenda de actividades, recibir, clasificar y archivar documentación, generar documentación y despacho de la misma.
c. Formación: Profesional universitario o de nivel técnico, de la carrera de Administración Pública o Ing. en Ejecución en Administración, Técnico en Administración o Secretariado Ejecutivo.
d. Experiencia: Más de 2 años de experiencia.
e. Aptitudes:Técnicas: Manejo de software de productividad (procesador de texto, planilla electrónica, presentaciones) y de base de datos. Inglés. Personales: Tolerancia a la rutina, responsabilidad y confiabilidad, cordialidad y empatía, buenas relaciones interpersonales, iniciativa, dinamismo y proactividad, tacto y reserva.

c) Profesional 1:

a. Dependencia jerárquica: Gerente.
b. Función del Cargo: Recopilar, gestionar y elaborar información asociada al estado de los recursos naturales. Desarrollar estudios de campo asociados a evaluar sistemas hidrobiológicos. Analizar información técnica.
c. Formación: Profesional universitario Ingeniero del área Ambiental, Biológica, como Biólogo o Biólogo Marino, Ing. Agrónomo o Forestal; Ingeniero Químico, o carrera afín.
d. Experiencia: Más de 3 años de experiencia en funciones asociadas al manejo y caracterización de áreas silvestres, biodiversidad o similar.

Folio007924

e. Aptitudes: Manejo de software de productividad y de bases de datos, deseable capacidades en manejo de SIG. Capacidad de análisis, orientación a resultados, buena relación con el medio, meticulosidad, buen nivel de comunicación verbal y escrita.

d) Profesional 2

a. Dependencia del cargo: Gerente.
b. Función del cargo: Elaborar información primaria y secundaria asociada al estado de los recursos naturales. Apoyar el desarrollo de estudios de campo asociados a evaluar sistemas hidrobiológicos. Analizar información técnica. Aplicar técnicas de bases de datos para obtener información secundaria a partir de datos dispersos.
c. Formación: Profesional universitario de las carreras de Geografía o Cartografía, o afín.
d. Experiencia: 5 años de experiencia.
e. Aptitudes: Manejo de software de productividad y de bases de datos, buen nivel en manejo de SIG y geoestadística. Capacidad de análisis, orientación a resultados, buena relación con el medio, meticulosidad, buen nivel de comunicación escrita.

5.3 CARTERA DE PROYECTOS

En base al diagnóstico realizado de la condición ambiental de los sistemas hidrobiológicos del área de estudio detallada en el capítulo 3 de este documento, se procedió a generar una cartera de eventuales iniciativas a implementar, de forma tal de profundizar en el conocimiento de los sistemas hidrobiológicos terrestres de la región, apoyar con esa información la mejor gestión del territorio y algunas iniciativas en el área de educación ambiental y capacitación en monitoreo ambiental de estos sistemas, de por si, complejos.

Las iniciativas, que aquí se presentan en formato de perfil ejecutivo, comprenden estudios conducentes a entender de mejor forma los ecosistemas y a su monitoreo ambiental y programas, enfocados en educación ambiental, capacitación y agregación de valor a partir de los servicios ecosistémicos que estos ecosistemas tienen.

5.3.1 Iniciativas de proyecto

Las iniciativas que se detallan en el punto 5.3.1 a continuación son las siguientes:

- **Estudio de caracterización de humedales altoandinos, hoy no supervisados, de la Región de Antofagasta, mediante un sistema de monitoreo ambiental básico e integrado**.

- **Estudio de identificación de áreas críticas de conservación de biodiversidad de humedales de la Región de Antofagasta**

Folio007925

- **Programa de capacitación en monitoreo integral y participativo de humedales y sitios protegidos.**

- **Programa de monitoreo ambiental participativo de humedales altoandinos de la Región de Antofagasta**

- **Programa piloto de educación ambiental sobre estados ecológicos y monitoreo de humedales para jóvenes, niños y profesores de la Región de Antofagasta**

- **Programa de desarrollo de un clúster turístico de áreas de interés cultural y de conservación científica para la zona andina de la región de Antofagasta**

Folio007926

5.3.2 Fichas de iniciativas de proyecto

Estudio: Caracterización de humedales altoandinos, hoy no supervisados, de la Región de Antofagasta, mediante un sistema de monitoreo ambiental básico e integrado.

REGIÓN(ES)	De Antofagasta
PROVINCIA (S)	El Loa y Antofagasta
NOMBRE ESTUDIO	**Caracterización de humedales altoandinos, hoy no supervisados, de la Región de Antofagasta, mediante un sistema de monitoreo ambiental básico e integrado.**
UNIDAD EJECUTORA	Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente
MONTO TOTAL DE LA INVERSION (aproximado)	4845 UF
DURACION DEL ESTUDIO	24 meses
NUMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS	Las comunidades asociadas a los sistemas hidrobiológicos, e indirectamente los habitantes de la zona altoandina de la Región de Antofagasta.
OBJETIVO – PROPOSITO DEL ESTUDIO	Caracterizar el estado actual de siete humedales altoandinos no supervisados, de importancia ambiental, mediante la implementación de un plan de monitoreo ambiental integrado básico[3].
COMPONENTES (Objetivos específicos)	El estudio se divide en cuatro componentes principales, los cuales serán considerados etapas, para su implementación. - Identificar, mediante una metodología analítica y participativa, los sistemas hidrobiológicos a monitorear - Implementar el plan de monitoreo básico en siete (7) sistemas hidrobiológicos altoandinos - Evaluar el estado ambiental de los siete sistemas hidrobiológicos altoandinos - Transferir la información generada a las comunidades y los involucrados en este tipo de sistemas.

[3] Monitoreo básico: Corresponde a un grupo de mediciones u observaciones de variables de estado que definen el funcionamiento ecosistémico de un sistema hidrobiológico terrestre, aplicable a sistemas no conocidos o en estado natural, con fines de diagnosticar su condición ecológica.

PRODUCTOS ESPERADOS	Modelo de sistema de monitoreo básico integrado, implementado Diagnóstico del estado ecológico de siete sistemas hidrobiológicos alto andinos, determinado. Información del estado ecológico actual de los sistemas, transferido a las comunidades locales.
Notas	El alcance de este estudio considera la implementación de la propuesta metodológica de monitoreo integrado en una serie de sistemas hidrobiológicos que no cuentan en la actualidad con supervisión de sus compartimentos ambientales, el análisis de los datos recopilados y la transferencia de la información a las comunidades asociadas y a la ciudadanía, en general.

Presupuesto aproximado y duración del estudio

COMPONENTE/ACTIVIDAD	TIEMPO (semanas, meses o años)	COSTO (UF)
Etapa 1: Identificar, mediante una metodología analítica y participativa, los sistemas hidrobiológicos a monitorear	**180 días**	**430**
Etapa 2: Implementar el plan de monitoreo básico en siete (7) sistemas hidrobiológicos altoandinos	**540 días**	**3245**
Etapa 3: Evaluar el estado ambiental de los siete sistemas hidrobiológicos altoandinos	**420 días**	**690**
Etapa 4: Transferir la información generada a las comunidades y los involucrados en este tipo de sistemas.	**300 días**	**480**

Estudio: Identificación de áreas críticas de conservación de biodiversidad de humedales de la Región de Antofagasta

REGIÓN(ES)	De Antofagasta
PROVINCIA (S)	El Loa y Antofagasta
NOMBRE ESTUDIO	**Identificación de áreas críticas de conservación de biodiversidad de humedales de la Región de Antofagasta**
UNIDAD EJECUTORA	Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente
MONTO TOTAL DE LA INVERSION (aproximado)	5.201 UF
DURACION DEL ESTUDIO	24 meses
NUMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS	Las comunidades asociadas a los sistemas hidrobiológicos, e indirectamente los habitantes de la zona altoandina de la Región de Antofagasta.
OBJETIVO – PROPOSITO DEL ESTUDIO	Identificar las áreas prioritarias para la conservación de la diversidad biológica de los humedales de la Región de Antofagasta mediante metodologías cuantitativas.
COMPONENTES (Objetivos específicos)	El estudio se divide en tres componentes principales, los cuales serán considerados etapas, para su implementación. - Recopilar información geográfica y de caracterización biológica de los sistemas hidrobiológicos terrestres de la Región de Antofagasta - Analizar las variables físicas y biológicas desde la perspectiva geográfica. - Definir la distribución de la biodiversidad y sus áreas críticas modelando estadísticamente sus hábitats.
PRODUCTOS ESPERADOS	Base de datos de biodiversidad regional asociada a sistemas hidrobiológicos terrestres. Hábitat de especies y grupos de especies, definidos y caracterizados Modelos de distribución y abundancia estadística de poblaciones de especies críticas, validados. Modelos de optimización de hábitat, validados. Áreas críticas para la conservación, identificadas y caracterizadas.

Folio007929

	Mapas temáticos de biodiversidad, disponibles.
Notas	Dada la necesidad de ordenar ecológicamente el territorio, de forma tal de prevenir y minimizar conflictos surgentes entre diversos sectores de la economía; la obligación de los Estados de realizar acciones que permitan la conservación de especies y hábitat relevantes que representen la diversidad biológica de cada país, se hace necesario identificar las áreas críticas de conservación de la biodiversidad, en forma especial, en estos sistemas hidrobiológicos únicos en el mundo. El alcance de este estudio por lo tanto, es establecer, mediante metodologías cuantitativas y repetibles, la distribución más probable de especies y hábitat en el territorio, identificando aquellas áreas de particular riqueza y diversidad. Esta información servirá de base para el ordenamiento ecológico del territorio, para la toma de decisiones de la autoridad ambiental y, para poner en valor el territorio para sus habitantes.

Presupuesto aproximado y duración del estudio

COMPONENTE/ACTIVIDAD	TIEMPO (días, semanas, meses o años)	COSTO (UF)
Etapa 1: Recopilar información geográfica y de caracterización biológica de los sistemas hidrobiológicos terrestres de la Región de Antofagasta	**180 días**	**1.028**
Etapa 2: Analizar las variables físicas y biológicas desde la perspectiva geográfica.	**180 días**	**1.132**
Etapa 3: Definir la distribución de la biodiversidad y sus áreas críticas modelando estadísticamente sus hábitats.	**480 días**	**3.041**

Folio007930

<u>Programa:</u> Programa de capacitación en monitoreo integral y participativo de humedales y sitios protegidos.

REGIÓN(ES)	De Antofagasta
PROVINCIA (S)	El Loa y Antofagasta
NOMBRE PROGRAMA	**Programa de capacitación en monitoreo integral y participativo de humedales y sitios protegidos.**
UNIDAD EJECUTORA	Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente
MONTO TOTAL DE LA INVERSION (aproximado)	4.583 UF
DURACION DEL PROGRAMA	24 meses
NUMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS	165 personas
OBJETIVO – PROPOSITO DEL PROGRAMA	Incrementar los conocimientos técnicos del personal asociado a organismos e instituciones públicas con injerencia en la supervisión, monitoreo y evaluación de sistemas hidrobiológicos terrestres y miembros de las Comunidades relacionadas al Territorio de la Región de Antofagasta, en monitoreo integral y participativo de humedales y otros sistemas hidrobiológicos terrestres.
COMPONENTES Y ACTIVIDADES	El Programa consta de los siguientes componentes y actividades: a) Diseñar un Programa de Capacitación en Monitoreo Integral y Participativo de Humedales a.1.Determinación de los grupos objetivo a.2. Desarrollo de planes y programas, basados en competencias. a.3. Validación pedagógica de los Planes y Programas desarrollados a.4. Elaboración de indicadores de evaluación del Programa b) Elaborar recursos educativos pertinentes a cada grupo objetivo b.1. Elaboración de videos b.2. Elaboración de cursos para plataforma WEB. b.3. Elaboración de materiales y metodologías de aprendizaje, focalizadas en diferentes técnicas de aprendizaje.

Folio007931

	b.4. Elaboración de cursos presenciales tipo aprender-haciendo c) Implementar el diseño del Programa de Capacitación c.1. Implementación de cursos online c.2. Implementación de cursos presenciales c.3. Incorporar componentes específicos (Unidades) al currículum de escuelas y colegios asociadas al territorio. d) Evaluar los resultados y el impacto del Programa. d.1. Aplicación de indicadores de evaluación del Programa d.2. Evaluación de impacto del Programa.
PRODUCTOS ESPERADOS	30 funcionarios públicos capacitados en monitoreo y evaluación de sistemas hidrobiológicos terrestres. 15 monitores, miembros de las comunidades, capacitados en monitoreo y evaluación ambiental de los sistemas de humedales y cuerpos de agua. 120 personas capacitadas en monitoreo básico de parámetros ambientales de sistemas de humedales y cuerpos de agua. Material educativo sobre evaluación, protección y restauración de humedales, disponible en colegios y escuelas del territorio.
Notas	Esta iniciativa busca profundizar los conocimientos en monitoreo y evaluación de sistemas hidrobiológicos terrestres en el personal asociado a los servicios públicos con injerencia en la supervisión de este tipo de sistemas naturales; personal de Municipios; la formación de monitores en el tema y capacitar a alrededor de 120 personas, para dejarlos habilitados en monitoreo básico de humedales. Adicionalmente, el programa busca generar recursos educativos sobre evaluación, protección y restauración de humedales, para dejarlos disponibles en colegios y escuelas del territorio.

Presupuesto aproximado y duración del programa

COMPONENTE/ACTIVIDAD	TIEMPO (semanas, meses o años)	COSTO (UF)
Etapa 1: Diseño de Programa	**90 días**	**348**
Etapa 2: Desarrollo de Recursos Educativos	**240 días**	**1.595**
Etapa 3: Implementación del Programa de Capacitación	**240 días**	**2.432**
Etapa 4: Evaluación de Impacto del Programa	**60 días**	**208**

Folio007933

Programa: Monitoreo ambiental participativo de humedales altoandinos de la Región de Antofagasta

REGIÓN(ES)	De Antofagasta
PROVINCIA (S)	El Loa y Antofagasta
NOMBRE ESTUDIO	**Monitoreo ambiental participativo de humedales altoandinos de la Región de Antofagasta**
UNIDAD EJECUTORA	Municipalidad de San Pedro
MONTO TOTAL DE LA INVERSION (aproximado)	2.577 UF
DURACION DEL ESTUDIO	24 meses
NUMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS	Las comunidades asociadas a los sistemas hidrobiológicos, e indirectamente los habitantes de la zona altoandina de la Región de Antofagasta.
OBJETIVO – PROPOSITO DEL ESTUDIO	Establecer un plan de monitoreo ambiental participativo de humedales altoandinos,
COMPONENTES (Objetivos específicos)	El estudio se divide en cuatro componentes principales, los cuales serán considerados etapas, para su implementación. - Formar un Comité Ciudadano de Monitoreo de Humedales - Capacitar a las comunidades en técnicas de monitoreo y análisis de datos. - Establecer un sistema de registros y bases de datos, compatible con los sistemas de información oficiales. - Evaluar el impacto del sistema de monitoreo ambiental participativo
PRODUCTOS ESPERADOS	Comité Ciudadano de Monitoreo de Humedales, formado. 60 personas capacitadas en técnicas de monitoreo y análisis de datos Base de datos de monitoreo, disponible y accesible Interface pública de información, disponible Impacto del programa, evaluado.
Notas	El alcance de este estudio dice relación con abordar la problemática asociada a los efectos de la concentración de los derechos de aprovechamiento de agua por grandes

Folio007934

	empresas mineras, de energía u otras, lo que ha limitado el acceso equitativo de las comunidades al recurso, como así también el abastecimiento que permite mantener la integridad de los sistemas naturales. La estrategia se basa en establecer una asociación entre entes como gobiernos locales (Municipios), la ciudadanía (comunidades) y la academia o entidades técnicas (organizaciones I&D+i) para la definición conjunta de programas de trabajo en torno a la biodiversidad de ecosistemas acuáticos terrestres y su monitoreo ambiental, de tipo participativo y con resultados de libre acceso, confiables y válidos.

Presupuesto aproximado y duración del programa

COMPONENTE/ACTIVIDAD	TIEMPO (días, semanas, meses o años)	COSTO (UF)
Etapa 1: Formar un Comité Ciudadano de Monitoreo de Humedales	**180 días**	**540**
Etapa 2: Capacitar a las comunidades en técnicas de monitoreo y análisis de datos	**180 días**	**683**
Etapa 3: Establecer un sistema de registros y bases de datos, compatible con los sistemas de información oficiales	**300 días**	**1.174**
Etapa 4: Evaluar el impacto del sistema de monitoreo ambiental participativo	**60 días**	**180**

Folio007935

Programa: Programa piloto de educación ambiental sobre estados ecológicos y monitoreo de humedales para jóvenes, niños y profesores de la Región de Antofagasta

REGIÓN(ES)	De Antofagasta
PROVINCIA (S)	El Loa y Antofagasta
NOMBRE PROGRAMA	**Programa piloto de educación ambiental sobre estados ecológicos y monitoreo de humedales para jóvenes, niños y profesores de la Región de Antofagasta.**
UNIDAD EJECUTORA	Ministerio del Medio Ambiente (SEREMI Antofagasta) a licitar.
MONTO TOTAL DE LA INVERSION (aproximado)	6.660 UF
DURACION DEL ESTUDIO	36 meses
NUMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS	Niños, jóvenes y profesores de escuelas y liceos de certificación ambiental de las comunas de Calama, San Pedro, Ollagüe y Antofagasta que en su territorio presentan humedales altoandinos.
OBJETIVO – PROPOSITO DEL ESTUDIO	Diseñar e implementar un plan piloto de educación ambiental sobre estados ecológicos y monitoreos de humedales altoandinos.
COMPONENTES (Objetivos específicos)	El estudio se divide en cuatro componentes principales, los cuales serán considerados etapas, para su implementación. - Diseñar un plan de estudio basado en desarrollo de competencias y resultados de aprendizajes, para incorporar en el currículum escolar de niños, jóvenes y profesores. - Desarrollar recursos educativos adaptados a los diversos estilos de aprendizajes (Perceptivo, global, activo, visual y reflexivo) validados por expertos, centros de estudios y las comunidades. - Implementar el plan piloto de educación ambiental en un colegio o liceo de aquellas comunas que contengan humedales en su territorio. - Evaluar el impacto del programa de educación ambiental a partir de indicadores de cumplimiento sobre las competencias y habilidades a desarrollar.
PRODUCTOS ESPERADOS	-- Plan de estudio en educación ambiental de humedales y monitoreos ambientales, desarrollado, con fichas de clases

	preparadas y validadas por los actores relevantes de la Región de Antofagasta. - 1 colegio o liceo con el plan piloto incorporado al currículum escolar y aplicado en la educación de al menos 50 niños y jóvenes. - 25 profesores capacitados en incorporación de temáticas como estados ecológicos de los humedales y monitoreos ambientales, en sus respectivas asignaturas.
Notas	El alcance de este estudio dice relación con abordar la problemática asociada a la falta de competencias y habilidades de los niños jóvenes y profesores de la región para identificar, analizar y evaluar las variables ecológicas que determinan el estado de los humedales requeridas para realizar evaluaciones ambientales de los humedales altoandinos. Esta iniciativa se encuentra alineada con la Estrategia Regional de Desarrollo de Antofagasta del Gobierno Regional en sus lineamientos estratégicos, objetivos generales y líneas de acción. Se alinea con el lineamiento Estratégico 1.Educación de Calidad. Objetivo general 1. Mejorar la calidad de la educación pública pre-básica, básica y media, mediante la implementación de procesos de aprendizaje que fortalezcan la capacidad innovadora de los niños, niñas y jóvenes de la Región, y Línea de acción i. Mejorar los procesos de aprendizaje de los alumnos de educación pública municipal y particular subvencionada, promoviendo el desarrollo de iniciativas innovadoras desde la educación inicial, para optimizar la internalización de competencias y el desarrollo de talentos.

Presupuesto aproximado y duración del programa

COMPONENTE/ACTIVIDAD	TIEMPO (días, semanas, meses o años)	COSTOS (UF)
Etapa 1: Diseño del Programa de educación ambiental	**12 meses**	**1.622**
Etapa 2: Desarrollar recursos educativos	**12 meses**	**2.522**
Etapa 3: Implementar el plan piloto	**10 meses**	**2.036**
Etapa 4: Evaluar el impacto del plan piloto	**3 meses**	**480**

Folio007937

Programa: Desarrollo de un clúster turístico de áreas de interés cultural y de conservación científica para la zona andina de la región de Antofagasta

REGIÓN(ES)	De Antofagasta
PROVINCIA (S)	El Loa y Antofagasta
NOMBRE PROGRAMA	**Desarrollo de un clúster turístico de áreas de interés cultural y de conservación científica para la zona andina de la región de Antofagasta.**
UNIDAD EJECUTORA	Ministerio del Medio Ambiente (SEREMI Antofagasta), Sernatur, CONAF, CONADI.
MONTO TOTAL DE LA INVERSION (aproximado)	6.022 UF
DURACION DEL PROGRAMA	24 meses
NUMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS	Comunidades y habitantes del territorio asociado a los sistemas hidrobiológicos andinos de la Región de Antofagasta.
OBJETIVO – PROPOSITO DEL ESTUDIO	Diseñar un plan de encadenamiento productivo-turístico-cultural-científico del territorio con humedales andinos en la Región de Antofagasta.
COMPONENTES (Objetivos específicos)	El estudio se divide en cuatro componentes principales, los cuales serán considerados etapas, para su desarrollo: - Definir áreas de interés turístico cultural y de observación de flora, fauna y paisaje y de exploración científica de los sistemas hidrobiológicos andinos de la región de Antofagasta. - Diseñar, en forma participativa, circuitos de interés turístico cultural y científico y sus necesidades de infraestructura, logística y capacidad. - Promover el desarrollo de un clúster turístico de intereses especiales asociado a la cultura atacameña; la observación de flora, fauna y paisaje y de exploración científica de humedales andinos. - Difundir los circuitos turísticos a nivel nacional e internacional.
PRODUCTOS ESPERADOS	- Catastro de áreas de interés turístico cultural, de observación de flora y fauna y paisaje y, de exploración científica del territorio andino de la región de Antofagasta. - Circuitos especializados de intereses especiales de

Folio007938

	la zona de humedales andinos de la región de Antofagasta, caracterizados y definidos. - Clúster turístico de intereses especiales asociado a humedales andinos, desarrollado. - Plan de difusión del clúster, desarrollado.
Notas	El alcance de este estudio dice relación con abordar la oportunidad de generar un encadenamiento productivo transversal que una un territorio único y especial con comunidades indígenas ancestrales y su cultura, curiosidad científica nacional e internacional y de observación de flora, fauna y paisaje, que permita reconocer a la Región de Antofagasta y a este territorio, por un clúster turístico de intereses especiales asociado a los humedales andinos y la cultura atacameña. Esta iniciativa tiene en consideración las disposiciones del convenio 169 de la OIT en el marco de potenciar un diálogo permanente entre las comunidades indígenas, el gobierno y las empresas.

Presupuesto aproximado y duración del programa

COMPONENTE/ACTIVIDAD	TIEMPO (días, semanas, meses o años)	COSTOS (UF)
Etapa 1: Definir áreas de interés turístico cultural.	**6 meses**	**450**
Etapa 2: Diseñar circuitos de interés…	**12 meses**	**850**
Etapa 3: Promover el desarrollo de un clúster turístico.	**8 meses**	**1.222**
Etapa 4: Difundir los circuitos turísticos a nivel nacional e internacional.	**12 meses**	**3.500**
Total	**24 meses**	**6.022**

Folio007939

REFERENCIAS

Folio007940

6 REFERENCIAS

ACEITUNO, P., 1993. Aspectos generales del clima en el Altiplano sudamericano. En "Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos. Arica-Chile, 19-21 octubre 1993", Vicerrectoría Académica y Estudiantil, U. de Chile, 390 pp.

ACEITUNO, P., 1996. Elementos del Clima en el Altiplano Sudamericano.

AHUMADA, M. & FAÚNDEZ, L., 2009. Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. 118 p.

AHUMADA, M., AGUIRRE F., CONTRERAS, M. & FIGUEROA, A., 2011, Guía para la conservación y seguimiento ambiental de Humedales Andinos. División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente (MMA), Unidad Gestión Ambiental, Departamento de Protección de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas (DGA).

ALONSO, H., & RISACHER, F. 1996. Geoquímica del Salar de Atacama, parte 1: origen de los componentes y balance salino. Revista Geológica de Chile v.23 (n.2): pp.113-122.

CAPACCIONI, B., ROSSI, P.L., TASSI, F., AGUILERA, F., 2009. Origin and environmental impact of fluid discharges from the El Tatio geothermal field (Antofagasta region, Northern Chile). GeoActa. 01/2009; 9045-sp2:59-73.

CENTRO DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AMBIENTALES (CEAA), 2008a. Análisis de la Biodiversidad Región de Antofagasta. Informe Final Oasis de Calama. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. Proyecto Código BIP: 30065576-0.

CENTRO DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AMBIENTALES (CEAA), 2008b. Análisis de la Biodiversidad Región de Antofagasta. Informe Final Volcán Licancabur. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. Proyecto Código BIP: 30065576- 0.

CENTRO DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AMBIENTALES (CEAA), 2008c. Análisis de la Biodiversidad Región de Antofagasta. Informe Final Geiseres del Tatio. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. Proyecto Código BIP: 30065576-0

CENTRO DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AMBIENTALES (CEAA), 2008d. Análisis de la Biodiversidad Región de Antofagasta. Informe Final Laguna Lejía. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. Proyecto Código BIP: 30065576-0.

CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN), 2010a. Caracterización Base de Vegas y Bofedales Altoandinos para una Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos. Primera Parte: Región de Antofagasta. Proyecto CIREN-INNOVA de CORFO. Informe Final, Noviembre 2010, 112 pp.

Folio007941

CHANDER, G., MARKHAM, B. L. and HERDEL, D. L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors, Remote Sens. Environ., 113(5), 893–903, doi:10.1016/j.rse.2009.01.007.

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIOAMBIENTE (CONAMA), 2002. Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta, CONAMA II Región, 39 pp.

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIOAMBIENTE (CONAMA), 2012. Estrategia Regional y Plan de acción para la Conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la región de Antofagasta.

CONTRERAS, J.P., 2002. Norte de Chile: conservación de humedales altoandinos para un desarrollo productivo sustentable. Revista Ambiente y Desarrollo / VOL XVIII / Nº 2-3-4 / pp: 125 – 131.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2003. Plan de Acción para la Conservación y uso sustentable de Humedales Altoandinos (PACHA). CONAF, Convención Ramsar, 38 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2008a. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008. Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama, 12 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF) 2008b. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008. Salar de Pujsa, 23 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF) 2008c. Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (FIR) - Versión 2006-2008. Salar de Aguas Calientes IV, 18 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2008d. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008. Salar de Tara, 15 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2008e. Actualización Plan de Manejo Participativo, Reserva Nacional Los Flamencos, Corporación Nacional Forestal, Región de Antofagasta, 143 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2009. Censo de Camélidos Altoandinos.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2010. Programa Nacional para la Conservación de Humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Convenio de Eficiencia Institucional 2010, 100 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2010a. Censo Invernal de Avifauna Altoandina. Departamento de Áreas Protegidas y Medio Ambiente.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2010b. Censo estival de Avifauna Altoandina. Departamento de Áreas Protegidas y Medio Ambiente.

Folio007942

DE LA FUENTE, A. & NIÑO, Y., 2010. Temporal and spatial features of the thermohydrodynamics of shallow salty lagoons in northern Chile. Limnology Oceanography 55 (1): 279–288.

DE LAMO, D., 2011. Camélidos sudamericanos. Historia, usos y sanidad animal. Servicio nacional de sanidad y calidad agroalimentaria (SENASA). República de Argentina.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 1991. Catastro General de usuarios de aguas de los cauces afluentes al Salar de Atacama. Informe final. Tomo 1 - 4.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 1998. Informe hidrogeológico: evaluación de la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas, cuenca Salar de Atacama, II región, 80 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2003

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2003. Evaluación de los recursos hídricos sectores Calama y Llalqui, Cuenca del Río Loa. Informe Técnico. (S.I.T. N° 85), 136 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004a. Actualización Delimitación de Acuíferos que alimentan Vegas y Bofedales, Región de Antofagasta. Informe Final. (S.I.T. Nº 98), 213 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004c. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Volumen N° 3: Informe de Cuencas (S.I.T. N°104), 798 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004d. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Capitulo: Cuenca Río Loa (S.I.T. N°104), 155 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004e. Diagnóstico y clasificacion de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Capitulo: Cuenca Salar de Atacama (S.I.T. N°104), 84 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2005b. Hidrogeología de la II Región y Asesoría para la Revisión de Informes de Estudios de Evaluación de Recursos Hídricos. Informe Final - Hidrogeología de la II Región, 309 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2006a. Actualización delimitación de acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la región de Antofagasta, 15 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2008a. Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II y III. Etapa 1. Informe Final, Parte I: Hidrografía Regional del Altiplano de Chile. S.I.T. N° 157. Realizado por Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile, 423 pp.

Folio007943

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2008b. Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas fuentes de agua en Áreas Prioritarias de la zona norte de Chile, Regiones XV, I, II y III, Etapa 1, Informe Final, Parte III: Hidrología Regional del Altiplano de Chile. S.I.T. N° 157. Realizado por Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile, 423 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2010a. Metodología para la estimación de recarga de cuencas altiplánicas y precordilleranas de vertiente Pacífica en el norte de Chile, XV, I, II y III Regiones. S.I.T. Nº 221. Realizado por: GCF Ingenieros Limitada, 167 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2010b. Actualización de la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama. II Región, Informe Final. S.I.T. Nº 210. Realizado por: GCF Ingenieros Limitada, 277 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2010c. Acuiferos Protegidos asociadas al listado de vegas protegidas de la región. Ultima actualización septiembre 2010 (shapefile origen: DGA_Acuiferos_protegidos.shp).

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2012a. Evaluación de los recusos hídricos subterráneos del Acuífero del Salar de Atacama. Informe Técnico. S.D.T. Nº 324. Realizado por Departamento de Administración de Recursos Hídricos, 75 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2012b. Diagnostico plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos, región de Antofagasta. Informe Final, volumen 1. S.I.T. Nº 291. Realizado Por: Arrau Ingeniería E.I.R.L., 319 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2012c. Estudio Acuífero de Calama Sector Medio del Río Loa, Región de Antofagasta. Informe Final. S.I.T. N° 295. Realizado Por: Matraz Consultores Asociados S.A. y Universidad Politécnica De Cataluña, 235 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2013a. Análisis de la oferta hídrica del Salar de Atacama, Informe Técnico. S.I.T. N° 339, 40 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2013b. Áreas de restricción propuestas por DGA, Ultima actualización ENERO 2013.

DOBSON, P.F., KENNEDY, B.M., REICH, M., SANCHEZ, P., AND MORATA, D. 2013. Effects of volcanism, crustal thickness, and large scale faulting on the he isotope signatures of geothermal systems in Chile. Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, USA, 6 pp.

FARIAS, M.E. & CONTRERAS, M., 2013. Ecosistemas Microbianos asociados a Humedales Alto Andinos: Nuevo Patrimonio de la Humanidad. Bitácora Ecológica 1: 6-12. ISSN 0719-3602.

FARIAS, M. E., CONTRERAS, M., RASUK, M. C., KURTH, D., FLORES, R., POIRE, D., NOVOA, F. & VISSCHER, P., 2013a. Characterization of microbial biodiversity associated

Folio007944

to microbialites, gypsum evaporites and microbial mats in thalassic wetlands: Tebenquiche and Brava at Salar de Atacama Chile. Extremophiles EXT-13-Jun-0115.

FARÍAS, M. E., RASCOVAN, N., TONEATTI, D. M., ALBARRACÍN, V. H., FLORES, M. R., POIRÉ, D. G., COLLAVINO, M. M., AGUILAR, O. M., VAZQUEZ, M. P., & POLERECKY, L., 2013b. The Discovery of Stromatolites Developing at 3570 m above sea level in a High-Altitude Volcanic Lake Socompa, Argentinean Andes. PloS one, 8(1), e53497.

FARIAS, M. E., CONTRERAS, M., RASUK, M. C., KURTH, D., FLORES, R., POIRE, D., NOVOA, F. & VISSCHER, P., 2014. Characterization of bacterial diversity associated with microbial mats, gypsum evaporites and carbonate microbialites in thalassic wetlands: Tebenquiche and La Brava, Salar de Atacama, Chile.

FERNÁNDEZ-COPPEL I.; HERRERO LL., ELIECER., 2003. El Satélite Landsat. Análisis visuales de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite Landsat. Universidad de Valladolid. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal.

FIGUEROA, O., & DERUELLE, B., 1996. Licancabur, an Andesitic Volcano of the South-Central Andes. Third Isag, St Malo (France), 17-19 / 91 / 1996, pp: 563 – 566.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 1992. The use of saline waters for crop production - FAO irrigation and drainage paper 48. J.D. Rhoades, A. Kandiah, A.M. Mashali.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith.

FOX, S., 2013. Geothermal Resources Council Bulletin. Focus in Chile. Vol. 42, N° 1, pp: 23 – 41.

GAO,B.C.,1995. Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liq uid Water from Space. Proceedings of SPIE 2480: 225-236.

GARCÉS, I., & LÓPEZ, P., 2012. Antecedentes hidroquímicos del Salar de Aguas Calientes I (Chile). Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.° 62 pp. 91-102.

GESTIÓN AMBIENTAL S.A., Y GEOTÉRMICA DEL NORTE S.A. (SGA-GND), 2007. Estudio de Impacto Ambiental Perforación Geotérmica Profunda El Tatio, Fase 1, 331 pp.

GLENNON, J.A., & PFAFF, R.M., 2003, The extraordinary thermal activity of El Tatio Geyser Field, Antofagasta Region, Chile, Geyser Observation and Study Association (GOSA) Transactions, vol 8. pp. 31 – 78. http://www.alanglennon.com/travel/tatio.htm

HARBAUGH, A.W., 2005, MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey modular ground-water model - the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16.

Folio007945

HOCK, A., 2003. Licancabur: Exploring the highest lake on Earth. Field Examination Written Proposal, 8 pp.

ILLANES Y ASOCIADOS CONSULTORES, 2011. Informe de Avance Monitoreo (M3) Vertiente 11, Salar de Ascotán. Proyecto “Lixiviación de Sulfuros-Sulfolix” SCMEA. 71 pp.

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM). 2005. Proyecto SIRGAS.

JIMÉNEZ, C., 2012. Estudio de Cuencas Altiplánicas Endorreicas de la Segunda Región de Chile. Caracterización, Tipología y Potencialidades de uso. Memoria para optar al Título de Geógrafo, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Geografía. Santiago, 155 pp.

LEMUS, A.M., & SOTO, P., 2011. Litio en el salar de Atacama. Report 1, REdUSE Chile, 57 pp.

LENSKY, N., DVORKIN, Y., LYAKHOVSKY, V., GARTMAND, I. & GAVRIELI, I., 2005. Water, salt, and energy balances of the Dead Sea. Water Resource Res. 41: W12418, doi: 10.1029/2005WR004048.

LYNCH, T. 1986. Un reconocimiento arqueológico en el salar de Punta Negra, Segunda Región. Revista Chungará N° 16 – 17: 75 – 88.

MASCITTI, V. & NICOLOSSI, G., 1992. Nidificación del Flamenco Austral, (Phoenicopterus chilensis), en la laguna de Pozuelos, Puna de Jujuy. Hornero 013 (03) : 240-242

McFEETERS, 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. Int. J. Remote Sensing, Vol. 17, No. 7, 1425-1432.

METI / NASA., 2009. ASTER GDEM is the property of METI and NASA.

MINERA ESCONDIDA LIMITADA (MEL) Y CH2MHILL, 2001. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyectos Escondida Norte y Plantas de Tratamiento de Agua, capítulo 4: Línea Base, p: 40.

MINERA ESCONDIDA LIMITADA (MEL) & RESCAN CONSULTANTS INC. 1996. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto Lixiviación de óxidos de cobre y aumento de la capacidad de tratamiento del mineral sulfurado, capítulo 8: Descripción de la Línea Base Biofísica, p: 8.13.

MINERA ESCONDIDA LIMITADA (MEL) & MWH CHILE. 2008. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto Ampliación de Capacidad de Extracción y Procesamiento de Mineral Sulfurado de Minera Escondida, capítulo 4: Línea Base Ambiental, pp: 4-9 y 4-64.

MINISTERIO DE BIENES NACIONALES (MBN), 2010. Manual de normas técnicas de mensura.

Folio007946

MINISTERIO DE MINERIA. 1983. Código Minero, Ley 18.248 (Ministerio de Minería 26 de 09 de 1983).

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA), SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG), DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA). 2011. Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA), 2013. Diagnóstico y Evaluación: Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta. Diagnóstico y Evaluación (2002-2013). SEREMI Ministerio de Medio Ambiente, 122 pp.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP), 2007. Declaración de impacto ambiental proyecto conservación y mejoramiento conexión vial San Pedro – El Tatio (rutas B-245-235) región de Antofagasta.

NUÑEZ, L., & GROSJEAN, M., 1994. Cambios ambientales pleistoceno – holocénicos: Ocupación humana y uso de recursos en la Puna de Atacama (norte de Chile). Estudios Atacameños Nº 11, pp. 7-20.

PARDO, I., GARCÍA, L., DELGADO, C., COSTAS, N. & ABRAÍN, R., 2010. Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. 68pp. NIPO 783-10-001-8.

RAMSAR, 2013. La Lista de Humedales de Importancia Internacional (24 de Octubre de 2013), 47 pp.

RISACHER, F. & ALONSO, H. 1996. Geoquímica del Salar de Atacama, parte 2: evolución de las aguas. Revista Geológica de Chile v.23 (n.2): pp.123-134.

RISACHER, F., ALONSO H. & SALAZAR, C. 1999a. Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II y III Regiones - Chile. Volumen I: Síntesis. Convenio de Cooperación DGA – UCN – IRD (S.I.T. Nº 51), 89 pp.

RISACHER, F., ALONSO, H., SALAZAR, C. 1999b. Geoquímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones - Chile. Volumen III: Estudio de Cuencas de la II Region. Convenio de Cooperación DGA – UCN – IRD (S.I.T. Nº 51), 299 pp.

RISACHER, F., ALONSO H. & SALAZAR, C. 2003. The origin of brines and salts in Chilean salars: a hydrochemical review. Earth-Science Reviews, N° 63: 249 – 293.

RIVERA, P., & CRUCES, F., 2009. Diatomeas (Bacillariophyceae) de zonas andinas del norte de Chile: nueva localidad geográfica para Halorundia speciosa (Hustedt) Díaz et Maidana. Gayana Botánica N° 66, Vol. 2, pp: 280 – 282.

RODRÍGUEZ, E. (ED.) 2005. Flamencos altoandinos Phoenicopterus andinus (Philippi, 1854), Phoenicopterus jamesi (Sclater, 1886) y Phoenicopterus chilensis (Molina, 1782),

Folio007947

en el Norte de Chile: Estado actual y plan de conservación. Corporación Nacional Forestal, CONAF. Antofagasta, Chile, 91 pp.

SCHROEDER, T., COHEN, W. B., SONG, C., & CANTY, M. J., 2006. Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon, Remote Sens. Environ., 103(1), 16–26, doi:10.1016/j.rse.2.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG)., 2009. Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT).

SITHA CIREN. 2010 Sistema de Información Territorial Humedales Altoandinos. Obtenido de SITHA CIREN: http://sitha.ciren.cl/

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL (SEA), 2012. Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA. Editor: Servicio de Evaluación Ambiental, SEA. ISBN: 978-956-9076-12-1.

SQUEO, F., WARNER, B., ARAVENA, R., & ESPINOZA, D., 2006. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. Revista Chilena de Historia Natural 79: 245-255.

TEILLIER, S., & BECERRA, P., 2003. Flora y Vegetación del Salar de Ascotán, Andes del Norte de Chile. Gayana Botánica, N° 60, Vol. 2, ISSN 0016-5301, pp: 114 – 122.

TORRES, H., 1983. Distribución y conservación de la vicuña (Vicugna vicugna). Grupo especialista en camélidos silvestres sudamericanos. Reporte para la Comisión de sobrevivencia de especies. Unión internacional para la conservación de la naturaleza y de sus recursos, 1196 Gland, suiza.

TREVIZAN, J., BARRIOS, L., FONFACH, C. Y ROJAS, R., 2001. Caracterización y delimitación del Oasis de Calama, Provincia del Loa, Región de Antofagasta. J.J. Consultores Asociados. 57 pp.

VILÁ, B., 1999 La importancia de la etología en la conservación y manejo de las vicuñas. Etología, 7:63-68

WASHINTONG-allen, R., RAMSEY, R., & WEST, N., 2008. WASHINTONG-allen, R. A., RAMSEY, R. D., WEST, N. E. and NORTON, B. E.: Quantification of the Ecological Resilience of Drylands Using Digital Remote Sensing, 13(1).

Folio007948

ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD REGIÓN DE ANTOFAGASTA

FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL FNDR
CÓDIGO BIP 30065576- 0

INFORME FINAL
LAGUNA LEJÍA

Centro de Estudios Agrarios y Ambientales

Abril 2008

Institución responsable

Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, CEA
García Reyes 423, 2º piso, Valdivia
Fono/fax 63-215846
Casilla 164, Valdivia.
Correo electrónico: cea@ceachile.cl
Página web: www.ceachile.cl
Representante legal: Patricia Möller Doepking

Equipo de trabajo

Andres Muñoz Pedreros
Médico Veterinario
Magíster en Ecología
Doctor en Ciencias Ambientales

Claudia Gil Cordero
Médico Veterinario.
Magíster en Ecología

Patricia Möller Doepking
Bióloga Marina
Doctora en Ciencias Marinas y Limnológicas (c)

Patricio Contreras Bravo
Biólogo en Gestión de Recursos Naturales

Carolina Gónzalez Olave
Bióloga en Gestión de Recursos Naturales

Luis Faundez Yancas
Ingeniero Agrónomo
Magíster Planificación y Gestión Ambiental (c)

Enrique Hauenstein Barra
Biólogo
Magíster en Botánica

Patricio Rutherford Yobánolo
Ingeniero Forestal
Magíster en Recursos Hídricos

Cristián Jaramillo Delgado
Profesor de Estado

Jorge Pantoja Pinilla
Técnico Agrícola
Profesor de Estado

Marcia Egert Laporte
Antropóloga

Moira Barrientos Aros
Licenciada en Antropología

Viviana Solivelles Ulloa
Geógrafo

Kraus Contreras Cortés
Licenciado en Ciencias Ecológicas
Ecólogo Marino mención Impacto Ambiental

Consultores
José Yáñez Valenzuela
Licenciado en Biología.
Eq. Magíster en Ciencias

Herman Núñez Cepeda
Licenciado en Biología.
Eq. Magíster en Ciencias

Jaime Rau Acuña
Biólogo
Magíster en Ecología
Doctor en Biología

Asistentes de terreno y gabinete
Jorge Vega Codd
Biólogo en Gestión de Recursos Naturales (e)

Rocío Sanhueza Caba
Bióloga en Gestión de Recursos Naturales
Magíster en Producción Manejo y
Conservación de Recursos Naturales (e)

Pamela Sánchez Pérez
Profesora de Ciencias Naturales
Magíster en Ecología

Javier Vásquez
Ingeniero Forestal

Secretaria
Paola Ávila Montecinos

ÍNDICE

CAPÍTULO I TÉRMINOS DEL ESTUDIO 10
1. Justificación del estudio 10
2. Objetivos 12
2.1. Objetivos generales 12
2.2. Objetivos específicos 12
2.3. Resultados esperados 12
3. Flujo metodológico 13
4. Estructura del Informe 14
CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO: LAGUNA LEJÍA 17
1. Ubicación y acceso 17
1.1. Ubicación 17
1.2. Descripción del acceso 17
2. Clima 21
3. Geología y geomorfología 21
4. Hidrografía 24
4.1. Conceptos generales 24
4.2. Laguna Lejía 26
CAPÍTULO III BIODIVERSIDAD 31
FLORA Y VEGETACIÓN 31
1. Introducción 31
2. Metodología 31
2.1. Flora 31
2.2. Fitosociología 33
3. Resultados 34
3.1. Flora 34
3.2. Fitosociología 37
4. Conclusiones 39
FAUNA 40
1. Metodología 40
1.1 Estaciones de Muestreo 40
1.2 Micromamíferos 42
1.3 Carnívoros 42
1.4 Aves 43
1.5 Herpetofauna 44
2. Análisis de la información de la fauna de vertebrados 44

2.1 Inventarios 44
2.2 Datos censales y análisis estadísticos 44
2.3 Similitud faunística entre hábitats 45
3. Resultados 45
3.1. Estructura comunitaria de la fauna silvestre 45
3.2. Mamíferos 46
3.3. Aves 49
3.4. Herpetofauna 53
3.5. Síntesis de la fauna registrada por estación de muestreo 55
4. Conclusiones 56
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD 58
1. Biodiversidad, conceptos y mediciones 58
1.1. Concepto de biodiversidad 58
1.2. Medición de la biodiversidad 58
1.3. Selección de métodos 60
1.4. Procedimiento de análisis de la biodiversidad 61
2. Análisis de la diversidad vegetacional 62
2.1. Diversidad y endemismo vegetacional de la región de Antofagasta 62
2.2. Diversidad vegetacional del Valle de Quillagua 62
2.3. Diversidad vegetacional del Oasis de Calama 64
2.4. Diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama 66
2.5. Diversidad vegetacional en Laguna Lejía 66
2.6. Diversidad vegetacional en Alrededores del Volcán Licancabur 69
2.7. Diversidad vegetacional en los Geisers del Tatio 72
2.8. Diversidad vegetacional en las cinco áreas de estudio 75
3. Análisis de la diversidad faunística 80
3.1. Diversidad de anfibios 80
3.2. Diversidad de reptiles 84
3.3. Diversidad de aves 91
3.4. Diversidad de mamíferos 106
3.5. Diversidad de vertebrados 123
CAPÍTULO V CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD 128
1. Procedimientos 128
2. Identificación de los ambientes a evaluar 128
3. Endemismos 135
3.1. Endemismos en las áreas por ambiente 137
3.2. Endemismos por áreas de estudio 142
4. Estados de Conservación 143

Folio007953

4.1. Legislación vigente 143
4.2. Estado de conservación por áreas de estudio 146
4.3. Estado de conservación en cinco áreas de estudio 156
4.4. Conclusiones 160
5. Objetos de conservación 163
5.1. Definición de los objetos naturales de conservación 163
5.2. Estimación del valor de importancia 165
5.3. Objetos de conservación 167
5.4. Objetos de conservación en las cinco áreas 180
5.5. Consideraciones finales 181
CAPÍTULO VI ESTUDIO DE PAISAJE 184
1. Introducción 184
2. Metodología 184
2.1. Registro de imágenes 184
2.2. Definición y asignación de unidades homogéneas de paisaje 184
2.3. Análisis de la calidad visual del paisaje 184
2.4. Análisis de la fragilidad visual del paisaje 186
2.5. Capacidad de uso según características de calidad y fragilidad del paisaje 188
3. Resultados 188
3.1. Definición de unidades homogéneas de paisaje 188
3.2. Unidades homogéneas de paisaje 188
3.3. Calidad visual del paisaje 190
3.4. Fragilidad visual del paisaje 193
3.5. Capacidad de uso del paisaje 193
4. Conclusiones 195
CAPÍTULO VII USO Y PROTECCIÓN 197
USOS Y AMENAZAS EN LAGUNA LEJÍA, VOLCÁN LICANCABUR Y EL TATIO 197
1. Introducción 197
2. Antecedentes socioeconómicos 197
2.1. Antecedentes comunales 197
2.2. Actividades económicas y uso del suelo 198
2.3. Antecedentes socioculturales de las áreas 204
2.4. Uso ancestral de recursos naturales 206
2.5. Otras presiones sobre los ecosistemas de las áreas de estudio 209
3. Uso actual de los tres sitios 211
3.1. Metodología 211
3.2. Resultados y discusión 214
3.3. Clasificación de perturbaciones/impactos 222

Folio007954

3.4. Impactos sobre los tres sitios 224
4. Valoración de las perturbaciones ambientales en el sitio Laguna Lejía 229
5. Objetos naturales de conservación y su grado de amenaza en el sitio Laguna Lejía 235
6. Conclusiones 236
ANÁLISIS JURÍDICO E INSTITUCIONAL APLICABLE AL SITIO LAGUNA LEJÍA 238
1. Introducción 238
2. Metodología 239
2.1. Revisión bibliográfica 239
2.2. Análisis y selección 239
2.3. Cartografía 240
3. Resultados 240
3.1. Normas constitucionales 240
3.2. Normas legales 240
3.3. Normas reglamentarias 246
3.4. Análisis de la aplicabilidad de la legislación seleccionada 248
3.5. Expresión cartográfica 258
3.6. Competencias institucionales 278
4. Conclusiones 288
CAPÍTULO VIII ZONIFICACIÓN 290
1. Aspectos generales 290
2. Uniformidad del territorio 290
3. Planificación de la zonificación 295
4. Resultados 296
CAPÍTULO IX PROGRAMAS DE MANEJO 300
1. Introducción 300
2. Programas específicos de manejo 300
2.1. Programa de protección de ecosistemas representativos 300
2.2. Programa de investigación 301
2.3. Programa de interpretación ambiental 301
2.4. Programa de monitoreo de la biodiversidad 302
2.5. Programa de monitoreo socio ambiental 303
3. Horizonte temporal y nivel de urgencia 304
CAPÍTULO X ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN 307
1. Introducción 307
2. Productos contenidos en la estrategia 307
2.1. Síntesis patrimonial del sitio Laguna Lejía 307
2.2. Portal web 307
2.3. Árchivo fotográfico digital 308

2.4. Diaporamas sobre flora y fauna 308
2.5. Video promocional 309
2.6. Cartillas educativas 309
3. Propuesta educativa 310
3.1. Introducción 310
3.2. Educación formal 311
3.3. Educación no formal 312
CAPÍTULO XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 315
1. Conclusiones Sitio Laguna Lejía 315
2. Recomendaciones finales 317
LITERATURA CITADA Y CONSULTADA 318
ANEXOS 334

CAPÍTULO I
TÉRMINOS DEL ESTUDIO

CAPÍTULO I TÉRMINOS DEL ESTUDIO

1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La creciente preocupación mundial por la pérdida progresiva de los ambientes naturales y la fuerte presión antrópica de estos hábitats está provocando graves problemas ambientales a nivel global, los que se traducen en el deterioro y degradación de los diversos ecosistemas y de las especies que en ellos se desarrollan. Es por ello, que durante las últimas décadas se han firmado diversos convenios internacionales que buscan movilizar a los países para enfrentar esta difícil situación. En ese marco de acción, nuestro país, el año 1994, ratificó el Convenio sobre Diversidad Biológica, firmado en el año 1992, impulsando la elaboración de la Estrategia Nacional de Biodiversidad, con sus respectivas Estrategias Regionales, las que constituyen un instrumento orientador de todas las acciones tendientes a la protección y conservación del patrimonio natural del territorio nacional. Durante el año 2002, mediante un proceso participativo, que involucró a diversos actores regionales y expertos, se elaboró la Estrategia Regional de Biodiversidad (ERB), que se inició con la confección un diagnóstico de la situación de la biodiversidad de la región, permitiendo identificar 14 sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica en la región de Antofagasta (Fig. 1-1).

La región de Antofagasta posee ecosistemas únicos con una alta diversidad de especies de flora y de fauna con una distribución biogeográfica definida por dos franjas longitudinales, asociadas a los ecosistemas de ambientes marino-costeros y a la zona altoandina, además, de la cuenca del río Loa.

Desde la elaboración de la ERB, se han realizado diversos estudios que han permitido tener una visión general de la situación de la biodiversidad de los sitios asociados principalmente en los ambientes marino-costeros, pero existe un vacío de información hacia otros sitios asociados a la zona altoandina, que debe explorarse con el propósito de tener una base ambiental que permita conocer los requerimientos de manejo de estos ambientes de alta vulnerabilidad y con un alto valor ecológico y patrimonial. Asimismo, es importante contar con información de línea de base para los sitios que conforman la cuenca del río Loa, permitiendo con ello disponer de información sistematizada que sirva de aporte al Manejo Integrado de Cuencas, uno de los principales desafíos que se debe abordar en el mediano plazo.

En este estudio consideraremos los sitios prioritarios: Alrededores del Volcán Licancabur, Geisers del Tatio, Laguna Lejía, Valle de Quillagua y Oasis de Calama, los que fueron seleccionados en función de la importancia que reviste la zona altoandina como ecosistema regional, el cual alberga una gran diversidad de especies de fauna, especialmente avifauna y por constituir un hábitat particular donde se desarrollan formaciones vegetales que se encuentran poco representadas en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE); asimismo, por la importancia de los oasis que sustenta el río Loa en toda su extensión, formando parte de un dinámico corredor biológico de especies. Actualmente, las áreas protegidas de la región están representadas por dos unidades del SNASPE la Reserva Nacional Los Flamencos y el Parque Nacional Llullaillaco.

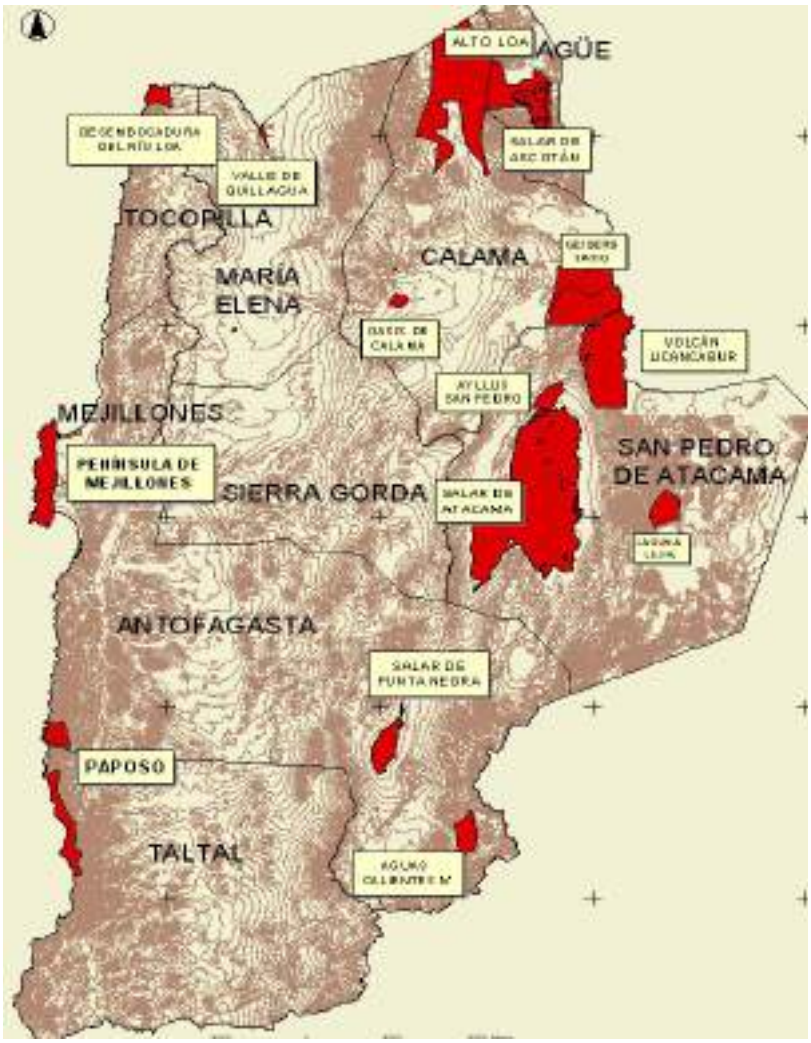


FIGURA 1-1. SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

Los resultados de este estudio contribuirán a la labor que desarrolla el Comité Operativo Regional de Biodiversidad, ya que constituirá una importante herramienta de trabajo, que por el tipo de información y los productos esperados, permitirán avanzar en la gestión de los sitios prioritarios para la conservación del patrimonio natural de la región. Asimismo, actores regionales como son Municipios, el Consejo Regional, entre otros, serán potenciales usuarios de la información, permitiendo con ello orientar las decisiones de inversión y ordenamiento territorial de la región. Por otra parte, es importante destacar que la comunidad escolar y universitaria también se verá beneficiada por el desarrollo de este estudio, toda vez que éste sirva de referente e insumo de información para las diversas actividades académicas que realizan los estudiantes, especialmente aquellos vinculados a las ciencias naturales.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos generales

Levantamiento de información sobre la diversidad biológica, en cinco sitios prioritarios de la Estrategia Regional de Biodiversidad de la Región de Antofagasta, identificando uno o más instrumentos legales de protección, para cada uno de los sitios, así como también elaborar una propuesta de manejo de cada sitio, según corresponda.

2.2. Objetivos específicos

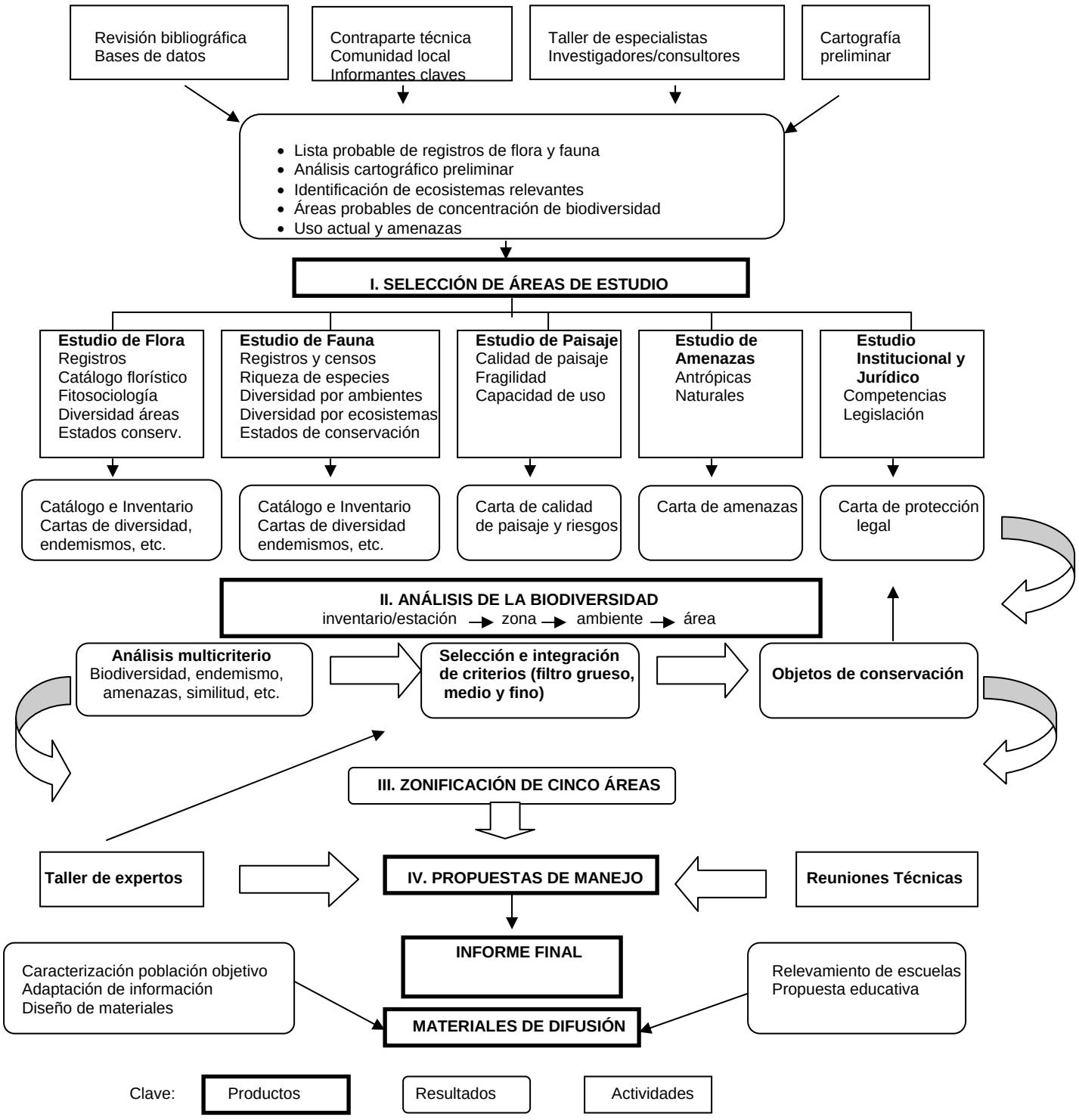
- Levantar, actualizar y recopilar información de flora, fauna y uso de los sitios Alrededores del Volcán Licancabur, Geisers del Tatio, Laguna Lejía, Valle de Quillagua y Oasis de Calama.
- Identificar y delimitar áreas prioritarias de conservación de los sitios de interés.
- Elaborar una propuesta de manejo para cada uno de los sitios de interés.
- Identificar instrumentos legales de protección para cada uno de los sitios de estudio.
- Elaborar un informe justificativo para la aplicación de propuestas de protección legal.
- Diseñar materiales de difusión de la información obtenida por el estudio.

2.3. Resultados esperados

- Un estudio de la diversidad de cada área de estudio
- Un análisis de la diversidad identificada
- Una identificación, localización y delimitación de las áreas para la conservación de la diversidad biológica de cada uno de los sitios de interés
- Una determinación de los objetos de conservación
- Un estudio del paisaje
- Un análisis de los usos y amenazas a la biodiversidad, incluyendo un análisis de medio institucional y jurídico, la identificación de instrumentos de protección legal para cada uno de los sitios evaluados
- Una propuesta de manejo para cada una de las áreas identificadas
- Coberturas de información de flora y fauna, áreas de interés para la conservación en formato SHAPE (Arc View 3.2) para ser incorporada al Sistema de Información Ambiental Regional SIAR
- Cartografía de análisis y de síntesis en formato de imagen y coberturas shape
- Material de difusión y educativo (propuesta educativa, cartillas, página web, base de imágenes digitales, diaporama en Power Point)

Folio007960

3. FLUJO METODOLÓGICO



4. ESTRUCTURA DEL INFORME

En el Capítulo I se presentan los términos y propósitos de este estudio, con su justificación y objetivos. Se reseñan los resultados a obtener y el procedimiento metodológico a seguir para el logro de los objetivos que se pretende abordar.

En el Capítulo II se entrega una caracterización general del área de estudio, para situar al lector en las particularidades del área y el contexto ambiental en que está inserta.

El Capítulo III describe el procedimiento metodológico seguido para abordar el estudio de biodiversidad planteado en los objetivos del estudio. Es importante señalar, que previo a las campañas de terreno se efectúa una exhaustiva revisión bibliográfica y de antecedentes disponibles ya sea de publicaciones científicas, libros, informes, etc. cuyo propósito es orientar la investigación de terreno que se realizará posteriormente. Toda esta base de conocimiento reunida se complementa con la información de las prospecciones y se integra para su análisis posterior. En este capítulo se entregan por separado los procedimientos seguidos y los resultados de los componentes de flora y fauna para el sitio prioritario Laguna Lejía. Primero se presenta la metodología aplicada en terreno como los procedimientos de gabinete para su procesamiento, y luego los resultados de la campaña de terreno. Para la flora se entrega como resultado el inventario de cada lugar y las tablas fitosociológicas que indican el valor de importancia de cada especie presente y permiten diferenciar las comunidades vegetacionales presentes en el área de estudio a partir de los datos recogidos en terreno. Se entrega el catálogo de especies florísticas que incluye, además de los datos obtenidos de este estudio, todos los registros obtenidos de la literatura por investigaciones previas. Por lo tanto las diferencias en el número de especies entre ambos productos se deben a la inclusión de datos bibliográficos en el catálogo. Para el caso de la fauna se entregan los resultados de las campañas de terreno agrupados por taxones (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Con los datos de los censos realizados en micromamíferos y aves se determinan índices de biodiversidad como riqueza de especies y abundancias relativas. Se construye además el catálogo de la fauna presente en el área de estudio con los datos recogidos, que incluyen además los avistamientos durante las campañas y datos bibliográficos previos. La diferencia en el número de especies entre los censos y los registros se explica porque durante el estudio se registran individuos de varios taxones fuera del censo. En algunos casos se incluye información proporcionada por informantes claves, lo que se señala en la tabla correspondiente. Se concluye con una síntesis de la diversidad presente en cada una de las estaciones de muestreo del sitio Laguna Lejía.

El Capítulo IV señala las formas de medir la biodiversidad, definiendo conceptos relevantes como diversidad alfa, beta y gamma, y se presenta un análisis comparativo de los resultados de la biodiversidad de los cinco sitios prioritarios para la conservación contemplados en este estudio: Valle de Quillagua, Oasis de Calama, Alrededores del Volcán Licancabur, Laguna Lejía y Geisers del Tatio, de manera de entregar una visión global del valor de la biodiversidad a nivel regional, a la vez que se determina el valor relativo de la biodiversidad en cada sitio en particular. A partir de los datos censales, en el caso de fauna, y del inventario, en el caso de la flora, se calcularon los índices de biodiversidad propuestos en la metodología, así como dendrogramas de similitudes para flora y fauna por separado, y para cada estación de muestreo en cada una de las áreas en estudio. Luego se realizó una comparación de las cinco áreas de estudio, utilizando esta vez todos los datos disponibles (registros previos bibliográficos producto de la exhaustiva revisión bibliográfica y registros de las campañas de terreno) tanto para flora como para fauna.

En el Capítulo V se realiza un proceso de síntesis que incluye el análisis de la riqueza de especies, endemismos presentes y estados de conservación de las especies presentes en las áreas de estudio. Para esto se reorganizó la información disponible, definiendo ahora ambientes y ecosistemas relevantes a evaluar, (algunos de éstos pueden encontrarse en más de un sitio prioritario). Este procedimiento y la definición de los objetos de conservación para cada sitio se validaron en un taller de especialistas. Según los distintos niveles de biodiversidad se trabajó con especies, filtro fino, asignándoles valor jerárquico a las especies de flora y fauna presentes en las cinco áreas de estudio según parámetros como estado de conservación, endemismo, y valor como especie emblemática. Los ambientes, filtro medio, se jerarquizaron de manera similar.

El Capítulo VI presenta los resultados del estudio de paisaje, en que se identifican las principales unidades de paisaje presentes en el sitio prioritario Laguna Lejía y su calidad paisajística, determinada a través una valoración realizada por un panel de evaluadores, sobre las fotografías de cada unidad de paisaje. Además, para cada unidad se determina la fragilidad visual, que da cuenta de la capacidad del paisaje para absorber impactos visuales; y la capacidad de uso, que determina, los usos adecuados del paisaje de acuerdo a sus características.

El Capítulo VII, sobre usos y protección, se disgrega en dos componentes. En el primero se describen los principales usos ejercidos sobre los recursos naturales del sitio prioritario Laguna Lejía, los que se contextualizan a la realidad del sitio como espacio rural y a los usos históricos y se analizan las presiones a las cuales está sometido, mediante un análisis de amenazas a la conservación de la biodiversidad en el contexto actual, focalizando sobre los distintos componentes del ecosistema como sobre las funciones. En el componente de protección se describen los instrumentos legales vigentes y que dan protección a los sistemas naturales presentes, o algunos de sus componentes, así como la institucionalidad que tiene ingerencia en el sitio prioritario Laguna Lejía.

El Capítulo VIII describe el procedimiento utilizado para obtener las prioridades de conservación dentro de cada uno de los sitios de estudio. Este procedimiento, estandarizado por las metodologías de muestreo, valoración y zonificación, permite establecer comparaciones entre los sitios. La metodología propone un análisis de prioridad utilizando valores de protección, amenaza y valoración de los recursos, mediante el uso de capas geográficas sistematizadas a priori a partir de la información multidisciplinaria colectada en terreno.

En el Capítulo IX se desarrollan planes de manejo enfocados a la conservación de la biodiversidad del sitio y se disgregan en planes de acción donde se definen los lineamientos, directrices, actividades, normas y requerimientos de cada componente de manejo del área objetivo. Se definen los objetivos estratégicos que orientan estos planes de conservación, en base a la protección de los ecosistemas representativos, la investigación, la educación y difusión de los mismos, así como un seguimiento y monitoreo de los programas que se implementen.

En el Capítulo X se entregan las propuestas de difusión y educación ambiental basados en una estrategia de difusión orientada a distintos actores locales y que se sustenta en diversos productos educativos y de divulgación que contiene la síntesis de las investigaciones realizada en el sitio y los aspectos más relevantes encontrados. Se incluye una propuesta educativa para ser incorporada por los establecimientos educacionales que aborda los aspectos patrimoniales con pertinencia local, con sugerencias para su implementación posterior.

Finalmente en los Capítulos XI y XII, se entregan las principales conclusiones y recomendaciones del presente estudio y la literatura citada y consultada, respectivamente.

CAPÍTULO II
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Folio007964

CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO: LAGUNA LEJÍA

1. UBICACIÓN Y ACCESO

1.1. Ubicación

El área de estudio se sitúa a 4.350 msm y a 100 km de San Pedro de Atacama, en la comuna homónima, provincia de El Loa, región de Antofagasta. Su ubicación (UTM) geográfica es 633.488 este y 7.400.550 norte. El área de la cuenca es de 329 km^2, el área del salar es de 1,9 km^2 y el área de agua es de 1,9 km^2 (Risacher et al. 1999). En la Fig.2-1 y Fig. 2-2 se muestra la ubicación del área de estudio, y en la Fig 2-3 algunas vistas del acceso al área.

1.2. Descripción del acceso

Una excelente descripción del acceso lo relata Alva (2003), por lo que seguiremos sus pasos. Se sale de San Pedro de Atacama (km 0) por el camino a Toconao que continúa recto por una llanura con vista al volcán Licancabur y observando el gran Salar de Atacama, el depósito salino más grande de Chile. Este salar ocupaba originalmente la cuenca entre las cordilleras de los Andes y de Domeyko. Luego, presiones en la superficie hicieron plegarse la corteza y se levantó la cordillera de la Sal. La cordillera de los Andes posee un intenso vulcanismo cuyas lavas y escorias colmaron las cumbres produciendo una planicie altiplánica y bajaron también hacia el salar, cubriendo todas las fisuras de los cerros y creando un faldeo homogéneo y de pendiente suave entre el altiplano y el salar. Este material volcánico, muy permeable, permite que el agua de las nieves se filtre, las que aparecen como vertientes en el piedemonte, donde están los poblados de Toconao, Camar, Peine y Socaire entre otros.

Desde Toconao (km 38) se toma camino rumbo a la Laguna Lejía y Volcán Lascar. En el km 73 se pasa por el caserío de Tumbre, con corrales de piedra adosados a una gran roca. El camino continúa subiendo muy suave en dirección al sur y pasa junto al alto volcán Lascar de 5.154 msm. No obstante parece pequeño, pues sólo resalta su cono sobre la planicie, que está a más de 4.500 msm. En el km 95, un monolito señala la latitud del Trópico de Capricornio. Aquí ya se está en pleno altiplano. El suelo parece de arena, pero es roca volcánica triturada por el viento. Se ven amplias llanuras onduladas, aunque sin ningún curso de agua, pues ésta se absorbe inmediatamente en el suelo poroso. Los volcanes aparecen por todos lados como pequeños conos que se levantan sobre esta planicie. Luego viene un portezuelo y, en el km 103, se baja a la pequeña Laguna Lejía, a 4.350 msm y ubicada en una depresión completamente desértica. Tiene agua verde esmeralda y espuma de sales minerales flotando en la superficie (Alva 2003).

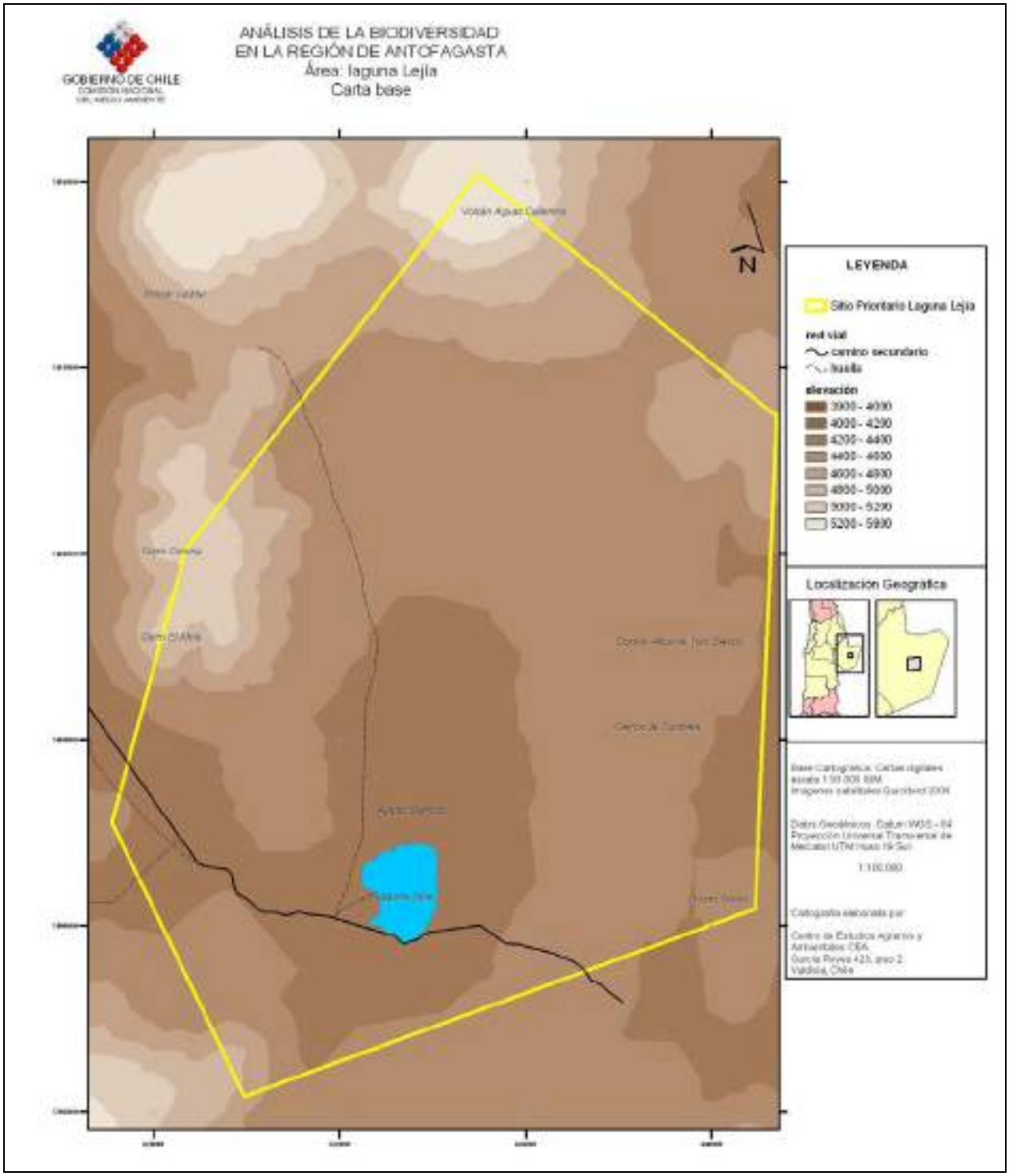


FIGURA 2-1. UBICACIÓN DEL SITIO PRIORITARIO LAGUNA LEJÍA.

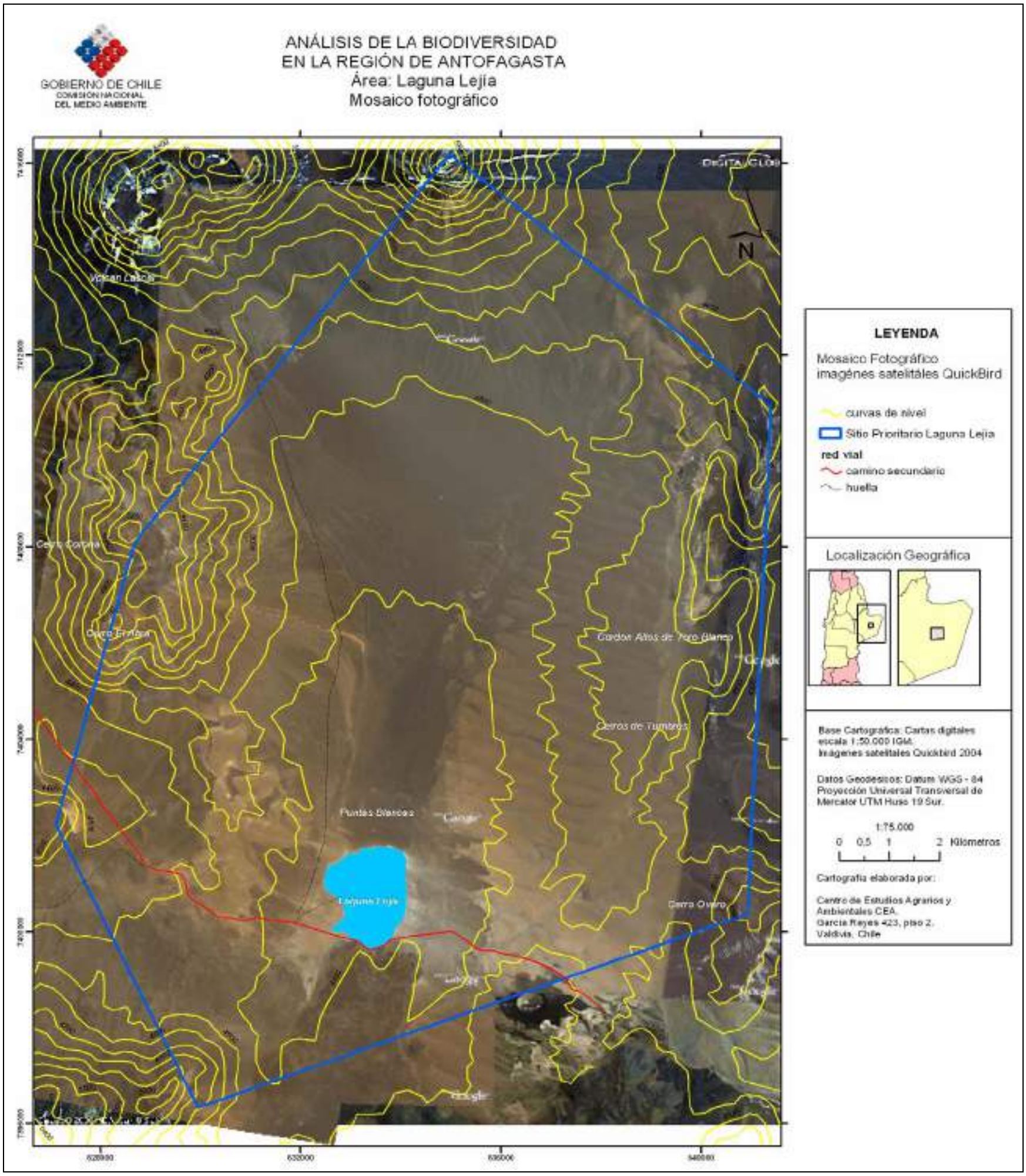


FIGURA 2-2. MOSAICO FOTOGRÁFICO DEL SITIO PRIORITARIO LAGUNA LEJÍA.

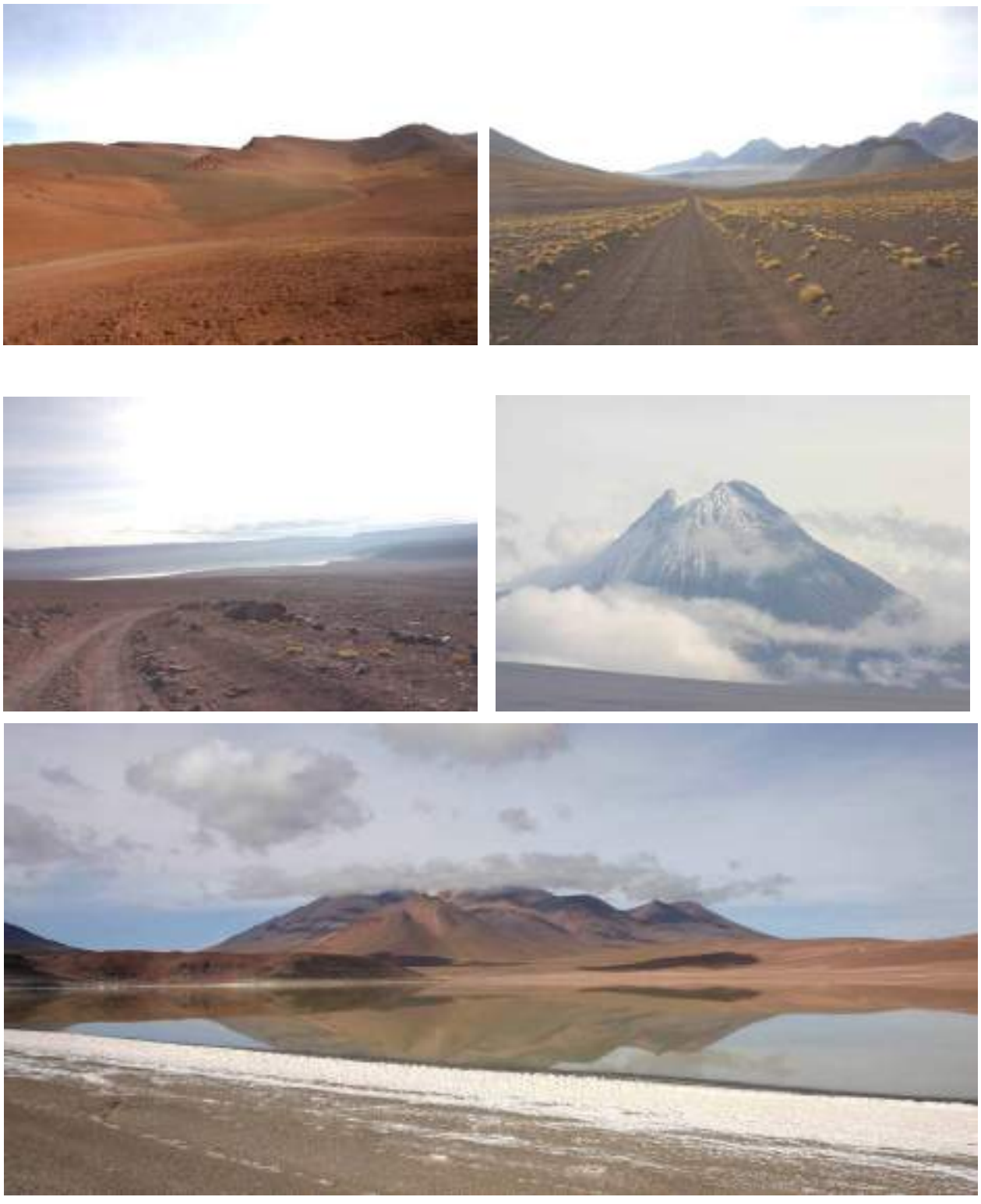


FIGURA 2-3. VISTA GENERAL DE ACCESO AL SITIO LAGUNA LEJÍA. FUENTE: CEA, 2008.

2. CLIMA

La región de Antofagasta se ubica en una zona correspondiente a clima desértico, según la clasificación de Köeppen. Las condiciones climáticas en esta región son de una marcada aridez y escasez de agua. Esta situación, unida a la escasa vegetación existente, define un paisaje natural conocido como el Desierto de Atacama. Sobre los 3.500 msm se localiza el clima de estepa de altura, correspondiente a la zona altiplánica o puna. Sus principales características son sus bajas temperaturas (media anual de 2°C) y la alta amplitud térmica (más de 20°C). Las precipitaciones se producen en los meses de verano y no sobrepasan los 200 mm anuales. A medida que se avanza hacia el sur del altiplano de esta región, las lluvias de verano comienzan a disminuir y a mayor altura predomina una precipitación sólida.

La evolución climática indica que aunque las áreas de estudio son muy áridas y lo ha sido así desde el Mioceno Medio, hay evidencias de cierta actividad pluvial durante el Plioceno, Pleistoceno y Cuaternario, así como de una glaciación pleistocénica. El levantamiento de los Andes Centrales durante el Oligoceno y Mioceno fue un factor que hizo de barrera a las precipitaciones desde el Amazonas estabilizando el anticiclón del Pacífico.

La distribución de las lluvias sigue un patrón definido. En un transecto oeste-este las lluvias comienzan a partir de los 2.000 msm y se incrementan con la altura hacia el este. Las precipitaciones, además del factor altitudinal, están determinadas por un sistema tropical convectivo que produce lluvias estivales en el altiplano, de corta duración, de poca extensión territorial y generalmente de baja intensidad (menos de 20 mm/día), fenómeno que se conoce como invierno altiplánico. Por esta razón la escorrentía superficial es reducida y por tanto también la erosión, lo que ha conducido a formas de relieve poco evolucionadas. Sin embargo, sobre los 3.500 msm, producto de un suelo que se ha formado por relleno de materiales volcánicos, la erosión ha generado extensas y profundas quebradas. Las variaciones anuales de precipitaciones son grandes, presentándose series de años muy secos. Los eventos pluviométricos anormalmente altos sobrepasan la capacidad de carga de la poco desarrollada red de drenaje y producen grandes aluviones que han modelado significativamente la morfología.

La evaporación desde superficies de agua y suelos es muy alta, con valores entre 1.500 a 2.500 mm/año. La humedad relativa del ambiente es muy baja, los valores más altos no sobrepasan el 20%, factor que incide notablemente en la evaporación. La precipitación anual media cerca de los 4000 msm, varía entre 150 a 300 mm, lo cual explica, junto a la evaporación, la alta aridez del lugar. Los años lluviosos pueden tener hasta tres veces la precipitación de un año seco.

3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Los rasgos geológicos principales del norte de Chile están dados por los grandes procesos tectónicos y volcánicos que han caracterizado su evolución geológica. La morfología de la región de Antofagasta permite distinguir cinco franjas longitudinales bien definidas: plataforma litoral, cordillera de la costa, llano central, cordillera de Domeyko, depresión andina y los Andes y puna (Fig. 2-4).

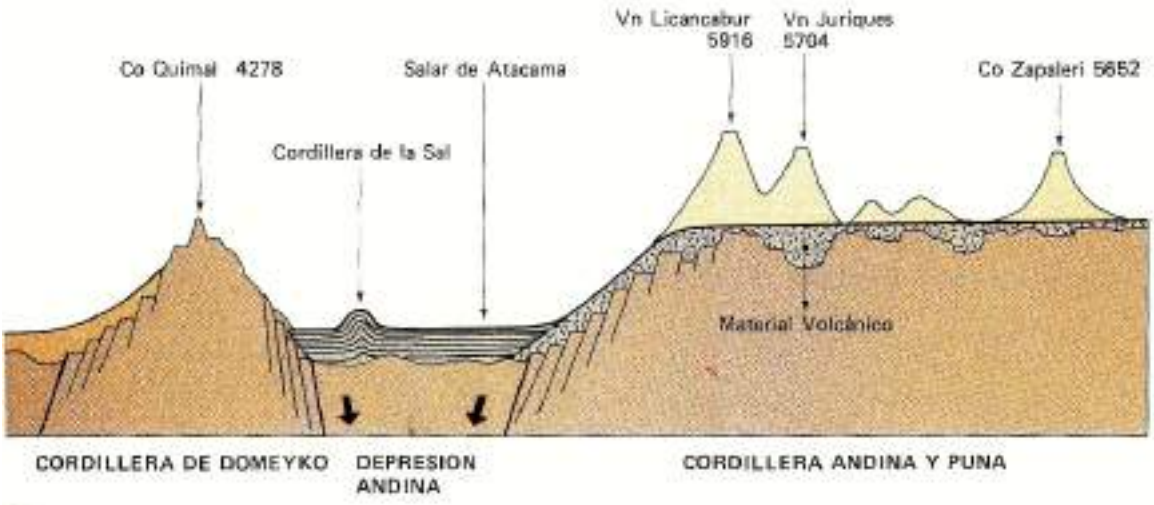


FIGURA 2-4. VISTA GENERAL DE LA MORFOLOGÍA DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. FUENTE: TOMADO Y MODIFICADO DE TURISTEL ZONA NORTE 1992.

De acuerdo a Börgel (1983) la región de Antofagasta, corresponde a la región septentrional de las pampas desérticas y cordilleras prealtiplánicas. Está limitada por el norte por la línea fronteriza internacional Chile-Perú, al este por la frontera internacional Chile-Bolivia y Chile-Argentina, al oeste por el océano Pacífico y al sur por una sinuosa línea inmediatamente al norte del río Elqui. Comprende una superficie aproximadamente de 291.100 km^2, dentro de la cual se inserta una serie muy variada de zonas morfoclimáticas. Las condiciones áridas del territorio en esta región cambian en el sentido norte-sur y en el sentido oeste-este.

El área de estudio, se ubica en la zona de los Andes y la puna, también llamada puna de Atacama, que se caracteriza por estar sobre los 4.000 msm, en las altas cumbres y con un pasado de volcanismo activo que colmó de cenizas y escoria la separación o valles entre los cordones de cerros. La puna se extiende en el noreste de Chile, noroeste de Argentina, sureste de Perú y mitad occidental de Bolivia, posee una forma elongada norte-sur. Marginada por dos grandes cordones de la cordillera de los Andes se extiende aproximadamente entre los 15° y los 28° de latitud sur, su ancho máximo es a la altura de los 20° y con una longitud de 300 km. En Chile se extiende desde el paralelo 17°30 hasta los 28° latitud sur, adosada al borde oriental del territorio con un ancho variable entre 20 y 70 km.

Está compuesta de rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas con edades desde el Paleozoico al Cuaternario. Está flanqueada al este por la cordillera oriental y al oeste por la cordillera occidental y constituida por un basamento volcano sedimentario del Terciario. En discordancia sobre la Formación San Pedro, hacia el este, se encuentra la Formación Riolítica (Bruggen 1950) que comienza a formarse en el Mioceno Inferior, sobre la cual aparecen los estrato-volcanes andesíticos de edad Mioceno Medio, aunque su buena preservación sugiere edad cuaternaria. Ambas formaciones estarían genética y químicamente relacionadas (Pichler & Zeil 1972). El activo volcanismo producido por la efusión de estas lavas permitió la formación de cuencas cerradas intermontanas cuyo nivel de base dio origen a lagunas y salares de pequeñas dimensiones.

Principales unidades morfológicas de Laguna Lejía

El volcán Láscar es una de las principales unidades morfológicas del área de Laguna Lejía, es el volcán más activo de la zona volcánica central de los Andes, y su evolución puede relacionarse con los cambios climáticos regionales del Cuaternario, registrados en los sedimentos de lagos aledaños. Es un volcán constituido por dos conos truncados e irregulares y cinco cráteres satélites. El cráter central presenta actividad, dividiendo de esta forma al Láscar en dos áreas, la del oeste o del cráter extinto y la del este o del cráter activo. El basamento consiste en arenas carboníferas del devónico y del reciente (formación Lila), rocas y granitos volcánicos del Pérmico y rocas volcánicas del Triásico-Pérmico. La distribución de sus productos está controlada por la morfología de este sector del Altiplano, en particular, por las profundas quebradas que disectan las ignimbritas del Mioceno superior-Plioceno que constituyen el plateau y cuya formación estaría relacionada a eventos erosivos de períodos glaciales del último milenio. Estudios regionales de morrenas en el altiplano de Antofagasta indican que éstas se formaron en el último máximo glacial global o Glacial tardío (21-17 ka) y sugieren que el Láscar habría sido lo suficientemente alto como para sostener pequeños glaciares durante este período. El volcán Láscar alcanza 800 m de altura promedio sobre su base y aproximadamente 54 km^2 de superficie. Sus productos, sin incluir los depósitos de caída, alcanzan una superficie de 185 km^2 con un volumen estimado de 15 km^3. Durante su evolución el centro de emisión del Láscar ha migrado a lo largo de un lineamiento ESE-WNW, dando origen al sistema de cráteres anidados. La litología predominante corresponde a andesitas y dacitas porfídicas a débilmente porfídicas, con plagioclasa dominante y olivino y clinopiroxeno en los términos más máficos y dos piroxenos, hornblenda y ocasionalmente biotita en los términos más silíceos, todas con evidencias de mezcla de magmas (Gardeweg et al. 1997).

Destacan las unidades geomorfológicas, que conforman el anfiteatro del cual la Laguna Lejía es el centro (Fig. 2-5), una de ellas es el volcán Aguas Calientes, situado al norte de la laguna, el que luce un imponente cono en comparación con el cono truncado del Láscar, que se ubica al costado oeste.

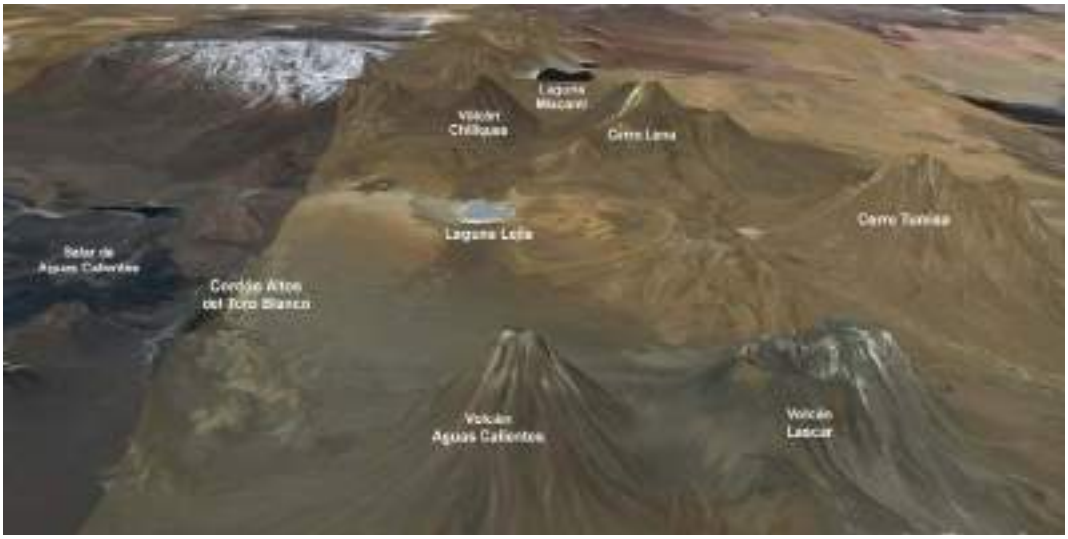


FIGURA 2-5. VISTA GENERAL (NORTE A SUR) DE LAS PRINCIPALES UNIDADES MORFOLÓGICAS DEL ÁREA LAGUNA LEJÍA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE IMAGEN SATELITAL GOOGLE EARTH.

Otras unidades características son el volcán Chiliques, al sur de la laguna, y los cerros Lena y Lejía, en dirección sur oeste de la laguna, pertenecientes al cordón de Puntas Negras, los que completan de esta forma la formación de anfiteatro. En esta conformación geomorfológica, se aprecia estar caminando entre “volcanes”, ya que éstas formaciones tienen en promedio una altura de 5.700 m, con elevación desde su base de sólo 800-900 m aproximadamente (Fig. 2-6). En dirección noreste de la laguna, se sitúa el cordón Altos de Toro Blanco, el que constituye la divisoria entre las cuencas de Lejía y del Salar de Aguas Calientes, con una altura promedio de 4.300 m, formando una pequeña sierra entre los dos humedales.

FIGURA 2-6. LAGUNA LEJÍA, AL FONDO LOS VOLCANES LÁSCAR Y AGUAS CALIENTES. FUENTE: CEA, 2008.

4. HIDROGRAFÍA

4.1. Conceptos generales

Lagos salados, salares y cuencas cerradas

Los lagos salados y salares se constituyen en la base de equilibrio de las cuencas cerradas. Las napas subterráneas de las cuencas de drenaje se descargan preferencialmente en estas depresiones topográficas originando manantiales o vertientes que alimentan los salares. Muchos manantiales surgen cerca de las orillas de los salares, lo que plantea el problema de una posible contaminación de las aguas de aporte por las aguas saladas estancadas en el fondo de la cuenca.

Las vertientes o manantiales surgen frecuentemente en varios puntos, o pueden ser difusos a lo largo de decenas o cientos de metros de la orilla, condición que dificulta fuertemente cuantificar los caudales aportados. Cuando alimentan una laguna superficial y salada permanente, la determinación del volumen de sus aportes es simple, requiriéndose establecer el balance hídrico de la laguna salada.

El término "sal" se refiere indistintamente a los componentes disueltos en las aguas diluidas y en las salmueras que derivan de ellas por evaporación, así también como a las sales que precipitan a partir de estas salmueras. Estos componentes pueden provenir de la alteración de rocas volcánicas y sedimentarias, de la redisolución de antiguas evaporitas, de la oxidación del azufre y de minerales sulfurados y de cuñas salinas. Se está dando una atención particular a la hidroquímica del arsénico, uno de los mayores contaminantes en el norte de Chile. Si la alta salinidad de un agua de aporte proviene de una cuña salina, es probable que haya aguas de mejor calidad más arriba en la cuenca. Al contrario, si se establece que esta alta salinidad se debe a la redisolución de antiguas evaporitas por debajo de las formaciones volcánicas de la cuenca de drenaje, es probable que toda, o gran parte de la napa subterránea de este sector de la cuenca sea afectado por esta contaminación natural.

Cada salar se caracteriza por un tipo de sal dominante: cloruro de sodio, sulfatos de sodio, sulfato de calcio. Las salmueras y sales de los salares y lagunas saladas provienen de la evaporación de aguas de aporte. Se puede clasificar los aportes en cuatro tipos hidrológicos:

- *Las vertientes fluyentes* (o manantiales corrientes) son salidas de agua bien localizadas donde el agua fluye visiblemente. Es posible medir su caudal. Se encuentran tanto en las orillas del salar como en las laderas de la cuenca. Pueden existir varias vertientes fluyentes a lo largo de una orilla, muy cercanas una de la otra. Generalmente, tienen la misma composición química, y es suficiente muestrear una o dos para caracterizar el aporte por este lado de la cuenca.

- *Las vertientes difusas* aportan aguas que escurren tan lentamente que no se puede apreciar su movimiento visualmente. No se observa una salida localizada, sino una escorrentía a lo largo de la orilla con una extensión que puede alcanzar varios cientos de metros. Muy raras veces se encuentran cuenca arriba. Es imposible medir un caudal. Cuando las aguas son diluidas, producen bofedales. Este tipo de vertiente es proclive a dos mecanismos de salinización: (a) mezcla con una cuña salina del salar, (b) pre-evaporación a través de los sedimentos de la orilla. La napa subterránea, a muy poca profundidad, se evapora por capilaridad, se concentra y deposita sales a lo largo de la orilla.

- *Los ríos y riachuelos* provienen de la unión de aguas de varias vertientes. No son muy comunes en zonas áridas, y son siempre de bajo caudal (unos litros a unos centenares de litros por segundo) en relación a los ríos de zonas húmedas. En muchos casos, se infiltran cuenca arriba alimentando napas subterráneas que se descargan luego en vertientes a las orillas del salar.

- *Las napas subterráneas* constituyen las principales reservas de agua en los Andes del norte de Chile. Son también las aguas más difíciles de muestrear. De hecho, las vertientes son los únicos puntos, muy escasos, de afloramiento de las napas. Para obtener muestras más representativas, hay que realizar costosos sondeos. Cerca de los bordes del salar, se puede alcanzar la napa por cateos o drenes.

Tipos de lagunas

Se puede distinguir tres tipos de lagunas en las cuencas del norte de Chile:

Las lagunas relativamente profundas (unos metros a unas decenas de metros), con fondo semipermeable, se ahondan progresivamente del borde al centro y ocupan toda la depresión

central de la cuenca (lago Chungará, lagunas Miscanti, Miñique, Verde). Su extensión no varía mucho a lo largo del año y su composición química es casi homogénea debido a los vientos que mezclan las aguas.

Las lagunas someras de unos centímetros hasta unos decímetros sobre la superficie del salar provienen de vertientes en la orilla. Su extensión es muy variable e irregular; hasta pueden secarse. La intensa evaporación produce un gradiente de salinidad muy marcado en el sentido de la escorrentía.

Los "ojos" provienen de la disolución de una costra de sal por aguas diluidas. Sus bordes son verticales o muy empinados, y sus profundidades pueden alcanzar varios metros. De hecho, se trata del afloramiento de la napa de salmuera que llena la porosidad de toda la costra. (e. g., Imilac, Pedernales, Gorbea).

4.2. Laguna Lejía

Siguiendo el criterio de Klohn (1972) pueden considerarse varios grupos de sistemas hidrográficos: (a) Cuencas cerradas (endorreicas), (b) Pampa del Tamarugal y las quebradas que allí drenan y (c) Cuencas abiertas con escorrentía permanente como el río Loa. Las cuencas cerradas, particularmente andinas y preandinas, tienen un nivel de base hidrológico en un salar o una laguna. Entre las preandinas destacan el sistema del salar de Atacama con sus ríos y quebradas (San Pedro, Vilama, Honar, Cámar, Socaire, Peine, Tilomonte) y salares de Imilac y Punta Negra. Hidrológicamente pueden considerarse pozas de evaporación para las aguas superficiales y subterráneas que fluyen en la cuenca. Los acuíferos están constituidos principalmente por material aluvial y rocas fracturadas del basamento, como ignimbritas, andesitas, riolitas e intrusivos ígneos.

Las numerosas cuencas cerradas del Altiplano, se caracterizan por presentar rasgos morfológicos muy similares, los que se pueden resumir de la siguiente manera: Son elongados en sentido norte sur o aproximadamente circulares. Las áreas más deprimidas de ellas se ubican próximas a los bordes occidentales ya sea en el extremo norte, sur o intermedios, constituyendo salares y/o lagunas, donde se colecta todo el aporte de agua tanto superficial como subterráneo. Los conos aluviales de material detrítico, formados a partir de las rocas circundantes tienen características permeables y confluyen hacia los salares y lagunas. Las precipitaciones que se producen en el altiplano son colectados por sistemas de drenaje, que se caracterizan por la ausencia de cursos perennes que alcancen hasta las áreas más deprimidas a excepción del río Zapaleri en la hoya del salar de Tara. Por lo general, el escurrimiento superficial se produce a través de pequeños cursos que se desarrollan en rocas impermeables y cuyo caudal se infiltra ya sea en fracturas de rocas o en los materiales sedimentarios clásticos, pasando a constituir generalmente acuíferos freáticos. Es común encontrar en las proximidades de los salares y lagunas, numerosos afloramientos de agua en forma de vertientes; estos ocurren generalmente en la superficie de contacto entre riolitas infrayacentes y andesitas suprayacentes como también en los contactos entre los materiales ubicados en la parte distal de los conos aluviales con sedimentos finos asociados a salares.

En los márgenes orientales de las depresiones, por lo general se encuentran continuas paleolíneas de costas, las cuales corresponden a diferentes niveles de agua, indicando que el sector oriental experimentó un basculamiento positivo, es decir, ascendió. El material sedimentario que rellena las depresiones es francamente salino, mezcla de sales y sedimentos

finos, sedimentos finos salinos y/o sedimentos finos. Estos materiales a veces están saturados encontrándose agua con distintos grados de salinidad. La saturación a veces llega a constituir lagunas. Las sales predominantes son sulfatos, boratos y cloruros en diferentes proporciones.

La Laguna Lejía corresponde a una cuenca hidrológicamente abierta, y corresponde a aquellas que a pesar de ser superficialmente cerradas tienen intercomunicación subterránea con una o más cuencas circundantes. En el caso de la Laguna Lejía podría estar recibiendo aportes del salar de Aguas Calientes y de la laguna Miscanti, como parte de un acuífero en común (Montti & Henríquez 1970). Por otro lado, varios estudios paleoclimáticos utilizando isótopos, constatan que la recarga de los acuíferos es muy limitada, incluso a un nivel más bajo del que puede ser detectado. De esta forma, las aguas subterráneas de las que se dispone en la actualidad serían aguas fósiles que se generaron en momentos en que el nivel de precipitación en la zona era 2,5 veces superiores al actual, por lo que el agua subterránea se estaría renovando muy lentamente, e incluso, en el peor de los casos, no se renovaría (Messerli et al. 1997).

El agua que reciben las cuencas hidrológicamente abiertas, tiene las siguientes posibilidades de descarga por evaporación y circulación subterránea hacia cuencas vecinas: (a) a través de interestratificaciones de sedimentos permeables en riolitas, (b) contactos entre riolitas y andesitas y (c) contacto entre coladas de andesitas y fallas o fracturas. Dependiendo del mecanismo de descarga predominante se originan diferentes tipos de depósitos. La concentración de sólidos disueltos en las lagunas está controlada por la relación entre evaporación y circulación subterránea. Se tendrán concentraciones mayores de sólidos disueltos cuando prima la evaporación y las concentraciones serán siempre deficientes en elementos de alta solubilidad. En el caso de que los valores de circulación subterránea sean muy altos en relación a la evaporación se tendría en un caso extremo sólo acumulación de sedimentos clásticos (Montti & Henríquez 1970).

La Laguna Lejía, con una cuenca hidrográfica de sólo 329 km^2 tiene un contenido de sólidos disueltos de 64 gr/l, además con una alta alcalinidad pH 8,9, lo que indica que podría estar recibiendo aporte subterráneo de aguas que ya fueron concentradas por evaporación en otra cuenca, es decir aguas con una alta carga de sólidos disueltos, mientras que la descarga sería igualmente subterránea. Se estima, además, que la gran carga de sólidos disueltos tiene origen en la drástica disminución del volumen de la laguna por evaporación, debido a los cambios climáticos acontecidos en los últimos millones de años, los que involucraron modificaciones en las temperaturas y en el régimen de precipitaciones (Grosjean 1994).

La laguna es pequeña (1,9 km^2), poco profunda (1 m), endorreica, ubicada a una altitud de 4.300 m, sus parámetros hidrológicos son controlados por afloramientos subterráneos, con una escasa precipitación (< 200 mm/año), excesiva evaporación (> 2000 mm/año) y un limitado drenaje interno (estimado en 40 l/min) a través de la quebrada Nacimiento. Sin embargo, el drenaje interno es mínimo en relación al comportamiento de la laguna como sistema cerrado, ya que muestra rápidas respuestas a los cambios del balance hídrico en los parámetros de entrada y salida (Grosjean et al. 1995).

La laguna corresponde a un remanente de un lago glacial de grandes proporciones, y se sitúa a 15 km al sur del volcán Láscar, formada en una depresión tectónica relacionada con la falla Miscanti-Callejón de Varela. Se han realizado numerosos estudios de los sedimentos presentes en la laguna (Grosjean 1994, Meserli et al. 1993, Grosjean et al. 1995), permitiendo de esta forma analizar y estudiar los cambios climáticos acontecidos en el cuaternario tardío en la historia del Altiplano de Atacama. A través de los estudios mencionados se determinó que luego

del último periodo glacial la laguna cubría una superficie de 9 a 11 km^2 (13500 < 10400 A.P.) en comparación a la superficie actual, que alcanza sólo 2 km^2 (Fig. 2-7 y 2-8). El tamaño que alcanzó la laguna tiene relación con una condición más húmeda del clima en que las precipitaciones alcanzaban hasta los 500 mm/año, fue en esta fase en donde se mantuvo la condición de agua dulce en la laguna, y se depositaron en el fondo los sedimentos calcáreos, a una profundidad de 25 m, los que hoy permiten estudiar el comportamiento de la laguna frente a los cambios climáticos y ambientales. Estos altos niveles de la laguna se mantuvieron por más de 1000 años y no se explican sólo en relación con los fenómenos de fusión de glaciares, o las precipitaciones existentes, sino más bien por un conjunto de factores y variables que permitieron el establecimiento de grandes lagos (Grosjean et al. 1995).

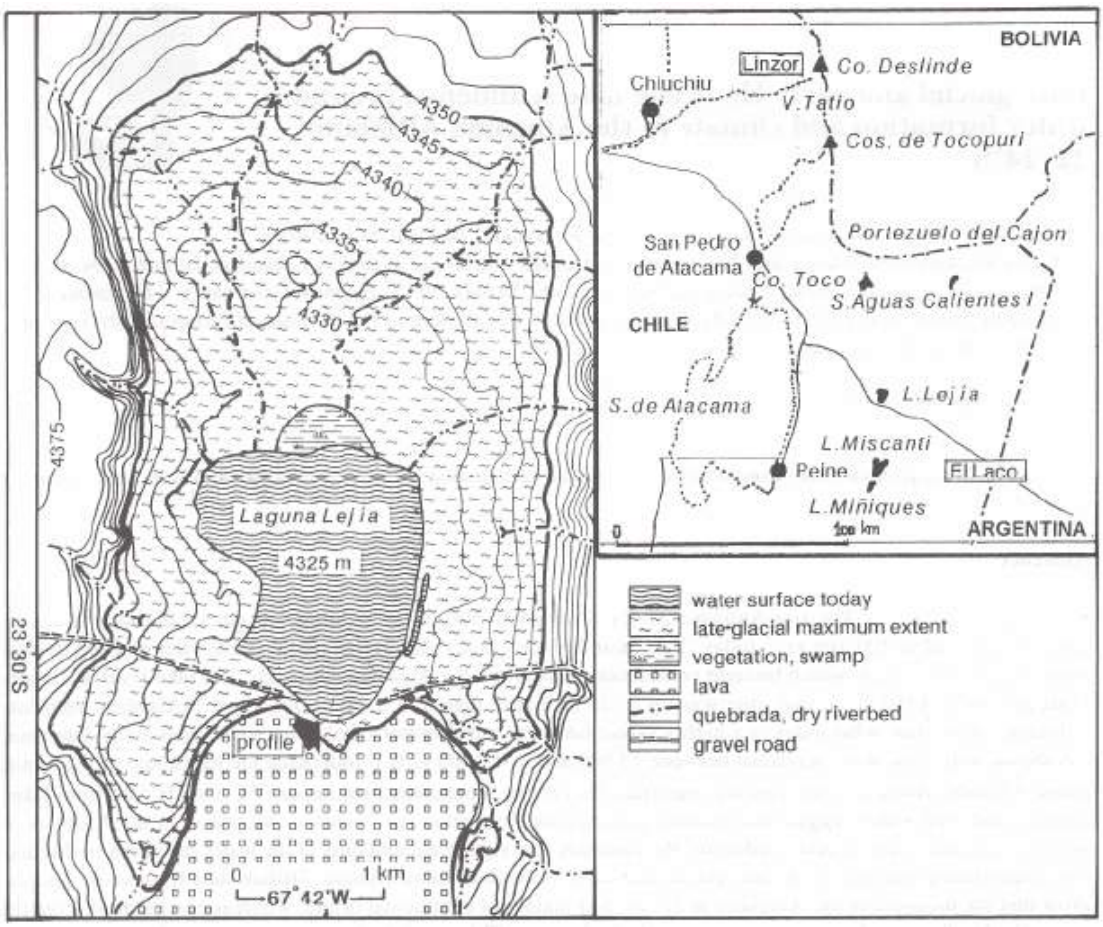


FIGURA 2-7. MAPA DE LAGUNA LEJÍA MOSTRANDO LA EXTENSIÓN MÁXIMA DEL PALEOLAGO LUEGO DEL PERIODO GLACIAL. TOMADO DE GROSJEAN ET AL. 1995.

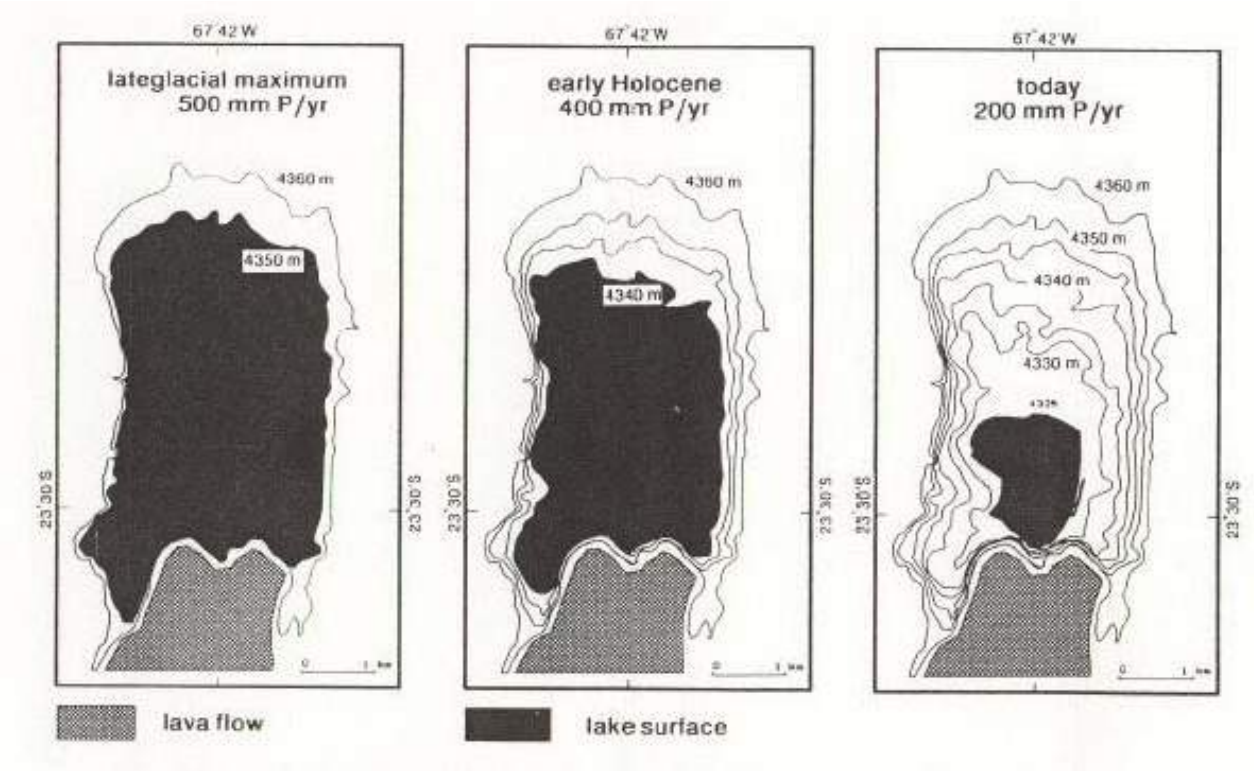


FIGURA 2-8. EVOLUCIÓN DE LA LAGUNA LEJÍA DE ACUERDO A LA VARIACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES. TOMADO Y MODIFICADO DE GROSJEAN & NÚÑEZ 1994.

CAPÍTULO III
BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO III BIODIVERSIDAD

FLORA Y VEGETACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En términos biogeográficos generales, se puede señalar que de acuerdo a Cabrera & Willink (1973) el piso de vegetación en que se localiza la zona de estudio, corresponde al reino neotropical, dominio andino patagónico, provincias altoandina y puneñas con vegetación esteparia. Por su parte, Gajardo (1994) la ubica en la región de la estepa alto-andina, sub-región del altiplano y de la puna, que se extiende desde el límite con Perú y Bolivia hasta las montañas andinas de la región del Maule, entre los 4.000 y 5.000 msm. Gajardo (op. cit.) señala que en el extenso territorio de esta sub-región, es posible reconocer la presencia de las siguientes siete formaciones vegetales: estepa alto-andina altiplánica, estepa alto-andina sub-desértica, estepa arbustiva pre-altiplánica, estepa arbustiva pre-puneña, estepa sub-desértica de la puna de Atacama, estepa desértica de los salares andinos y desierto alto-andino del Ojos del Salado, cada una de ellas con varias comunidades o asociaciones vegetales. En este capítulo se presentan los resultados de estudios fitosociológicos en el área de estudio generados mediante colectas intensivas e inventarios caracterizando los sitios inventariados con la identificación de las principales comunidades vegetales del área, el pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama y las comunidades del humedal altoandino lacustre de Laguna Lejía. Se incluye un inventario o catálogo de la flora del área de estudio. También se presentan el estado de conservación de las especies, el grado de perturbación antrópica según la relación entre las especies nativas e introducidas y las formas de vida.

2. METODOLOGÍA

La definición y nomenclatura de las unidades vegetacionales del sector de Laguna Lejía se realizó de acuerdo a la propuesta de Gajardo (1994). Posteriormente se verificaron en terreno las unidades más relevantes y señaladas en la cartografía, las que básicamente corresponden a comunidades arbustivas y herbáceas.

2.1. Flora

En enero de 2008 se realizaron colectas intensivas y se aplicaron 12 relevamientos (inventarios) fitosociológicos (Fig. 3-1). Cada especie se identificó, clasificó y determinó su origen fitogeográfico en base a literatura especializada, por ejemplo: Hoffmann (1989, 1998), Marticorena & Quezada (1985), Marticorena & Rodríguez (1995, 2001, 2003, 2005), Matthei (1995), Muñoz (1966) y Navas (1973, 1976, 1979). También se determinaron las formas de vida en base al esquema propuesto por Ellenberg & Mueller-Dombois (1966).

El grado de perturbación antrópica del lugar se determinó sobre la base de lo propuesto por Hauenstein et al. (1988), que consideran el origen fitogeográfico, es decir, la relación entre las especies nativas e introducidas, y las formas de vida (formas biológicas de Raunkiaer) como medidas de esta forma de perturbación; y la escala de evaluación propuesta por González (2000) que establece rangos definidos de alteración según el porcentaje de especies exóticas que contenga un área determinada (Tabla 3-1).

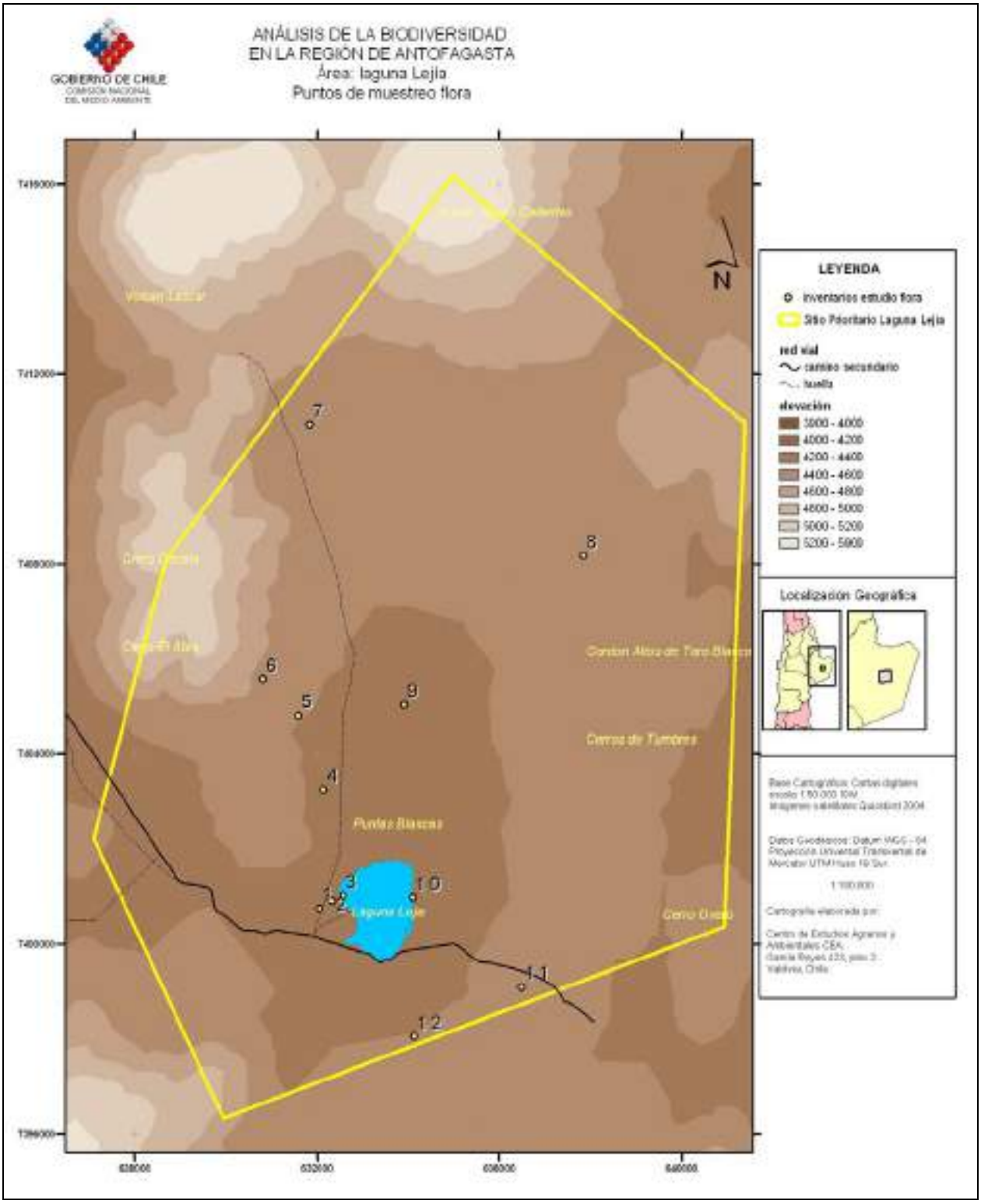


FIGURA 3-1. PUNTOS DE MUESTREO FLORA EN LAGUNA LEJÍA

TABLA 3-1. ESCALA DE EVALUACIÓN VEGETACIONAL DEL GRADO DE INTERVENCIÓN ANTROPICA SEGÚN ORIGEN FITOGEOGRAFICO (GONZÁLEZ 2000).

RANGO DE PORCENTAJES DE ESPECIES INTRODUCIDAS (%)	GRADO DE INTERVENCIÓN ANTRÓPICA
0-13	Sin intervención
14-20	Poco intervenido
21-30	Medianamente intervenido
31-100	Altamente intervenido

Como resultado de los procesos anteriores se obtuvo un inventario o **catálogo florístico** del área de estudio (Tabla 3-2) que contiene todos los elementos antes mencionados, y los registros producto de este esudio.

2.2. Fitosociología

Se aplicaron 12 relevamientos fitosociológicos (inventarios) de 5x5 m de superficie cada uno, de acuerdo a la metodología fitosociológica europea (Braun-Blanquet 1964). Se consideró también la vegetación acuática y palustre de los humedales contenidos en el área de estudio. Las tablas fitosociológicas se procesaron de acuerdo a la metodología propuesta por Braun-Blanquet (op. cit.) y explicitada en Ramírez & Westermeier (1976). En ellas, los valores de cobertura de cada especie, en cada inventario, se expresan directamente en porcentaje de la superficie.

Con esta información, se procede a anotar, a la derecha de la columna correspondiente al último inventario, los valores correspondientes a la cobertura total por cada especie (C) y su cobertura relativa (Cr) o porcentaje de la cobertura total de cada especie, usando como 100% la sumatoria de las coberturas. Antes de la cobertura se anota la frecuencia de cada especie, es decir el número de inventarios en que ella está presente. Dicha frecuencia se indica en números absolutos (F) y en términos de frecuencia relativa (Fr), que indica el porcentaje de la frecuencia de cada especie, haciendo equivalente al 100% la sumatoria de las frecuencias. Las especies con escasa cobertura o con sólo un individuo de designan con los signos + y r, respectivamente. Estos signos serán reemplazados por el valor 1, durante el procesamiento de la información para el cálculo del Valor de Importancia. Éste se determina para cada especie por medio de la suma de las frecuencias y coberturas relativas (Wikum & Shanholtzer 1978), dando cuenta de la abundancia e importancia de cada especie en el lugar estudiado.

A partir de los relevamientos fitosociológicos se obtuvo una tabla con la caracterización de los sitios inventariados (Tabla 3-4) y una **tabla fitosociológica** (Tabla 3-5) construida a partir del valor de importancia (VI) obtenido por las especies presentes en el área, identificando de esta forma, las principales comunidades vegetales del área siguiendo los trabajos de Gajardo (1994), y Tellier (2004).

3. RESULTADOS

3.1. Flora

Los resultados de flora están representados en la Tabla 3-2, en la que se caracterizan **29** especies, con sus nombres científicos y comunes, familia botánica, formas de vida y origen fitogeográfico; y en la Tabla 3-3 la distribución taxonómica por familias-géneros-especies. Asimismo, la Fig. 3-2 muestra la distribución taxonómica de la flora y la Fig. 3-3 representa el espectro biológico (formas de vida).

Las 29 especies se distribuyen taxonómicamente en 20 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (69%) y nueve Monocotiledóneas (Liliopsida) (31%) (Fig. 3-2). En la distribución taxonómica de la flora, están ausentes otros grupos taxonómicos como Pteridófitos y Gimnospermas. Al respecto, Godoy et al. (1981) señalan que el hábitat preferente de éstos son las formaciones boscosas, ausentes en el área de estudio.

La vegetación registrada es la esperada en ecosistemas caracterizados por ubicarse en una depresión de salares cautivos prealtiplánicos, con cuencas salinas lacustres aisladas intermontanas (similares a Miscanti y Miñiques) y dominados por un clima de estepa de altura (BSH), típico de la zona entre los 4.000 y 5.200 msm, en la alta cordillera de Los Andes; con precipitaciones concentradas en verano, entre 50 a 150 mm/año y temperaturas bajas con fuerte oscilación térmica diaria (clasificación según Köeppen 1945, modificada por Fuenzalida 1965).

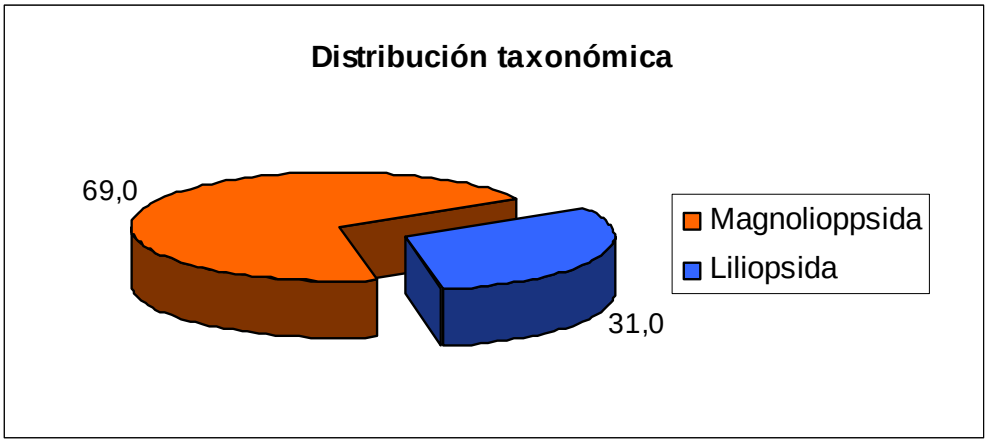


FIGURA 3-2. DISTRIBUCIÓN TAXONÓMICA DE LA FLORA DE LAGUNA LEJÍA.

TABLA 3-2. CATÁLOGO FLORÍSTICO DEL SECTOR LAGUNA LEJÍA. (FV= FORMA DE VIDA, OF= ORIGEN FITOGEOGRÁFICO, CR= CRIPTÓFITO, HC= HEMICRIPTÓFITO, CA= CAMÉFITO, TE= TERÓFITO; N= NATIVO, S.N.= SIN NOMBRE VULGAR).

GRUPO TAXONÓMICO / ESPECIES	FAMILIA	NOMBRE VULGAR	FV	OF
Angiospermae (Magnoliophyta)				
Dicotyledoneae (Magnoliopsida)				
Adesmia subterranea Clos	Fabaceae	cuerno de cabra	Cr	N
Arenaria rivularis Phil.	Caryophyllaceae	arenaria	Hc	N
Calandrinia occulta Phil.	Portulacaceae	quiaca	Hc	N
Calceolaria stellariifolia Phil.	Scrophulariaceae	capachito	Hc	N
Chaetanthera revoluta (Phil.) Cabr.	Asteraceae	chinita revoluta	Ca	N
Junellia tridactyla (Phil.) Mold.	Verbenaceae	s.n.	Ca	N
Lenzia chamaepitys Phil.	Portulacaceae	lenzia	Hc	N
Menonvillea sp.	Brassicaceae	s.n.	Hc	N
Moschopsis monocephala (Phil.) Reiche	Calyceraceae	s.n.	Hc	N
Mulinum crassifolium Phil.	Apiaceae	zucunco	Ca	N
Nototriche auricoma (Phil.) A.W.Hill	Malvaceae	nototriche	Ca	N
Nototriche sp.	Malvaceae	nototriche	Ca	N
Nototriche sp.1	Malvaceae	nototriche	Ca	N
Oxalis erythrorrhiza Gill. ex H. et A.	Oxalidaceae	culle	Hc	N
Perezia atacamensis (Phil.) Reiche	Asteraceae	marancel	Cr	N
Pycnophyllum bryoides (Phil.) Rohrb.	Caryophyllaceae	k'ota	Te	N
Pycnophyllum macropetalum Mattf.	Caryophyllaceae	s.n.	Te	N
Senecio puchii Phil.	Asteraceae	s.n.	Hc	N
Urbania pappigera Phil.	Verbenaceae	s.n.	Hc	N
Werneria incisa Phil.	Asteraceae	poposa	Cr	N
Monocotyledoneae (Liliopsida)				
Carex maritima Gunn. var. Misera	Cyperaceae	s.n.	Cr	N
Deyeuxia antoniana (Griseb.) Parodi	Poaceae	champa	Hc	N
Deyeuxia cabrerae (Parodi) Parodi	Poaceae	champa	Hc	N
Festuca chrysophylla Phil.	Poaceae	paja brava	Hc	N
Festuca sp.	Poaceae	paja brava	Hc	N
Hordeum sp.	Poaceae	s.n.	Hc	N
Puccinellia frigida (Phil.) I. M. Johnst.	Poaceae	s.n.	Hc	N
Stipa frigida Phil.	Poaceae	keiru ichu, paja	Hc	N
Stipa nardoides (Phil.) Hackel ex Hitchc.	Poaceae	chac'ke	Hc	N
N° de especies: 29.				

TABLA 3-3. DISTRIBUCIÓN TAXONÓMICA POR FAMILIAS-GÉNEROS-ESPECIES DE LA FLORA DE LAGUNA LEJÍA.

FAMILIA	GÉNEROS (N°)	ESPECIES (N°)
Poaceae	5	8
Asteraceae	4	4
Caryophyllaceae	2	3
Portulacaceae	2	2
Verbenaceae	2	2
Malvaceae	1	3
Fabaceae	1	1
Scrophulariaceae	1	1
Calyceraceae	1	1
Oxalidaceae	1	1
Cyperaceae	1	1
Brassicaceae	1	1
Apiaceae	1	1
Total: 13	23	29

En la Tabla 3-3 se aprecia que de las 13 familias presentes en la flora de Laguna Lejía, las mejor representadas son Poaceae (cinco géneros - ocho especies) y Asteraceae (cuatro géneros - cuatro especies), familias que poseen especies adaptadas a ambientes xéricos y de comunidades esteparias (Cabrera & Willink 1973).

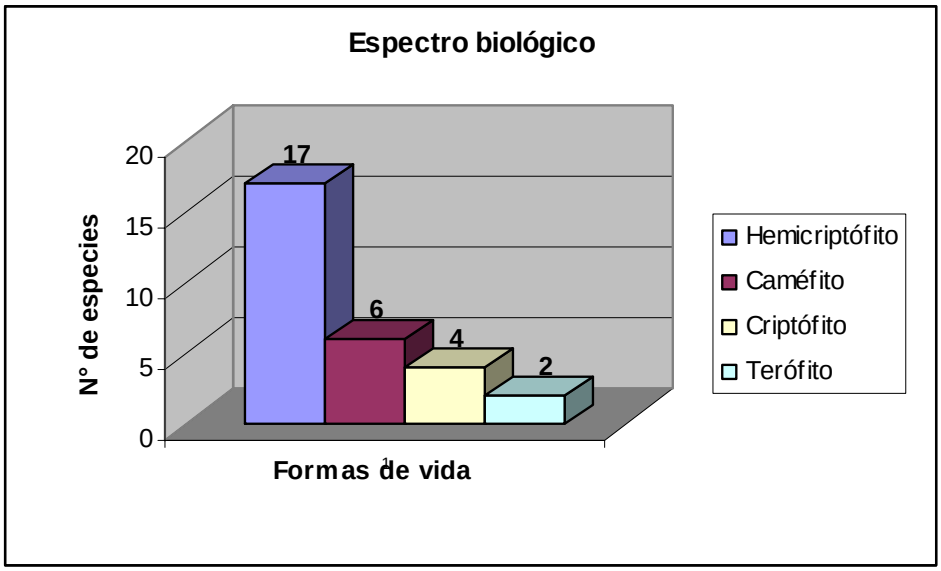


FIGURA 3-3. ESPECTRO BIOLÓGICO (FORMAS DE VIDA) DE LA FLORA DE LAGUNA LEJÍA.

El espectro biológico (Fig. 3-3) muestra la presencia de 17 hemicriptófitos (58,6%), plantas herbáceas perennes, seis caméfitos (subarbustos) (20,7%), cuatro criptófitos (geófitos e hidrófitos) (13,8%) y sólo dos terófitos (6,9%) que comprenden plantas anuales y bianuales. Todas estas formas de vida presentan adaptaciones tanto estructurales como fisiológicas a las condiciones climáticas del lugar (Mooney & Kummerow 1971, Montenegro et al. 1979). Así, los caméfitos por sus formas pulviniformes y de tamaño pequeño soportan el frío, los fuertes vientos y el peso de la nieve; los criptófitos, en este caso los geófitos, son plantas con órganos subterráneos perdurantes, que representan muy bien este tipo de clima árido; los terófitos en cambio basan su permanencia en base a ciclos de vida corto. Por su parte la presencia de hemicriptófitos, si bien también están adaptados a estos ambientes, puede indicar también intervención antrópica, ya que esta forma de vida acompaña al hombre y corresponde a plantas que son capaces, por ejemplo, de soportar el pisoteo y ramoneo de los animales domésticos (Cabrera & Willink 1973, Ramírez 1988).

Al analizar el origen fitogeográfico (Tabla 3-2), encontramos que el 100% de las especies son nativas, por lo que al aplicar las propuestas de Hauenstein et al. (1988) y González (2000) para determinar el grado de intervención antrópica, el lugar estaría en la categoría de “Sin Intervención”, lo cual corrobora que este sitio es de alta pristinidad.

3.2. Fitosociología

En la Tabla 3-4 se presenta la caracterización resumida de los inventarios realizados, y en la Tabla 3-5 los resultados fitosociológicos.

TABLA 3-4. LISTA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS INVENTARIOS PARA FLORA Y VEGETACIÓN DEL SITIO PRIORITARIO LAGUNA LEJÍA.

INVENTARIOS (N°)	COORDENADAS (UTM) ESTE	NORTE	ALTITUD (MSM)	FORMACIÓN VEGETAL
1	632049	7400753	4.361	arbustiva con herbáceas
2	632334	7400901	4.347	arbustiva con herbáceas
3	632571	7401021	4.341	herbácea
4	632149	7403253	4.361	arbustiva
5	631596	7404811	4.419	herbácea con arbustos
6	630809	7405574	4.589	herbácea con arbustos
7	631843	7410930	4.563	suelo desnudo
8	637846	7408169	4.577	herbácea
9	633908	7405039	4.385	arbustiva con herbáceas
10	634099	7400972	4.350	herbácea
11	636493	7499097	4.550	arbustiva con herbáceas
12	634130	7398049	4.406	arbustiva con herbáceas

TABLA 3-5. TABLA FITOSOCIOLÓGICA CON VALORES DE IMPORTANCIA Y ESTRUCTURA FLORÍSTICA DE LAGUNA LEJÍA. A= *PUCCINELLIA-CALANDRINIA* B= *STIPA-DEYEUXIA* (PAJONAL ALTOANDINO); F= FRECUENCIA ABSOLUTA, FR= FRECUENCIA RELATIVA, C= COBERTURA ABSOLUTA, CR= COBERTURA RELATIVA, VI= VALOR DE IMPORTANCIA DE CADA ESPECIE. (LOS NÚMEROS BAJO LOS INVENTARIOS CORRESPONDEN A PORCENTAJES DE COBERTURA).

	A		B														
ESPECIES / INVENTARIOS	3	10	1	2	4	9	11	7	8	5	6	12	F	Fr	C	Cr	VI
Deyeuxia cabrerae			1	1							35	15	4	4,7	52	14,4	19,1
Stipa nardoides			1	1	1	1				3			5	5,9	7	1,9	7,8
Stipa frigida			8	3		3	3	1	15	40	10	3	9	11	86	23,8	34,8
Lenzia chamaepitys			1										1	1,2	1	0,3	1,5
Moschopsis monocephala			1	1	1					1		1	5	5,9	5	1,4	7,3
Mulinum crassifolium			7							3	2	8	4	4,7	20	5,5	10,2
Nototriche auricoma			1	1	1					1	1		5	5,9	5	1,4	7,3
Nototriche sp.			1	1									2	2,4	2	0,6	3,0
Nototriche sp.1			1	1	1								3	3,5	3	0,8	4,3
Senecio puchii			1									1	2	2,4	2	0,6	3,0
Urbania pappigera			2	6	3	6	7			6	1	2	8	9,4	33	9,1	18,5
Adesmia subterranea				1						1	4		3	3,5	6	1,7	5,2
Carex maritima	1												1	1,2	1	0,3	1,5
Puccinellia frigida	10	30											2	2,4	40	11,1	13,5
Festuca sp.	1												1	1,2	1	0,3	1,5
Arenaria rivularis	10												1	1,2	10	2,8	4,0
Calandrinia occulta	30												1	1,2	30	8,3	9,5
Werneria incisa	15												1	1,2	15	4,2	5,4
Festuca chrysophylla										1		1	2	2,4	2	0,6	3,0
Chaetanthera revoluta										1	1		2	2,4	2	0,6	3,0
Pycnophyllum bryoides										1	2	2	3	3,5	5	1,4	4,9
Perezia atacamensis										1	1	1	3	3,5	3	0,8	4,3
Junellia tridáctila											1		1	1,2	1	0,3	1,5
Oxalis erythrorrhiza											1		1	1,2	1	0,3	1,5
Pycnophyllum macropetalum									5				1	1,2	5	1,4	2,6
Hordeum sp.												1	1	1,2	1	0,3	1,5
Deyeuxia antoniana												20	1	1,2	20	5,5	6,7
Calceolaria stellariifolia												1	1	1,2	1	0,3	1,5
Menonvillea sp.												1	1	1,2	1	0,3	1,5
N° de especies x inventarios	6	1	11	9	5	3	2	1	2	11	11	13	75		361		

Los resultados vegetacionales de la Tabla 3-5 muestran la presencia de **29** especies de plantas, que componen dos comunidades de plantas: *Puccinellia-Calandrinia* y *Stipa-Deyeuxia.*

Puccinellia-Calandrinia es una comunidad de herbáceas representada por los inventarios tres y 10. Es pobre en especies, sólo seis, entre las que destacan *Puccinellia frigida, Calandrinia oculta, Werneria incisa* y *Arenaria rivularis*. Es una comunidad más bien hidrófila, ya que sus especies componentes son típicas de vegas o bordes de cuerpos de agua (Hoffmann et al. 1998), representando la vegetación azonal del humedal altoandino lacustre de Laguna Lejía.

Stipa-Deyeuxia es una comunidad de herbáceas y arbustos bajos, representada por los inventarios 1, 2, 4 al 9, 11 y 12. La constituyen unas 23 especies, entre las que destacan *Stipa frigida, S. nardoides, Deyeuxia cabrerae, D. antoniana, Pycnophyllum bryoides, P. macropetalum, Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera*. Es una comunidad afín a la descrita por Gajardo (1994) como *Stipa chrysophylla*, característica de los sectores más altos de la cordillera de Los Andes y que señala, generalmente, el límite altitudinal de la vegetación. En su fisonomía las plantas cespitosas son dominantes como forma de vida. De acuerdo a Teillier (2004) que realizó un estudio florístico y vegetacional de la cuenca media-alta del río Loa, esta comunidad vegetal correspondería al pajonal altoandino, clasificando esta unidad, desde el punto sintaxonómico, en la alianza *Urbanio pappigerae-Stipion frigidae*. A revisar en la Tabla 3-5 los Valores de Importancia de las especies, las que destacan con altos valores, es decir, que presentan mayores coberturas y frecuencias relativas en el área de estudio, son, en orden decreciente las siguientes: *Stipa frigida, Deyeuxia cabrerae*, *Urbania pappigera, Puccinellia frigida y Mulinum crassifolium*, cuyos valores de importancia son 34,8; 19,1; 18,5; 13,5; y 10,2 respectivamente, lo que reafirma la importancia de estas especies como componentes de las formaciones esteparias del área de estudio.

4. CONCLUSIONES

El Catálogo de Laguna Lejía comprende 29 especies de plantas vasculares (20 Dicotiledóneas y nueve Monocotiledóneas) y sus formas de vida dominantes son los hemicriptófitos y caméfitos, con un grado de intervención humana en categoría de “Sin intervención”, lo cual corrobora la alta pristinidad y endemismos del sector (100% nativas).

Vegetacionalmente se determinaron dos asociaciones vegetales: *Stipa-Deyeuxia* (pajonal altoandino) y *Puccinellia-Calandrinia*. Según la clasificación de Gajardo (1994) corresponderían a la estepa subdesértica de la puna de Atacama y la vegetación azonal del humedal altoandino lacustre de Laguna Lejía. La vegetación demuestra claramente, a través de la estructura florística de sus comunidades, la condición de aridez del sector.

FAUNA

1. METODOLOGÍA

1.1 Estaciones de Muestreo

Se estudiaron seis sectores estableciéndose en ellos las estaciones de muestreo, considerando la presencia de vegetación. La lista y caracterización de las estaciones muestreadas se presentan en la Tabla 3-6. La definición y nomenclatura de las estaciones de muestreo se hizo de acuerdo a la propuesta de Gajardo (1994), verificándose en terreno las unidades vegetacionales señaladas en la cartografía del área de estudio.

Las estaciones de muestreo representan los hábitats más característicos de los ambientes seleccionados. Las estaciones de trampeo para la fauna en general (mamíferos, aves, reptiles y anfibios) fueron: pajonal tolar en roqueríos (LEJ-1), pajonal tolar en planicie (LEJ-2), escoria volcánica (LEJ-3), pajonal rocoso en laderas (LEJ-4), escorial en laguna Seca (LEJ-5) y Laguna Lejía (LEJ-6) (ver Tabla 3-6 y Fig. 3-4). Siendo las estaciones LEJ-1 a LEJ-5 pertenecientes al pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama y LEJ-6 a la vegetación azonal del humedal altoandino lacustre de Laguna Lejía.

TABLA 3-6. CARACTERIZACIÓN, LOCALIZACIÓN Y AMBIENTE DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE FAUNA SILVESTRE. SITIO LAGUNA LEJÍA. 2008

ESTACIÓN	LOCALIDAD	ÁREA	ALTITUD (msm)	COORDENADAS (UTM)	AMBIENTE
LEJ-1	Laguna Lejía	Oeste Laguna Lejía Campamento	4.170	624177 E 7409808 N	Tolar-Pajonal en relieve abrupto rocoso.
LEJ-2	Laguna Lejía	Oeste Laguna Lejía Campamento	4.160	624235 E 7409845 N	Pajonal-Tolar sobre pediplano.
LEJ-3	Laguna Lejía	Coladas de lava Volcán Chiliques	4.400	634385 E 7399177 N	Escorial volcánico próximo a Laguna Lejía
LEJ-4	Laguna Lejía	Oeste Laguna Lejía	4.480	631613 E 7402084 N	Pajonal en laderas rocosas exposición
LEJ-5	Laguna Lejía	Escorial a 7 km de Laguna Lejía	4.420	627475 E 7402026 N	Ambiente rocoso con laguna Seca.
LEJ-6	Laguna Lejía	Borde occidental Laguna Lejía	4.400	634065 E 7400669 N	Ambiente lagunar salino.

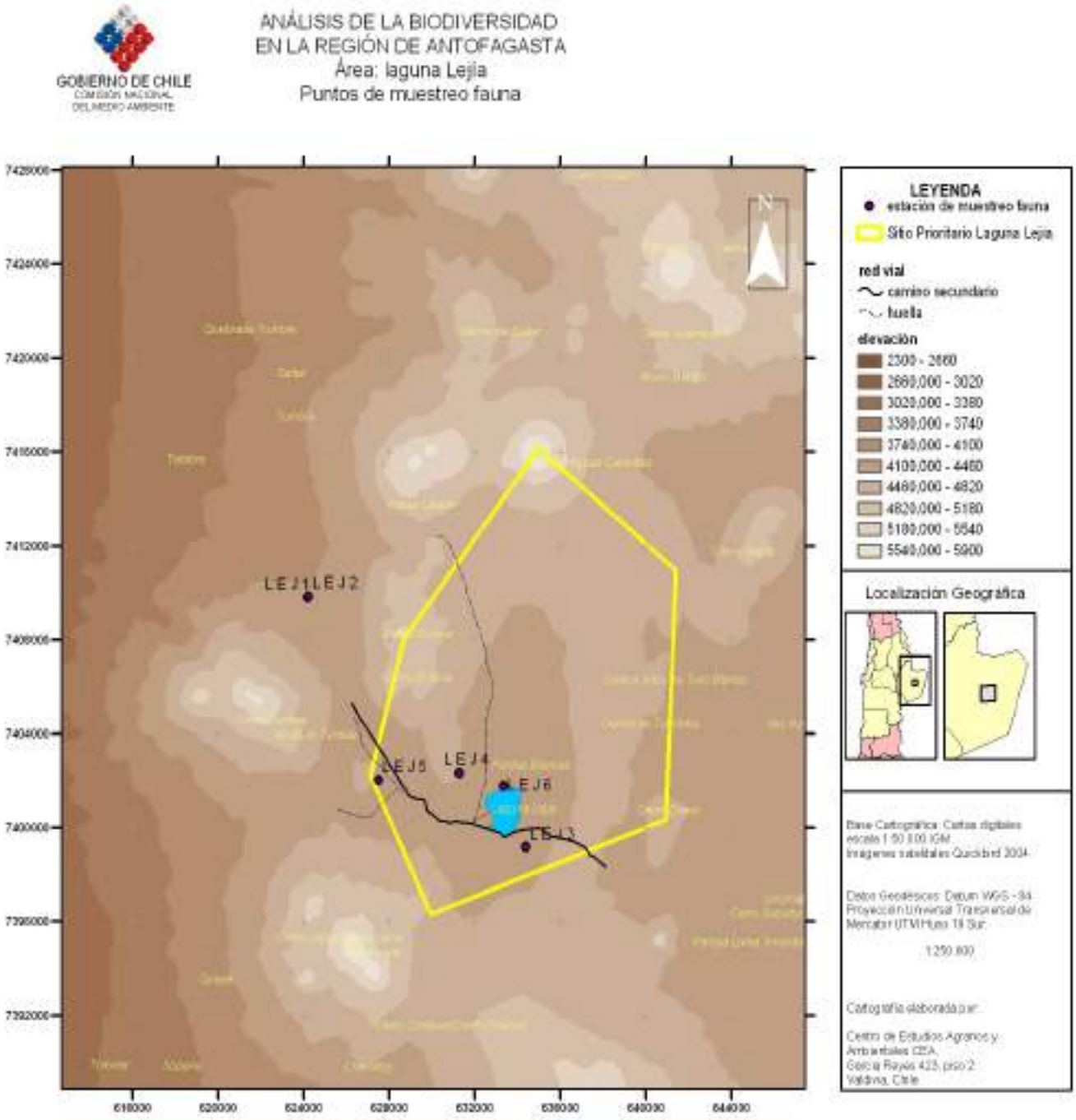


FIGURA 3-4. PUNTOS DE MUESTREO FAUNA EN SITIO LAGUNA LEJÍA.

FIGURA 3-5. ESTACIONES DE MUESTREO DE FAUNA. SITIO PRIORITARIO LAGUNA LEJÍA. DE IZQUIERDA A DERECHA Y DE ARRIBA HACIA ABAJO LEJ- 1 A LEJ- 6.

1.2 Micromamíferos

Se instalaron trampas para micromamíferos en cinco de las seis estaciones de trabajo (LEJ-1 a LEJ-5). En cada estación se ubicó una grilla en donde se desplegaron 36 trampas Sherman medianas colapsables (23 x 7,5 x 9,0 cm) cebadas con avena machacada y anís. Cada trampa fue marcada y rotulada con una cinta. En cada estación se efectuaron revisiones diarias durante tres noches, siguiendo la metodología propuesta por Muñoz-Pedreros (1992). Los animales capturados fueron identificados y posteriormente liberados, siguiendo los procedimientos de rutina de acuerdo a Muñoz-Pedreros & Yáñez (2008).

1.3 Carnívoros

a) *Información preliminar*. Antes y durante el período de muestreo se obtuvo información histórica de avistamientos y registros de la fauna presente en el área de estudio, así la información procesada estuvo integrada por cuatro fuentes: (a) especie registrada por informantes, (b) registros en terreno, (c) bases de datos y (d) observaciones adicionales.

b) *Trampas Tomahawk*.

Se instalaron trampas Tomahawk para carnívoros en cuatro de las seis estaciones de trabajo (LEJ-1 a LEJ-4), que indicaban posibilidades de presencia de carnívoros. Las trampas fueron cebadas con jurel y revisadas diariamente.

c) *Trampas cámara*.

Se instalaron trampas cámara Bushnell para registro de carnívoros, en cuatro de las seis estaciones de trabajo (LEJ-1 a LEJ-4). Se empleó orina de zorro rojo como atrayente olfativo para provocar la visita de los individuos.

d) *Técnicas especiales para mamíferos.*

Adicionalmente se emplearon diferentes métodos, tales como la revisión de los hábitats de presencia probable, registro de huellas, fecas y avistamientos. En la fotografía huella de vicuña sobre fango.

1.4 Aves

a) *Censos de avifauna diurna*. Se realizaron censos de aves diurnas en las seis estaciones de trabajo (LEJ-1 a LEJ-6). En cada estación se aplicó el método de transecto de ancho fijo (Bibby et al. 1992), de quinientos metros de largo y cincuenta metros de ancho, a través de los cuales se establecieron estaciones de escucha/ avistamiento cada 60 m. En estas estaciones se registró el número de individuos observados y/o escuchados durante un período de entre cinco a 10 minutos (Rozzi et al. 1996). Para la identificación se utilizaron binoculares de 8x40 y 8x50, telescopio 12-36, guías de campo (Jaramillo 2005, Araya & Millie 1996) y grabaciones de canto (Egli 1998). Adicionalmente a los censos se registró, para el inventario final todos los avistamientos de especies fuera de los censos durante el transcurso de los días en terreno.

b) *Censos nocturnos de aves rapaces*. Se realizaron censos nocturnos de aves rapaces en dos de las seis estaciones de muestreo (LEJ-1 y LEJ-2). Este tipo de censo consiste en emitir vocalizaciones de aves rapaces nocturnas (CEA 2003) en un reproductor portátil, el cual se conecta a un megáfono. Desde las últimas horas del atardecer hasta la noche se emiten vocalizaciones de las especies en periodos de tres emisiones para luego esperar respuestas durante cinco a siete minutos. Las vocalizaciones emitidas durante este estudio correspondieron a las especies que, por su distribución, son posibles de registrar en el área de estudio.

1.5 Herpetofauna

Para la obtención de los registros de reptiles y anfibios, los lugares de recolección fueron las estaciones de muestreo anteriormente descritas para mamíferos y aves. Para reptiles la colecta se realizó ubicando ambientes tales como piedras, árboles y otros, y utilizando como método la captura manual y la captura con guachis. Para anfibios se utilizó el método de observación directa, la búsqueda activa y el uso de redes entomológicas en ambientes acuáticos.

2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LA FAUNA DE VERTEBRADOS

2.1 Inventarios

En base a los registros obtenidos se confeccionó un inventario faunístico, el que considera los registros obtenidos en terreno tanto de avistamientos como de censos, presentando en orden taxonómico las especies registradas para el área. La nomenclatura usada para la fauna de vertebrados siguió a Veloso & Navarro (1988), Veloso (2006), Núñez & Jaksic (1992), Araya et al. (1995), Araya & Millie (1996), Nowak (1999) y Muñoz-Pedreros & Yáñez (2008).

2.2 Datos censales y análisis estadísticos

Con los datos obtenidos a través de los censos en terreno se elaboró un registro faunístico por estación de muestreo, luego se estableció la riqueza de especies (S) y abundancia relativa (AB%). Basándose en este mismo registro se calculó la diversidad de especie (H') a través del Índice de Shannon-Wiener (Pielou 1984, Krebs 1985) y el Índice de Equiparabilidad de Pielou (J) (Krebs 1985). El análisis de diversidad se presenta en el Capítulo IV.

2.3 Similitud faunística entre hábitats

Con los registros obtenidos en los censos se realizó el análisis de agrupamiento entre hábitats (Cluster Análisis) utilizando el índice de distancia promedio y el algoritmo de medias aritméticas no ponderadas de grupos pares (UPGMA) (Pielou 1984) del programa BioDiversity (McAleece 1997). El árbol de agrupamiento resultante permitió distinguir el grado de similitud faunística de los principales hábitats muestreados.

3. RESULTADOS

3.1. Estructura comunitaria de la fauna silvestre

Considerando todos los registros producto de los avistamientos y censos, se inventariaron un total de 39 especies de vertebrados nativos (mamíferos, aves y reptiles), 38 nativas y una introducida, distribuidas en 29 géneros, 21 familias y 14 órdenes. Del total de especies registradas en este estudio 18,4% corresponden a mamíferos, el 78,9% aves y 2,6% reptiles. En la Tabla 3-7 se presentan los registros en donde se aprecia la composición de la estructura comunitaria considerando todas las estaciones muestreadas.

TABLA 3-7. ESPECIES, GÉNEROS, FAMILIAS, ÓRDENES DE LA FAUNA REGISTRADA EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO LAGUNA LEJÍA, 2008.

CLASE	TOTAL DE ESPECIES	TOTAL DE GÉNEROS	TOTAL DE FAMILIAS	TOTAL DE ÓRDENES
Mamíferos	7	7	5	4
Aves	30	21	15	9
Reptiles	2	1	1	1
Anfibios	0	0	0	0
Total	**39**	**29**	**21**	**14**

3.2. Mamíferos

Variación total de especies en las estaciones muestreadas

En la Tabla 3-8 se presenta el inventario de mamíferos registrados a través del uso de trampas, avistamientos y signos, en donde además se incluye el origen. Se registró un total de siete especies, de las cuales seis son nativas y una introducida. De las tres especies de micromamíferos, dos fueron registradas mediante el uso de trampas (*Abrothrix andinus* y *Phyllotis magister*) y *Ctenomys fulvus* mediante observación directa y de signos (excavaciones, cuevas y hallazgo de restos óseos). *Lama glama* y *Equus asinus* fueron registradas por observación directa, *Lycalopex culpaeus* por signos (fecas) y *Vicugna vicugna* fue registrada mediante ambos métodos (avistamiento y registro de huellas). En la Tabla 3-9 se indican los mamíferos registrados en cada una de las estaciones de muestreo.

TABLA 3-8. INVENTARIO DE MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA, 2008.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	ORIGEN
RODENTIA	CRICETIDAE	*Abrothrix andinus*	ratón andino	Nativo
RODENTIA	CRICETIDAE	*Phyllotis magister*	lauchón orejudo grande	Nativo
RODENTIA	CTENOMYIDAE	*Ctenomys fulvus*	tuco tuco de Atacama	Nativo
CARNIVORA	CANIDAE	*Lycalopex culpaeus*	zorro culpeo	Nativo
ARTIODACTYLA	CAMELIDAE	*Vicugna vicugna*	vicuña	Nativo
ARTIODACTYLA	CAMELIDAE	*Lama glama*	llama	Nativo
PERISSODACTYLA	EQUIDAE	*Equus asinus*	burro	Introducido

TABLA 3-9. MAMIFEROS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO LAGUNA LEJÍA. 2008. LEJ-1 = PAJONAL TOLAR EN ROQUERÍOS, LEJ-2 = PAJONAL TOLAR EN PLANICIE, LEJ-3 = ESCORIA VOLCÁNICA, LEJ-4 = PAJONAL ROCOSO EN LADERAS, LEJ-5 = ESCORIAL EN LAGUNA SECA Y LEJ-6 = LAGUNA LEJÍA. C = CENSOS, A= AVISTAMIENTOS, S= HUELLAS Y SIGNOS.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEJ-1	LEJ-2	LEJ-3	LEJ-4	LEJ-5	LEJ-6
Abrothrix andinus	ratón andino	C				C	
Phyllotis magister	lauchón orejudo grande					C	
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama						A
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo						S
Vicugna vicugna	vicuña				A	A	S
Lama glama	llama	A					
Equus asinus	burro	A					
Total especies= 7		3	0	0	1	3	3

Abrothrix andinus (RATÓN ANDINO)

Ctenomys fulvus (TUCO TUCO DE ATACAMA)

Vicugna vicugna (VICUÑA)

Equus asinus (BURRO)

FIGURA 3-6. ALGUNOS MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA. FOTOGRAFÍAS: CEA

El muestreo de micromamíferos indica que en un total de 540 trampas/noche se registraron siete ejemplares de dos especies con un éxito de captura del 4,1%. En la Tabla 3-10 y Fig. 3-7 se presentan la frecuencia y abundancia de micromamíferos registrados en cada una de las cinco estaciones de muestreo.

TABLA 3-10. FRECUENCIA Y ABUNDANCIA RELATIVA DE MICROMAMÍFEROS CENSADOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO PRIORITARIO LAGUNA LEJÍA. 2008. LEJ-1 = PAJONAL TOLAR EN ROQUERÍOS, LEJ-2 = PAJONAL TOLAR EN PLANICIE, LEJ-3 = ESCORIA VOLCÁNICA, LEJ-4 = PAJONAL ROCOSO EN LADERAS, LEJ-5 = ESCORIAL EN LAGUNA SECA Y LEJ-6 = LAGUNA LEJÍA.

ESPECIE	LEJ-1	AB	LEJ-2	AB	LEJ-3	AB	LEJ-4	AB	LEJ-5	AB	Total	AB
		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)
A. andinus	4	100	0	0	0	0	0	0	1	33,3	5	71,4
P. magister	0	0	0	0	0	0	0	0	2	66,7	2	28,6
	4		0		0		0		3		7	

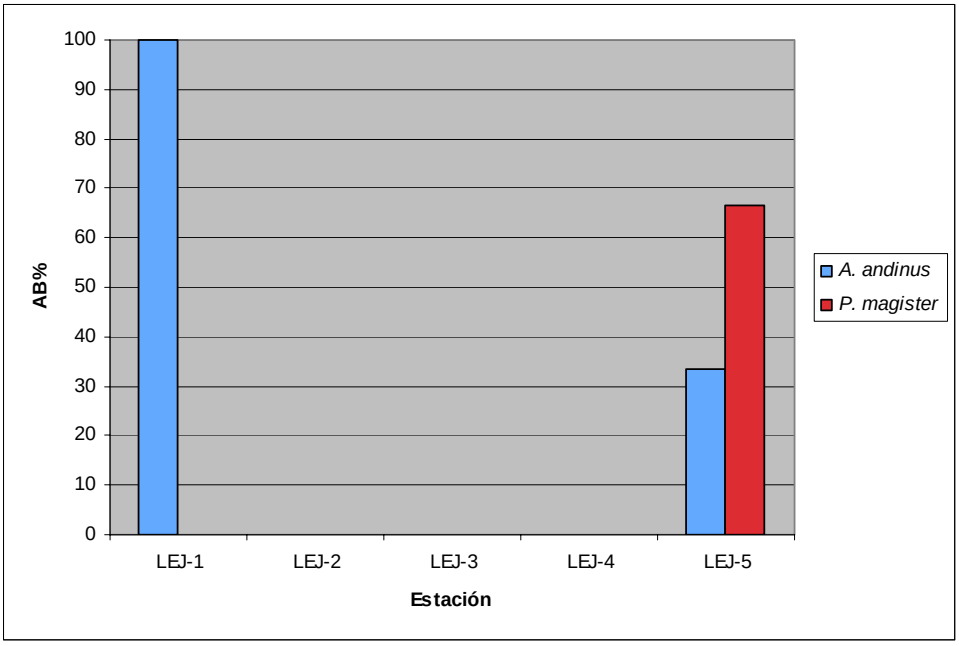


FIGURA 3-7. PROPORCIÓN DE MICROMAMÍFEROS CENSADOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO PRIORITARIO LAGUNA LEJÍA. 2008. LEJ-1 = PAJONAL TOLAR EN ROQUERÍOS, LEJ-2 = PAJONAL TOLAR EN PLANICIE, LEJ-3 = ESCORIA VOLCÁNICA, LEJ-4 = PAJONAL ROCOSO EN LADERAS, LEJ-5 = ESCORIAL EN LAGUNA SECA Y LEJ-6 = LAGUNA LEJÍA.

3.3. Aves

Se inventariaron un total de 221 individuos pertenecientes a 30 especies (ver Tabla 3-11) de los Ordenes Anseriformes (2), Apodiformes (1), Charadriformes (5), Columbiformes (1), Ciconiformes (3), Falconiformes (1), Passeriformes (15), Psittaciformes (1) y Rheiformes (1), 23 de estas especies fueron registradas en los censos por estación.

El total de especies por estación de muestreo se presenta en la Tabla 3-12. Aquí la mayor riqueza específica fue registrada en LEJ-6 (Laguna Lejía) (20 especies), seguida de LEJ-1 (Pajonal-tolar en roqueríos) (nueve especies). En tanto las menores riquezas específicas en este taxón fueron registradas en LEJ-3 (Escoria volcánica) (cuatro especies), mientras que en LEJ-2 (Pajonal-tolar en planicie), LEJ-4 (Pajonal rocoso en laderas) y LEJ-5 (Escorial en laguna seca) se registraron seis especies. En la Fig. 3-8 se observa la proporción, en cada estación de muestreo, del total de especies registradas.

Las mayores abundancias de individuos fueron registradas en LEJ-6 (Laguna Lejía) (155 individuos), LEJ-1 (Pajonal-tolar en roqueríos) (17 individuos) y LEJ-5 (Escorial en laguna seca) (17 individuos). La variación de las abundancias relativas por especie y la variación de la riqueza específica en cada estación se presentan en la Tabla 3-13.

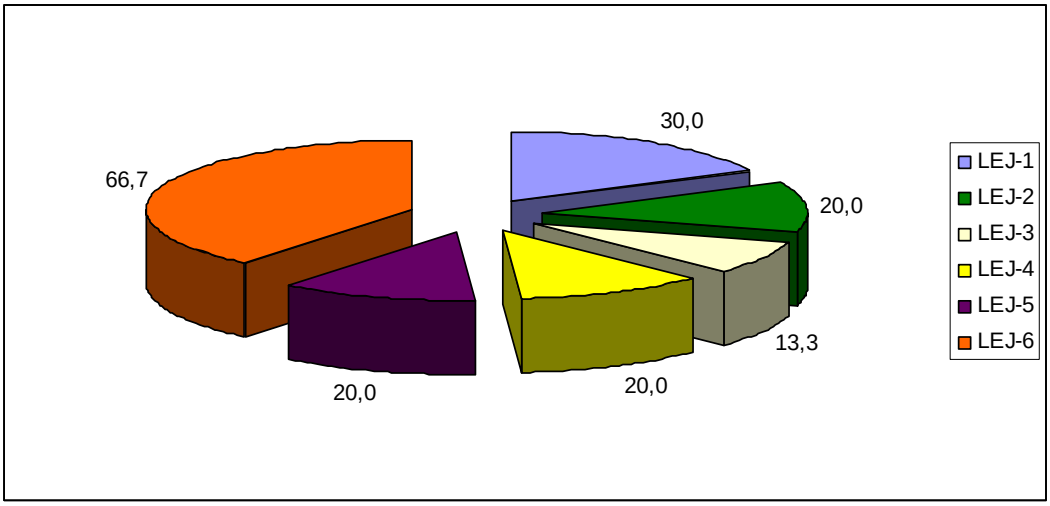


FIGURA 3-8. ABUNDANCIAS RELATIVAS POR ESPECIE DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO PRIORITARIO LAGUNA LEJÍA. 2008. LEJ-1 = PAJONAL TOLAR EN ROQUERÍOS, LEJ-2 = PAJONAL TOLAR EN PLANICIE, LEJ-3 = ESCORIA VOLCÁNICA, LEJ-4 = PAJONAL ROCOSO EN LADERAS, LEJ-5 = ESCORIAL EN LAGUNA SECA Y LEJ-6 = LAGUNA LEJÍA.

TABLA 3-11. INVENTARIO DE AVES REGISTRADAS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE LAGUNA LEJÍA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. EST= ESTATUS, R = RESIDENTE.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	EST
RHEIFORMES	RHEIDAE	*Pterocnemia pennata* (Chubb)	suri	R
ANSERIFORMES	ANATIDAE	*Lophonetta specularioides* (King)	pato juarjual	R
		Chloephaga melanoptera (Eyton)	piuquén, guayata	R
APODIFORMES	TROCHILIDAE	*Oreotrochilus estella* (d´Orbigny & Lafresnaye)	picaflor de la puna	R
CHARADRIIFORMES	CHARADRIIDAE	*Charadrius alticola* (Berlepsch y Stolzmann)	chorlo de la puna	R
	SCOLOPACIDAE	*Calidris bairdii* (Coues)	playero de Baird	R
		Steganopus tricolor (Vieillot)	pollito de mar tricolor	R
	THINOCORIDAE	*Attagis gayi* Geoffroy Saint-Hilaire y Lesson	perdicita cordillerana	R
	LARIDAE	*Larus serranus* Tschudi	gaviota andina	R
CICONIFORMES	PHOENICOPTERIDAE	*Phoenicopterus chilensis* Molina	flamenco chileno	R
	PHOENICOPTERIDAE	*Phoenicoparrus andinus* (Philippi)	parina grande	R
	PHOENICOPTERIDAE	*Phoenicoparrus jamesi* (Sclater)	parina chica	R
COLUMBIFORMES	COLUMBIDAE	*Metriopelia melanoptera* (Molina)	tórtola cordillerana	R
FALCONIFORMES	FALCONIDAE	*Phalcoboenus megalopterus* (Meyen)	carancho cordillerano	R
PASSERIFORMES	EMBERIZIDAE	*Sicalis uropygialis* (d´Orbigny & Lafresnaye)	chirihue cordillerano	R
		Sicalis auriventris Philippi & Landbeck	chirihue dorado	R
		Sicalis olivascens (d´Orbigny & Lafresnaye)	chirihue verdoso	R
	FRINGILLIDAE	*Phrygilus atriceps* (Lafresnaye & d´Orbigny)	cometocino del norte	R
		Phrygilus unicolor (Lafresnaye & d´Orbigny)	pájaro plomo	R
		Phrygilus plebejus Tschudi	plebeyo	R
		Carduelis atrata (Lafresnaye & d´Orbigny)	jilguero negro	R
	FURNARIIDAE	*Geosita cunicularia* (Vieillot)	minero	R
		Geosita punensis Dabbene	minero de la puna	R
		Upucerthia ruficauda (Meyen)	bandurrilla de pico recto	R
		Upucerthia dumetaria Geoffroy Saint-Hilaire	bandurrilla	R
		Asthenes modesta (Eyton)	canastero chico	R
	TYRANNIDAE	*Muscisaxicola rufivertex* (d´Orbigny & Lafresnaye)	dormilona de nuca rojiza	R
		Muscisaxicola flavinucha Lafresnaye	dormilona fraile	R
		Muscisaxicola frontalis (Burmeister)	dormilona de frente negra	R
PSITTACIFORMES	PSITTACIDAE	*Bolborhynchus aurifrons* (Lesson)	perico cordillerano	R

Phoenicopterus chilensis (flamenco chileno)

Charadrius alticola (chorlo de la puna)

Phoenicoparrus andinus (parina grande)

Attagis gayi (perdicita cordillerana)

Phalcoboenus megalopterus (carancho cordillerano)

Geosita cunicularia (minero)

FIGURA 3-9. ALGUNAS AVES REGISTRADAS EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA. FOTOGRAFÍAS: CEA

TABLA 3-12. AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO PRIORITARIO LAGUNA LEJÍA. 2008. LEJ-1 = PAJONAL TOLAR EN ROQUERÍOS, LEJ-2 = PAJONAL TOLAR EN PLANICIE, LEJ-3 = ESCORIA VOLCÁNICA, LEJ-4 = PAJONAL ROCOSO EN LADERAS, LEJ-5 = ESCORIAL EN LAGUNA SECA Y LEJ-6 = LAGUNA LEJÍA.

ESTACIÓN / ESPECIE	LEJ-1	LEJ-2	LEJ-3	LEJ-4	LEJ-5	LEJ-6
Upucerthia ruficauda	C					
Upucerthia dumetaria	C	C			C	
Sicalis uropygialis	C	C	C	C	C	C
Sicalis auriventris			C	C		A
Sicalis olivascens				A	A	A
Charadrius alticola						C
Muscisaxicola frontalis					C	C
Muscisaxicola rufivertex				A		C
Muscisaxicola flavinucha						C
Phoenicopterus chilensis						C
Larus serranus						C
Carduelis atrata	C					
Geosita cunicularia						C
Geosita punensis			C			C
Phrygilus unicolor	C	C				
Phoenicoparrus jamesi						C
Phoenicoparrus andinus						C
Lophonetta specularioides						C
Attagis gayi						C
Bolborhynchus aurifrons					C	
Chloephaga melanoptera						C
Steganopus tricolor						C
Calidris bairdii						C
Phrygilus plebejus	C	C	C	C	C	C
Oreotrochilus estella	A					
Phalcoboenus megalopterus	A					A
Asthenes modesta	A					
Metriopelia melanoptera		A				
Phrygilus atriceps		A				
Pterocnemia pennata				A		
Total especies= 30	9	6	4	6	6	20

TABLA 3-13. AVIFAUNA CENSADA Y ABUNDANCIA RELATIVA PARA CADA ESPECIE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO PRIORITARIO LAGUNA LEJÍA. 2008. LEJ-1 = PAJONAL TOLAR EN ROQUERÍOS, LEJ-2 = PAJONAL TOLAR EN PLANICIE, LEJ-3 = ESCORIA VOLCÁNICA, LEJ-4 = PAJONAL ROCOSO EN LADERAS, LEJ-5 = ESCORIAL EN LAGUNA SECA Y LEJ-6 = LAGUNA LEJÍA.

ESPECIE	LEJ-1	AB (%)	LEJ-2	AB (%)	LEJ-3	AB (%)	LEJ-4	AB (%)	LEJ-5	AB (%)	LEJ-6	AB (%)	Total	AB (%)
U. ruficauda	2	11,8											2	0,90
U. dumetaria	1	5,9	1	11,1					1	5,9			3	1,36
S. uropygialis	3	17,6	2	22,2	2	25	11	73,3	6	35,3	6	3,9	30	13,57
S. auriventris					2	25	3	20					5	2,26
C. alticola											18	11,6	18	8,14
M. frontalis									2	11,8	3	1,9	5	2,26
M. rufivertex											6	3,9	6	2,71
M. flavinucha											15	9,7	15	6,79
P. chilensis											11	7,1	11	4,98
L. serranus											1	0,6	1	0,45
C. atrata	2	11,8											2	0,90
G. cunicularia											2	1,3	2	0,90
G. punensis					2	25					6	3,9	8	3,62
P. unicolor	4	23,5	3	33,3									7	3,17
P. jamesi											1	0,6	1	0,45
P. andinus											21	13,5	21	9,50
L. specularioides											4	2,6	4	1,81
A. gayi											6	3,9	6	2,71
B. aurifrons									6	35,3			6	2,71
C. melanoptera											7	4,5	7	3,17
S. tricolor											1	0,6	1	0,45
C.bairdii											43	27,7	43	19,46
P. plebejus	5	29,4	3	33,3	2	25	1	6,7	2	11,8	4	2,6	17	7,69
	17	100	9	100	8	100	15	100	17	100	155	100	221	

3.4. Herpetofauna

Para el caso de los reptiles se registró una sola especie: *Liolaemus andinus*, perteneciente a la Familia Tropiduridae, Orden Squamata (Tabla 3-14). En la Tabla 3-15 se presenta el registro y abundancia por estación de muestreo. H. Núñez et al. registraron en 1998 en el área de estudio a *Liolaemus puritamensis* (lagartija de Puritama), tanto en Laguna Lejía como en laguna Seca. No se registraron anfibios.

TABLA 3-14. INVENTARIO HERPETOFAUNA REGISTRADA EN EL SITIO PRIORITARIO LAGUNA LEJÍA. 2008.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	ESTATUS
SQUAMATA	TROPIDURIDAE	*Liolaemus andinus*	lagartija andina	Nativa
		Liolaemus puritamensis	lagartija de Puritama	Nativa

TABLA 3-15. HERPETOFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO PRIORITARIO LAGUNA LEJÍA. 2008. LEJ-1 = PAJONAL TOLAR EN ROQUERÍOS, LEJ-2 = PAJONAL TOLAR EN PLANICIE, LEJ-3 = ESCORIA VOLCÁNICA, LEJ-4 = PAJONAL ROCOSO EN LADERAS, LEJ-5 = ESCORIAL EN LAGUNA SECA Y LEJ-6 = LAGUNA LEJÍA. *= RECOLECTADAS POR H. NÚÑEZ, O. GÁLVEZ Y J. YÁÑEZ EN FEBRERO DE 1998.

ESPECIE	LEJ-1	LEJ-2	LEJ-3	LEJ-4	LEJ-5	LEJ-6	TOTAL EJEMPLARES CAPTURADOS
L. andinus			4	5	1		10
L. puritamensis					2*	2*	4*
Total especies= 2	0	0	1	1	2	1	

Liolaemus andinus (lagartija andina)

FIGURA 3-10. HERPETOFAUNA REGISTRADA EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA. FOTOGRAFÍAS: CEA

3.5. Síntesis de la fauna registrada por estación de muestreo

Pajonal-tolar en roqueríos (LEJ-1). Para el grupo de los mamíferos se registraron tres especies: un roedor (*Abrothrix andinus*), un artiodáctilo (*Lama glama*) y un perisodáctilo introducido (*Equus asinus*). La captura de micromamíferos en esta estación de muestreo fue de cuatro individuos con un éxito de captura del 2,8% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se inventariaron un total de nueve especies (seis censadas y tres avistadas), con un total de 17 individuos censados. Las mayores abundancias fueron para *Phrygilus plebejus* (plebeyo) con un 29,4% y para *Phrygilus unicolor* (pájaro plomo), con 23,5%. La menor abundancia la presentó *Upucerthia dumentaria* (bandurrilla), con 5,9%. No se registraron anfibios ni reptiles.

Pajonal-tolar en planicie (LEJ-2). No hubo registros de mamíferos ni herpetofauna. Para el taxón aves se inventariaron un total de seis especies (cuatro censadas y dos avistadas), con un total de nueve individuos censados. *Phrygilus plebejus* (plebeyo) y *Phrygilus unicolor* (pájaro plomo), ambas con 33,3% presentaron las mayores abundancias, mientras que la menor abundancia la presentó *Upucerthia dumentaria* (bandurrilla), con 11,1%.

Escoria volcánica (LEJ-3). No hubo registros de mamíferos ni anfibios. Para el taxón aves se inventariaron un total de cuatro especies censadas, con un total de ocho individuos, todas con una abundancia de 25%. Se registró una especie de reptil, *Liolaemus andinus*, con cuatro ejemplares.

Pajonal rocoso en laderas (LEJ-4). Para el grupo de los mamíferos se registró una sola especie: *Vicguna vicugna*. Para el taxón aves se inventariaron un total de seis especies (tres censadas y tres avistadas), con un total de 15 individuos censados. La mayor abundancia fue para *Sicalis uropygialis* (chirihue cordillerano) con un 73,3%. La menor abundancia la presentó *Phrygilus plebejus* (plebeyo), con 6,7%. Respecto a la herpetofauna, se registró una especie de reptil *Liolaemus andinus*, con cinco individuos. No se registraron anfibios.

Escorial en laguna Seca (LEJ-5). Para el grupo de los mamíferos se registraron dos roedores (*Abrothrix andinus* y *Phyllotis magister*) y un artiodáctilo (*Vicugna vicugna*). La captura de micromamíferos en esta estación de muestreo fue de tres individuos con un éxito de captura del 2,1% para 144 trampas/noche. Para el taxón aves se inventariaron un total de seis especies (cinco censadas y una avistada), con un total de 17 individuos censados. Las mayores abundancias fueron para *Sicalis uropygialis* (chirihue cordillerano) y *Bolborhynchus aurifrons* (perico cordillerano) ambas con un 35,3%. La menor abundancia la presentó *Upucerthia dumentaria* (bandurrilla), con 5,9%. Respecto a la herpetofauna, se registraron dos especies de reptil *Liolaemus andinus* y *L. puritamensis* con un total de tres individuos, considerando los dos individuos de *L. puritamensis* capturados en 1998 por H. Núñez et al. No se registraron anfibios.

Laguna Lejía (LEJ-6). Para el grupo de los mamíferos se registraron tres especies: un roedor (*Ctenomys fulvus*), un artiodáctilo (*Vicugna vicugna*) y un carnívoro (*Lycalopex culpaeus*). Para el taxón aves se inventariaron un total de 20 especies (17 censadas y tres avistadas), con un total de 155 individuos. La mayor abundancia la presentó *Calidris bairdii* (playero de Baird), con 27,7%. La menor abundancia fue para *Larus serranus* (gaviota andina), *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) y *Steganopus tricolor* (pollito de mar tricolor) todas con 0,6%. En 1998 H. Núñez et al. capturaron dos ejemplares del reptil *Liolaemus puritamensis*. No se registraron anfibios.

4. CONCLUSIONES

En el sitio prioritario Laguna Lejía se registraron 39 especies de vertebrados terrestres (mamíferos, aves y reptiles), 38 nativas y una introducida, distribuidas en 29 géneros, 21 familias y 14 órdenes.

Del total de especies registradas 17,9% corresponden a mamíferos, 76,9% aves y 5,1% a reptiles. Se registraron siete especies de mamíferos, de las cuales seis son nativas (*Abrothrix andinus*, *Phyllotis magister*, *Ctenomys fulvus*, *Lycalopex culpaeus*, *Vicugna vicugna* y *Lama glama*) y una introducida (*Equus asinus*). Se inventariaron 30 especies de aves de los Ordenes Anseriformes (2), Apodiformes (1), Charadriformes (5), Columbiformes (1), Ciconiformes (3), Falconiformes (1), Passeriformes (15), Psittaciformes (1) y Rheiformes (1). Se registraron dos especies de reptil, *Liolaemus andinus* y *Liolaemus puritamensis* (Orden Squamata, Familia Tropiduridae). No se registraron anfibios.

Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas (S) en mamíferos, fueron LEJ-1 (Pajonal-tolar en roqueríos), LEJ-5 (Escorial en laguna Seca) y LEJ-6 (Laguna Lejía), con tres especies.

La mayor riqueza específica (S) de aves, producto de los censos se presentó en LEJ-6 (Laguna Lejía), con 17 especies, mientras que la menor se presentó en LEJ-4 (Pajonal rocoso en laderas), con tres especies. La mayor abundancia proporcional por especie fue para *Calidris bairdii* (playero de Baird) con un 19,5%.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD

En este capítulo se presenta un análisis comparativo de los resultados de la biodiversidad obtenidos en los cinco sitios prioritarios para la conservación contemplados en este estudio: Valle de Quillagua, Oasis de Calama, Laguna Lejía, Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio (en ese orden) de manera de entregar una visión global del valor de la biodiversidad a nivel regional a la vez que se determina el valor relativo de la biodiversidad en cada sitio en particular. A partir de los datos censales en el caso de fauna y del inventario en el caso de la flora, se calcularon los índices de biodiversidad propuestos en la metodología, así como dendrogramas de similitudes para flora y fauna por separado, para cada estación de muestreo. Este procedimiento se realizó en cada una de las áreas de estudio para luego realizar una comparación de los resultados de las cinco áreas de estudio, utilizando esta vez todos los datos disponibles (registros previos bibliográficos, producto de la exhaustiva revisión bibliográfica y registros de las campañas de terreno) tanto para flora como para fauna.

1. BIODIVERSIDAD, CONCEPTOS Y MEDICIONES

1.1. Concepto de biodiversidad

La diversidad biológica o biodiversidad es la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, así como los complejos ecológicos de los que forman parte, lo que incluye diversidad dentro de las especies (intraespecífica), entre las especies (interespecífica) y de ecosistemas (UNEP 1992). De este modo la biodiversidad es el conjunto de genes, especies, ecosistemas y paisajes en un espacio determinado y en un momento dado, considerados en sus interacciones jerárquicas sucesivas (Di Castri 2003).

1.2. Medición de la biodiversidad

¿Cómo podemos comparar un área respecto a la otra?, ¿cuándo podemos aseverar que su biodiversidad es alta o baja? La única forma es midiéndola y para esto debemos seleccionar la escala que deseamos: genética, de especies o de comunidades.

Medición a nivel genético

A nivel genético encontramos la base sobre la que descansa toda la biodiversidad en las escalas superiores. Esta variación genética determina la forma en que una especie interactúa con su ambiente y con otras especies. Así esta variación se detecta, en la actualidad, a nivel molecular estudiando los cambios en la estructura del ADN o en forma indirecta en las proteínas que codifican genes específicos. También considerando la variación morfológica de caracteres cuantitativos y en la separación de esta variación en sus componentes genético y ambiental (véase Meffe & Carroll 1994, Moreno 2001).

Medición a nivel de especies

Esta escala es la más frecuentemente empleada y se separa en componentes alfa, beta y gamma. La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad homogénea determinada, la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades presentes en un paisaje y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultado de la diversidad alfa y beta (Whittaker 1972, Moreno 2001). De este modo, si se desea conservar la biodiversidad a través de programas realistas, se deben conocer la biodiversidad en comunidades naturales y perturbadas por el hombre (diversidad alfa), su tasa de cambio entre diferentes comunidades (diversidad beta), y el aporte al nivel regional (diversidad gamma).

Medición de la diversidad alfa

Para medir la diversidad alfa existen dos opciones: (a) métodos sustentados en la riqueza de especies (cuantifican el número de especies presentes) y (b) métodos sustentados en la estructura (calculan la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie, como la abundancia relativa). Estos últimos pueden basarse en la dominancia (e.g., índice de Simpson) o en la equidad de la comunidad (e.g., índice de Shannon-Wiener). Calcular la diversidad alfa mediante el simple conteo de especies es una medida robusta y confiable, ya que es el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies en un hábitat determinado. Sin embargo vale la pena, cuando es posible, incorporar información sobe el valor de importancia de cada especie ya que medir la abundancia relativa permite identificar las especies de baja representatividad (poco abundantes), que son más sensibles a las perturbaciones humanas, y, por otro lado identifican un cambio en la diversidad (e.g., número de especies, distribución de la abundancia de especies o dominancia), indicando procesos negativos de pérdida de diversidad (Magurran 1998, Moreno 2001). Entonces, es importante tratar de cuantificar el número de especies y su representatividad.

Medición de la diversidad beta

Esta diversidad entre hábitats es el grado de reemplazo de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales, y está basada en proporciones o diferencias, las que se evalúan mediante índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (e.g., presencia/ausencia de especies) o cuantitativos (e.g., abundancia proporcional, densidad, cobertura). Existen varios índices de similitud/disimilitud, según si se calculan con datos cualitativos (e.g., coeficiente de similitud de Jaccard) o con datos cuantitativos (índice de Morisita-Horn).

Medición de la diversidad gamma

La diversidad gamma es la riqueza de especies de un grupo de hábitats (e.g., el altiplano) que resulta como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas (diversidad beta). Cuando se dispone de pobre información en biodiversidad, como en Chile, apenas se cuenta con listas de especies de cada hábitat (diversidad alfa), pero rara vez de información completa de la diversidad beta, lo que imposibilita el cálculo de la diversidad gamma. Pero, si se dispone de ambas diversidades (alfa y beta)

existen índices que permiten calcularla sin dificultades (e.g., cálculos basados en la riqueza de especies, en el índice de Shannon y en el de Simpson), véase estos y otros métodos en Moreno (2001).

Medición a nivel de comunidades

La ecología del paisaje aborda escalas espaciales amplias y los efectos ecológicos del patrón espacial de las comunidades. Una comunidad es el conjunto de especies, de un área determinada en un tiempo dado, que interactúan entre sí. Por otro lado el paisaje puede definirse como un área terrestre heterogénea compuesta por un conjunto de comunidades que interactúan y se repiten de forma similar. Esta escala es muy interesante porque pretende conservar las especies junto a los procesos y hábitats, y porque considera la estructura de los paisajes (e.g., las relaciones espaciales entre los diferentes ecosistemas presentes), la función de los paisajes (e.g., flujos de energía, materiales y especies entre las comunidades) y el cambio del paisaje (e.g., alteración en la estructura y función a lo largo del tiempo). La biodiversidad a nivel de comunidades puede medirse de modo similar a la diversidad alfa de especies, es decir como la riqueza o la proporción de comunidades diferentes en un paisaje. Aquí también se puede aplicar el índice de Shannon-Wiener, donde p_i es la proporción relativa (área) de cada comunidad dentro del paisaje (Forman 1995, Farina 1998, Moreno 2001).

1.3. Selección de métodos

Ahora bien ¿cómo seleccionar un método adecuado? Esto dependerá de varios factores: por un lado del nivel de la biodiversidad que se va a estudiar, ya sea dentro de una comunidad (diversidad alfa), entre comunidades (diversidad beta) o en el conjunto de comunidades (diversidad gamma). Por otro lado, también depende del grupo de plantas o animales bajo estudio, en especial de la cantidad de información disponible (gran limitante en la mayoría de los ecosistemas chilenos). Por último, depende de las restricciones matemáticas que algunos métodos tienen (e.g., tipo de distribución de los datos).

Métodos seleccionados para la diversidad alfa

Para el área de estudio empleamos el nivel de especies, midiendo la diversidad alfa. En particular y, cuando dispusimos de datos cuantitativos y ajustados al método, empleamos un índice de abundancia proporcional, el índice de equidad de Shannon-Wiener (e.g., plantas vasculares, roedores, aves). Cuando no fue posible, por restricciones metodológicas, logísticas y/o de tiempo, empleamos métodos para estimar la diversidad alfa mediante el índice de riqueza de especie (S) (e.g., carnívoros, artiodáctilos, herpetofauna). Finalmente para proporcionar expresión cartográfica, se estandarizó la información al índice de riqueza de especies.

Métodos seleccionados para la diversidad beta

En este caso empleamos el índice de similitud de Jaccard que expresa el grado en que dos muestras (hábitats, ecosistemas, asociaciones o comunidades) son semejantes por las especies presentes en ellas.

Índice de similitud de Jaccard

$$I_j = \frac{a}{a+b-c}$$

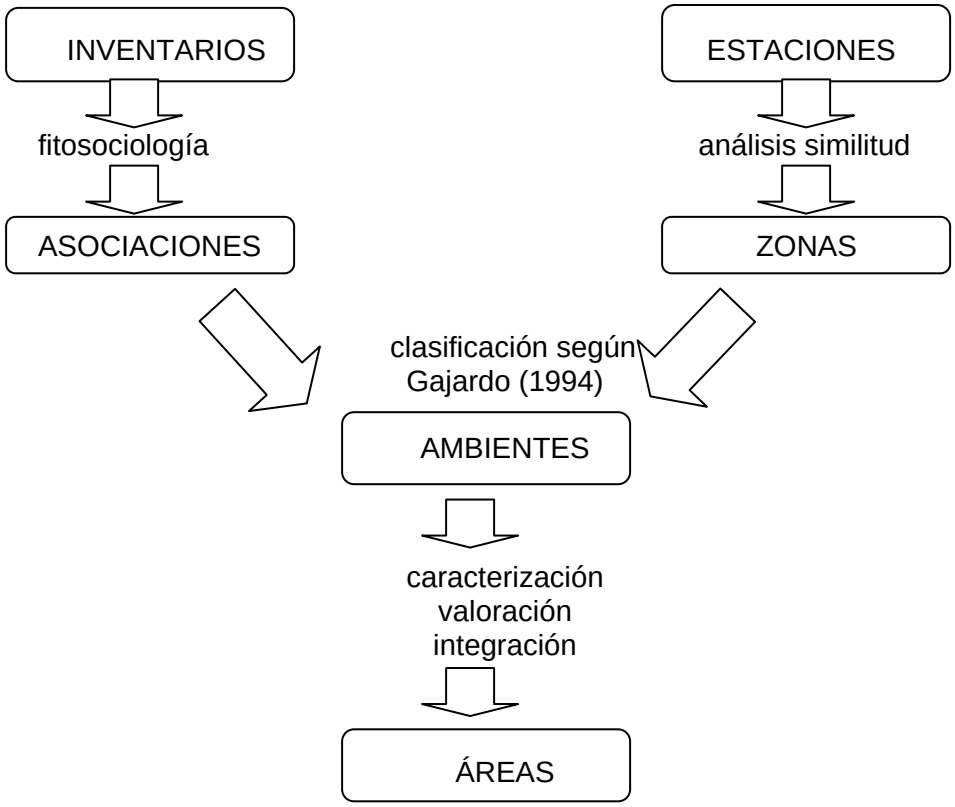
Donde

a= es el número de especies presentes en el sitio A
b= es el número de especies presentes en el sitio B
c= es el número de especies presentes en ambos sitios A y B

El valor fluctúa entre 0, cuando no existen especies compartidas entre ambos hábitats, hasta 1, cuando los hábitats comparados tienen la misma composición de especies.

1.4. Procedimiento de análisis de la biodiversidad

El siguiente diagrama señala el procedimiento seguido para realizar el análisis de la biodiversidad:



Primer paso. Se recogió la información de terreno directamente en inventarios, para la flora, y en estaciones de muestreo, para la fauna. Se estableció la riqueza de especie (S), índices de

equidad cuando fue viable (plantas, micromamíferos y aves), endemismos y estados de conservación. Los productos fueron: (a) para el caso de las plantas, mediante la fitosociología se determinaron las asociaciones vegetacionales y para los vertebrados mediante índices de similitud/disimilitud la zonas de análisis. El *segundo paso* analizó las asociaciones (vegetación) y zonas (vertebrados) y las reunió en ambientes, siguiendo a Gajardo (1994). Los productos fueron: (a) ambientes presentes, (b) caracterización y valoración de cada ambiente (vegetación y fauna). El *tercer paso* integró toda esta información para caracterizar las áreas, en las que se realiza los posteriores análisis del uso, amenazas, protección. Finalmente en estas áreas se territorializan la zonificación y propuestas de planes de manejo.

2. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD VEGETACIONAL

2.1. Diversidad y endemismo vegetacional de la región de Antofagasta

Squeo et al. (1998) determinaron las áreas de máxima biodiversidad dentro de la región de Antofagasta. Emplearon 8.784 colectas contenidas en una base de datos (versión 1998) con colectas desde 1836. Usaron la clasificación vegetacional de Gajardo (1994) para el análisis territorial y determinaron que las áreas de mayor biodiversidad son la zona costera, seguida de las formaciones de prepuna y puna al norte de la región. Empleando la riqueza taxonómica y los endemismos de la flora, determinaron las variaciones en las áreas de biodiversidad. En el ámbito de especies representadas, en las unidades prepuneñas y puneñas se observa la tendencia a que la diversidad de especies y el endemismo decrecen en sentido norte-sur. Por otra parte, el catálogo de la flora vascular de la Región de Antofagasta, elaborado por Marticorena et al. (1998), documentan la existencia de 1.056 especies para la región de Antofagasta.

Cavieres et al. (2002), usando la misma base de datos que Simonetti & Veloso (2003), concluyen que dentro de la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismos, asociadas a la costa y a la cordillera de los Andes. Dentro de esta última, y al norte de la comuna de San Pedro de Atacama se propone una zona en la cual se deben desarrollar esfuerzos prioritarios de conservación dado su elevado nivel de endemismo. Este sector, presentaría un endemismo del 13,9% para Chile (especies no presentes en otro país) y 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile). La presencia de especies endémicas también disminuye con la altura (Simonetti & Veloso 2003).

2.2. Diversidad vegetacional del Valle de Quillagua

En el área de estudio se registraron 24 especies, cuatro Algas filamentosas (16,7%), un Pteridófito (4,2%), 13 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (54,2%) y seis Monocotiledóneas (Liliopsida) (25%), agrupadas en las siguientes comunidades vegetacionales: (a) ***Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*** con tres especies y dominadas por *Pluchea absinthioides* y *Distichlis spicata.* (b) ***Atriplex atacamensis-Distichlis spicata*****,** con cuatro especies, dominadas por *Atriplex atacamensis* y *Distichlis spicata*. (c) ***Baccharis juncea-Sirpus americanus,*** asociación con mayor humedad, con siete especies y dominancia de *Baccharis juncea* y *Sirpus americanus*, acompañada de *Distichlis spicata* y *Atripex atacamensis*. En esta comunidad, en sectores de mucha humedad, destacan especies hidrófilas como el alga

filamentosa *Stygeoclonium* sp y *Ruppia maritima*. (d) ***Baccharis juncea-Distichlis spicata***, con seis especies dominada por *Scirpus americanus, Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis.* Se agrega a estas comunidades un cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) con seis especies (Fig. 4-1).

FIGURA 4-1. COMUNIDADES VEGETACIONALES PRESENTES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

Los índices de diversidad calculados a partir de las 13 especies inventariadas (Tabla 4-1 y Figura 4-2) indican que la diversidad florística es baja, en general, y las comunidades comparten varias especies entre sí, sólo *Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* tiene una disimilitud mayor del 50%. El cultivo de alfalfa, tiene un número similar de especies y es claramente diferente en su composición al resto de las comunidades nativas. Así, el Valle de Quillagua no es un área de interés desde el punto de vista de la diversidad vegetal.

TABLA 4-1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. OCTUBRE 2007.

Índices	*Baccharias/ Distichlis*	*Tessaria/ Distichlis*	*Baccharias/ Sirpus*	*Atriplex/ Distichlis*	Cultivo alfalfa	TOTAL QUILLAGUA
Riqueza de Especies (S)	6	3	7	4	6	13
Shannon H'	0,47	0,41	0,59	0,48	0,51	0,78
Shannon Hmax	0,78	0,48	0,85	0,60	0,78	1,11
Shannon J'	0,60	0,86	0,70	0,80	0,66	0,70

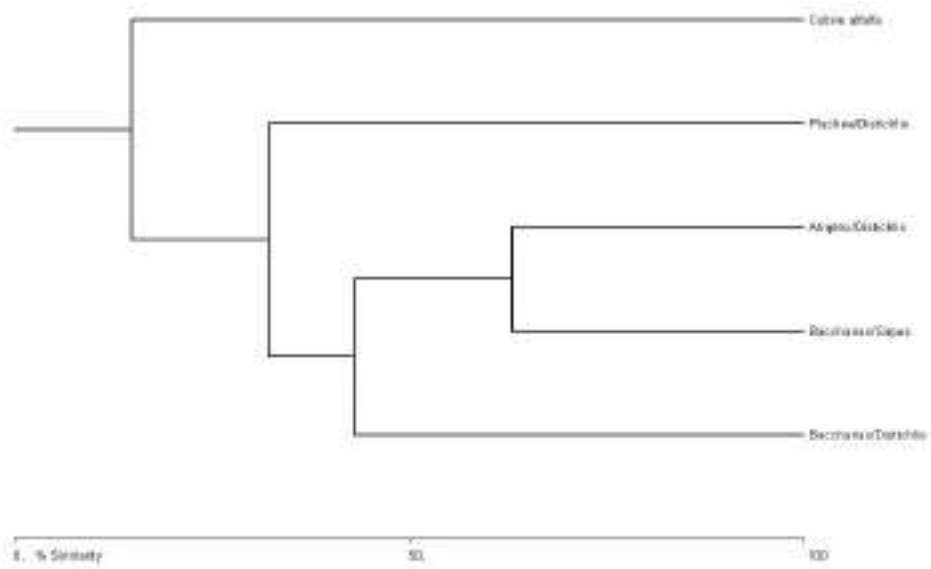


FIGURA 4-2. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2007.

2.3. Diversidad vegetacional del Oasis de Calama

En esta área de estudio se registraron 37 especies distribuidas en cinco Algas filamentosas (13,5%), un Pteridófito (2,7%), 18 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (48,6%) y 13 Monocotiledóneas (Liliopsida) (35,1%). Estas especies se agrupan en cinco comunidades de plantas: (a) ***Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*** con 10 especies, dominado por *Pluchea absinthioides, Distichlis spicata* y *Juncus articus.* (b) ***Baccharis juncea-Distichlis spicata*** con dos especies, dominadas por *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata*. (c) ***Distichletum spicatae***, con una especie *Distichlis spicata,* (d) ***Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata***, con ocho especies y dominada por *Atriplex atacamensis, Baccharis petiolata,* acompañada de *Cortaderia atacamensis, Tessaria absinthioides, Juncus articus, Scirpus americanus* según los ambientes. (e) ***Baccharis juncea-Scirpus americanus***, con nueve especies, dominadas por *Baccharis juncea* y *Scirpus americanus.* A estas asociaciones se agregan cultivos de maíz y alfalfa.

El Mirador

Loa Medio

Yalquincha Ojo de Opache

FIGURA 4-3. AMBIENTES PRESENTES EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

Los índices de diversidad calculados a partir de las 18 especies inventariadas (Tabla 4-2 y Figura 4-4) indican que, como en Quillagua, la diversidad florística no es alta, sin embargo presenta, en general, índices de equidad con comunidades que contienen especies bien representadas (sólida diversidad alfa). Es decir hay pocas especies que dominan la comunidad. Por otro lado si se examina el dendrograma de similitud, se verá que la mayoría de las comunidades son diferentes, es decir comparten pocas especies, lo que incrementa la diversidad beta (a diferencia de lo visto en el Valle de Quillagua). La diversidad es la esperada para este tipo de ambiente.

TABLA 4-2. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CINCO COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL OASIS DE CALAMA. OCTUBRE 2007.

Índices	*Atriplex/ Baccharis*	*Baccharis/ Scirpus*	*Baccharis/ Distichlis*	*Tessaria/ Distichlis*	*Distlichetum*	TOTAL CALAMA
Riqueza de Especies (S)	8	9	2	10	1	18
Shannon H'	0,62	0,74	0,30	0,58	0,01	0,85
Shannon Hmax	0,85	1,08	0,30	0,85	0,30	1,15
Shannon J'	0,73	0,68	1,00	0,69	0,02	0,74

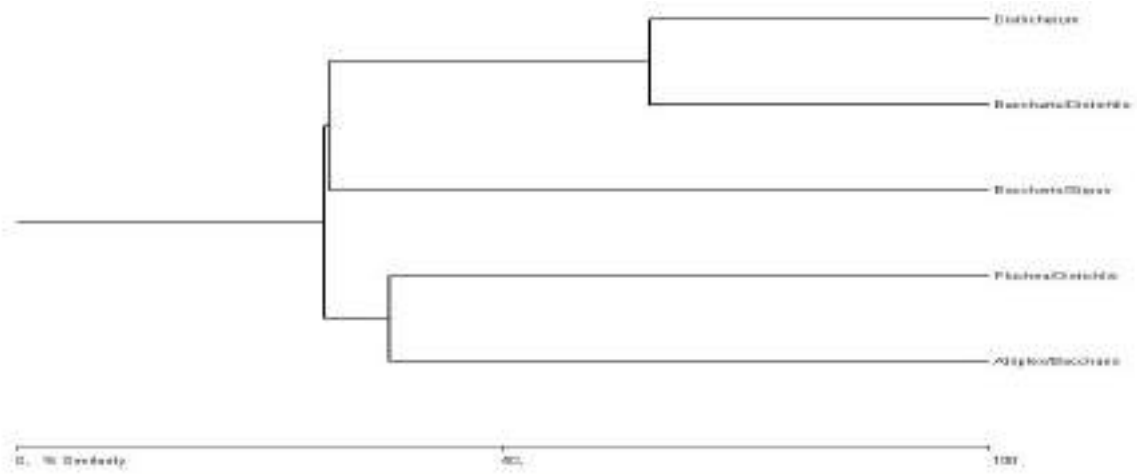


FIGURA 4-4. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

2.4. Diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama

Simonetti & Veloso (2003) analizaron la diversidad vegetacional de la comuna de San Pedro de Atacama, a partir de una base de datos de la flora de la región de Antofagasta (Marticorena et al. 1998), así subdividieron la comuna en 10 cuadrantes según latitud y longitud, incorporando, a cada cuadrante, una lista de especies potencialmente presentes, para las cuales se conocian su forma de vida y su origen (endémica, nativa o introducida). De las 426 especies de plantas vasculares esperadas para la comuna de San Pedro de Atacama, tres especies (0,7%) serían Pteridófitas (helechos): *Cheilantes pruinata*, *Notholaena nivea* y *Thelypteris argentina*, tres especies (0,7%) serían Gimnospermas del género *Ephedra*: *Ephedra breana*, *E. chilensis* y *E. multiflora* y 420 especies (98,6%) serían Angiospermas. En relación a las formas de vida 214 especies serían hierbas perennes, 95 especies anuales, 66 especies arbustos, 43 especies subarbustos, siete especies serían bianuales y tres árboles.

2.5. Diversidad vegetacional en Laguna Lejía

En el área de estudio de Lejía se registraron 29 especies, agrupadas en dos asociaciones vegetacionales: (a) el pajonal de la estepa altoandina, ***Stipa-Deyeuxia*** comunidad de herbáceas y arbustos bajos, con 23 especies, entre las que destacan *Stipa frigida, S. nardoides, Deyeuxia cabrerae, D. antoniana, Pycnophyllum bryoides, P. macropetalum, Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera* y (b) una formación azonal ribereña, ***Puccinellia-Calandrinia*** comunidad de herbáceas representada por sólo seis especies, entre las que destacan *Puccinellia frigida, Calandrinia oculta, Werneria incisa* y *Arenaria rivularis* (Fig. 4-5)

Comunidad azonal ribereña

Pajonal altoandino

Stipa frigida

Pycnophyllum bryoides

Urbania pappigera

Calandrinia oculta

Werneria incisa

Arenaria rivularis

FIGURA 4-5. COMUNIDADES VEGETACIONALES Y SEIS ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE LAGUNA LEJÍA.

En la Tabla 4-3 se muestra el análisis de diversidad alfa mediante el índice de Shannon-Wiener. Si bien la diversidad según la riqueza de especies es mayor en el pajonal altoandino (S= 23) que en la formación azonal ribereña (S=6), esta última presenta un índice de equidad de Shannon-Wiener mayor (0,95 versus 0,58 respectivamente), es decir sus especies, aunque pocas, están mejor representadas que en el pajonal, con dominancia de unas pocas especies. Puede verificarse esto al examinar la Tabla de frecuencias registradas en los inventarios de la Tabla 3-5.

TABLA 4-3. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE DOS COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE LAGUNA LEJÍA. ENERO 2008.

	Pajonal de la estepa altoandina	Formación azonal ribereña	
Índices	*Stipa-Deyeuxia*	*Puccinellia-Calandrinia*	TOTAL LEJÍA
Riqueza de Especies (S)	23	6	29
Shannon H'	0,58	0,95	1,11
Shannon Hmax	0,78	1,36	1,46
Shannon J'	0,75	0,70	0,76

Ahora si hacemos una comparación entre comunidades puede verse que ambas son completamente disímiles (Fig. 4-6), incrementando la diversidad beta, ya que las comunidades no comparten ninguna especie. Ambas comunidades son importantes. El pajonal altoandino por su alta riqueza proporcional de especies (S= 23) y la azonal ribereña por su alto índice de equidad (todas las especies bien representadas) y su importante rol ecológico en la mantención del ensamble de aves acuáticas e invertebrados presentes en Laguna Lejía.

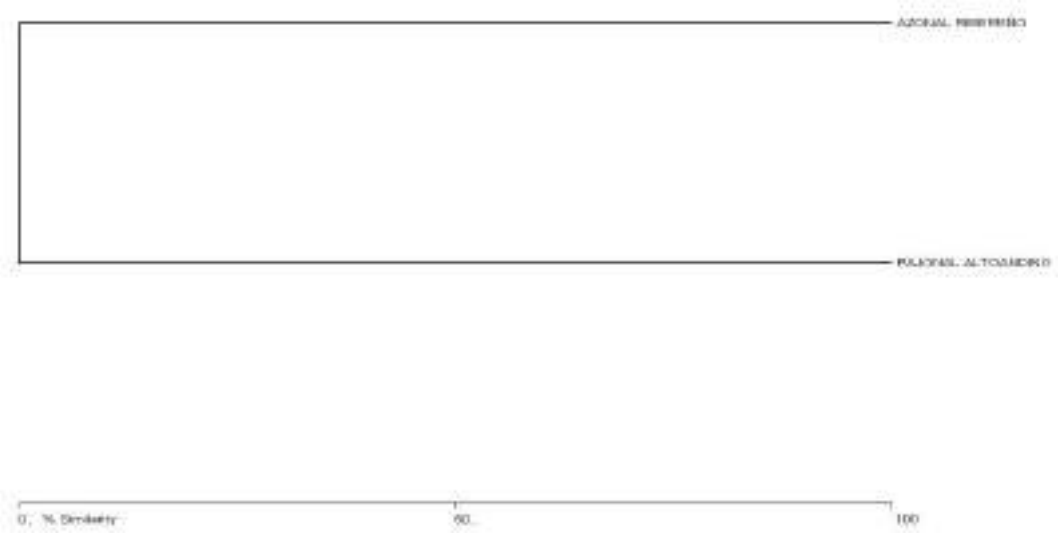


FIGURA 4-6. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE DOS COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO LAGUNA LEJÍA. ENERO 2008.

2.6. Diversidad vegetacional en Alrededores del Volcán Licancabur

Las 93 especies registradas se distribuyen taxonómicamente en 72 Dicotiledóneas (Magnoliopsida) (77,4%), 18 Monocotiledóneas (Liliopsida) (19,4%), dos Gnetopsida (2,2%) y una Pteridophyta (1,1%). La vegetación de esta área es de composición florística y características muy heterogéneas lo que dificulta su análisis fitosociológico, sin embargo, a partir de las 86 especies inventariadas se pueden reconocer al menos cuatro comunidades vegetales: (a) Matorral abierto extremadamente xeromórfico ***Fabianetum ramuloso-denudatae*** con 26 especies y dominancia de *Stipa frigida, Atriplex imbricata, Fabiana densa y Maihueniopsis atacamensis* y distribuida entre los 3.200 a 3.700 msm. (b) Ojalar ***Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*** matorral abierto con 42 especies en que dominan *Atriplex imbricata*, *Acantholippia deserticola* y *Maihueniopsis atacamensis*, entre los 2.800 y 3.600 msm. (c) Arbustos bajos ***Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides***, con 18 especies en que predominan *Festuca chrysophylla* y *Fabiana bryoides*. (d) Comunidad entre pajonal y tolar ***Festuca orthophylla-Parastrephia lucida*** con 30 especies y dominancia de *Festuca orthophylla, Mulinum crassifolium, Pycnophyllum bryoides, Deyeuxia* sp*, Baccharis incarum,* entre 4.100 y 5.200 msm (Fig. 4-7).

En la Tabla 4-4 se muestra el análisis de diversidad alfa de estas comunidades vegetacionales mediante el índice de Shannon-Wiener y se comparan con el total de las especies de plantas inventariadas en este estudio (86). Se aprecia que el Ojalar presenta la más alta riqueza de especies (S= 42) e índice de equidad (H'= 1,21). Por el contrario la asociación de arbustos bajos presenta valores menores.

TABLA 4-4. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CUATRO COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

	Matorral abierto muy xeromórfico	Ojalar	Arbustos bajos	Pajonal y tolar	
Índice	*Fabianetum ramuloso-denudatae*	*Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Festuca orthophylla-Parastrephia*	TOTAL LICANCABUR
Riqueza de Especies (S)	26	42	18	30	86
Shannon H'	1,01	1,21	0,96	0,98	1,52
Shannon Hmax	1,42	1,62	1,26	1,48	1,93
Shannon J'	0,71	0,75	0,77	0,66	0,79

FIGURA 4-7. CINCO ESPECIES DOMINANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

Al observar la siguiente figura se aprecia que las cuatro asociaciones son disímiles, es decir comparten pocas especies, lo que incrementa notoriamente la diversidad beta. La alta riqueza de especies e índices de equidad por asociación (diversidad alfa) y las disimilitudes (diversidad beta) convierten al área de estudio en un territorio de alta diversidad florística.

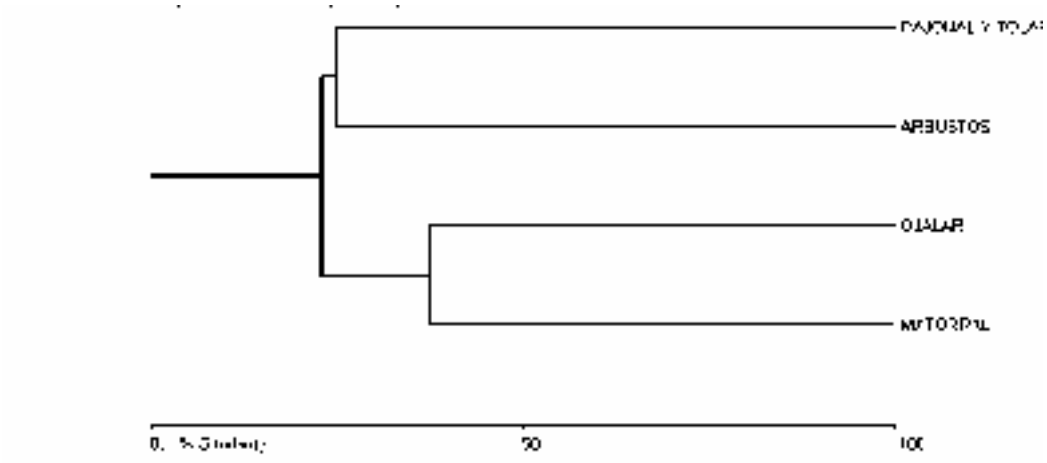


FIGURA 4-8. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

2.7. Diversidad vegetacional en los Geisers del Tatio

En el área de estudio se registraron 92 especies de plantas vasculares. A partir de las 64 especies inventariadas se pueden reconocer al menos cuatro comunidades vegetales agrupadas en cuatro asociaciones vegetacionales. (a) Tolar del altiplano (de la estepa alto-andina altiplánica), ***Parastrephia quadrangularis-Festuca orthphylla*** comunidad de arbustos bajos y hojas reducidas, con 25 especies, en que dominan *Parastrephia quadrangularis* y *Festuca orthophylla,* a las que se agregan *Mulinum crassifolium, Deyeuxia breviaristata, D. cabrerae, D. antoniana, Parastrephia phylicaeformis* y *Azorella compacta*, entre otras. (b) Estepa arbustiva pre-puneña ***Fabiana densa-Baccharis boliviensis****,* con 17 especies en que dominan *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis,* a las que se agregan *Junellia seriphioides*, *Baccharis incarum, Fabiana denudata, Adesmia polyphylla, Opuntia ignescens* y *Maihueniopsis glomerata*. (c) Estepa alto-andina sub-desértica ***Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides****,* comunidad de arbustos bajos con escasa cobertura, con 23 especies en que dominan *Festuca chrysophylla* y *Fabiana bryoides*, le acompañan *Festuca hypsophyla, Stipa venusta, Deyeuxia antoniana, Azorella compacta, Baccharis incarum, Pycnophyllum molle* y *Oxalis pycnophylla.* (d) Bofedal, ***Oxyochloe andina****,* comunidad de herbáceas higrófilas, con 22 especies en que dominan *Oxyochloe andina*, le acompañan varias especies del género *Deyeuxia (breviaristata, chrysanta, chrysostachya, curvula, eminens, velutina), Junellia minima, Zameioscirpus atacamensis, Lilaeopsis macloviana, Mimulus glabratus, Azolla filiculoides* y *Myriophyllum quitense* (Fig. 4-9).

FIGURA 4-9. ESPECIES DOMINANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE GEISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

En la Tabla 4-5 se muestra el análisis de diversidad alfa de estas comunidades vegetacionales mediante el índice de Shannon-Wiener y se comparan con el total de las especies de plantas inventariadas en este estudio (64). Se aprecia que la Estepa alto-andina sub-desértica y el bofedal presentan el índice de equidad más alto (H'= > 1) y también las mayores riquezas de especies. El índice de equidad del Tolar del altiplano, , su no es alto (H'= 0,72), pese a que tiene la mayor riqueza de especies, es decir sus especies no están igualmente representadas.

TABLA 4-5. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE CUATRO COMUNIDADES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO GEISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

	Tolar del altiplano	Estepa arbustiva pre-puneña	Estepa alto-andina sub-desértica	Bofedal	
Índices	*Parastrephia quadrangularis-Festuca*	*Fabiana densa-Baccharis*	*Festuca chrysophylla-Fabiana*	*Oxyochloe andina*	TOTAL TATIO
Riqueza de Especies (S)	25	17	23	22	66
Shannon H'	0,72	0,85	1,02	1,01	1,29
Shannon Hmax	1,38	1,23	1,36	1,34	1,82
Shannon J'	0,52	0,69	0,75	0,76	0,71

En el dendrograma siguiente se aprecia que las asociaciones vegetacionales son disímiles entre sí, lo que aumenta la diversidad beta. En términos generales la diversidad, aunque menor que en Alrededores del Volcán Licancabur (su homólogo), es relevante porque contiene comunidades muy diferenciadas y ecológicamente diferentes.

FIGURA 4-10. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE CUATRO ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO GEISERS DEL TATIO. ENERO 2008.

2.8. Diversidad vegetacional en las cinco áreas de estudio

Estudios previos

Gutiérrez et al. (1998) realizaron un estudio vegetacional en un transecto de cinco estaciones: (a) la desembocadura del río Loa (con una riqueza de ocho especies a los 39 msm), (b) Quillagua (con 11 especies a los 733 msm), (c) Chacance (15 km al este del pueblo de María Elena, con siete especies a los 1.268 msm), (d) Chiu-Chiu (10 km al oeste del pueblo homónimo, con 20 especies y a 2.534 msm), (e) río Salado (con 31 especies, la de mayor riqueza de plantas, a 3.108 msm) y (f) arroyo Coya (en la puna, con 18 especies a 3.782 msm). Para este análisis revisamos los registros de estos autores e incorporamos a nuestros inventarios dos especies de plantas para Quillagua y 33 especies para el área del Tatio (véase inventario florístico en Anexos). En rigor la estación río Salado no está incluida en nuestra área de estudio, pero por su proximidad fue incorporada, en cambio el arroyo Coya sí está en el área de estudio. Gutiérrez et al. (1998) registraron, a lo largo de la gradiente estudiada 69 especies de plantas vasculares. Más adelante compararemos sus registros, por estaciones, con las de este estudio.

Por su parte, Navarro & Rivas-Martínez (2005) realizaron un transecto vegetacional, con 20 estaciones, desde Calama y San Pedro de Atacama (sic) a la frontera boliviana en la zona sureste del volcán Licancabur. Estudiaron un área sobre las faldas al Pacífico de la cordillera Occidental de los Andes, extendiéndose entre el área de Calama (2.260 msm) y las laderas surorientales del volcán Licancabur (5.600 msm). Los autores no indican la posición geográfica de cada una de las estaciones y las referencias geográficas son vagas (e.g., “por encima de San Pedro de Atacama”) pese a eso suponemos que a partir de su inventario 3 estarían dentro de nuestra área de estudio, aún cuando el inventario 20 podría estar fuera, pero no resta sentido ecológico a la inclusión ya que sólo aportaría al inventario un total de dos especies, *Deyeuxia deserticota* y *Deyeuxia crispa*. Aún así incorporamos al inventario del área de estudio Alrededores del Volcán Licancabur, siete especies.

Teillier (2004) realizó un estudio florístico y vegetacional de la cuenca media-alta del río Loa. Su área de estudio está completamente fuera de las nuestras, sin embargo lo consideramos como antecedentes interesantes para comparación, con las precauciones espaciales correspondientes. Su trayecto va desde la localidad de Estación San Pedro (21°56’LS – 68°32’LW), hasta las de pampa Puno (21°19’ LS - 68°48’ LW) y quebrada Sapunta (21°18’ LS – 68°46’ LW), siguiendo el margen occidental del cajón del río Loa. El estudio abarcó una gradiente altitudinal entre los 3.100 y los 4.150 msm. Sus registros se basaron en bibliografía (e.g., Villagrán et al. 1981) y en observaciones propias. Describe cinco unidades, principalmente fisonómicas: (a) Matorral desértico, con una riqueza de 11 especies entre 3.000 y 3.100 msm. (b) Tolar marginal con una riqueza de 26 especies entre 3.100 y 3.300 m de altitud. (c) Tolar intermedio con 38 especies, la mayor de este estudio, entre 3.300 y 3.700 msm. (d) Tolar de altura con 15 especies entre 3.700 y 4.000 msm. (e) Pajonal altoandino con 20 especies entre 4.000 y 4.200 msm. Respecto de la riqueza de especies, Teillier (2004) señala que generalmente se observa una gradiente relacionada con la altitud, ya que el matorral desértico ubicado en la parte baja de la gradiente, presenta el valor más bajo, el tolar medio el más alto, y finalmente un valor también alto el pajonal de altura; ascendiendo aún más recién comienza a declinar la riqueza de especies. Este patrón es consistente con estudios anteriores realizados en el cordón oriental de los Andes del altiplano, donde la riqueza es máxima debido a las

condiciones óptimas de temperatura y humedad (Villagrán et al. 1981, 1982, 1983, Arroyo et al. 1982, 1988).

Existen varios estudios en el Parque Nacional Llullaillaco ubicado entre las latitudes 24º30`S-25º10`S y las longitudes 68º30`W-69º15`W. La altitud varía entre los 3.500 msm y la cumbre del volcán Llullaillaco a 6.750 msm. Este parque está fuera del área de estudio, pero se incluye como área de referencia y porque presenta una alta riqueza de especies. Sin embargo se debe considerar que ha sido frecuentemente explorado botánicamente a partir de 1860 por R. A. Philippi. Así de las 110 especies propuestas por Luebert & Gajardo (1999), en base a recolecciones previas y propias, Marticorena et al. (2004) incrementaron en 16 nuevas especies, quedando, a la fecha en 126. De este mismo modo, lo más probable es que, en la medida que se aumente el esfuerzo de muestreo en las áreas que abarcan este estudio, se efectúen nuevos registros de plantas vasculares.

Comparación con otras localidades

El número de especies para Quillagua y Calama es bastante inferior al registrado por Teillier (2004) en la cuenca-media-alta del río Loa, donde describe 110 especies, sin embargo en su trabajo la superficie y gradiente altitudinal fueron notablemente mayores por lo que no son comparables. En cambio, sí son comparables las 11 especies registradas por Gutiérrez (1998) para su estación en Quillagua y las 20 especies para Chiu Chiu, como a las 24 especies reportadas por Trevizan et al. (2001), por lo que el presente estudio ha incorporado siete especies al catálogo existente de la flora del Oasis de Calama.

Por otro lado la diversidad registrada en la Laguna Lejía (29) es comparable a las 21 especies registradas para el salar de Ascotán (Teillier 2000, Teillier & Becerra 2003) o a lo documentado por Gutiérrez et al. (1998) para el río Salado (3.108 msm con 31 especies) o al arroyo Coya (3.782 msm con 18 especies) (Tabla 4-7). La flora de Laguna Lejía, puede ser comparada con la del Salar de Ascotán, en que también existe una flora azonal (vegetación del salar vs. vegetación de la laguna) y una flora zonal (laderas aledañas al salar vs. laderas aledañas a la laguna). Teillier & Becerra (2003) exploraron varias veces el salar entre 1993 y 1998 a partir de 46 parcelas en ocho parches de vegetación, cada uno asociado a una laguna distinta. Lo registrado en Lejía es mayor que las 21 especies del salar. La flora azonal de la Laguna Lejía es completamente diferente que la zonal, igual que en el caso de ambos ambientes (zonal/azonal) en el salar de Ascotán. Teillier & Becerra (2003) explican que la ausencia de especies zonales en el salar es probablemente debido a los problemas osmóticos y/o nutricionales presentados por las altas concentraciones de sales. A la inversa, la baja disponibilidad de agua en las laderas circundantes podría determinar la ausencia de las especies de los humedales (salar y Laguna Lejía) en estos hábitats (Schat & Scholten 1986, Shumway & Bertness 1992).

La diversidad, como riqueza de especies en Licancabur (93) y el Tatio (92), es similar a la reportada en el Parque Nacional Llullaillaco (110). A su vez es mayor que la registrada por Gutiérrez et al. (1998) en el mencionado transecto altitudinal realizado en seis sitios a lo largo del río Loa (69 especies) y muy superior a lo documentado por Navarro & Rivas-Martínez (2005) en su trayecto Calama- San Pedro de Atacama al volcán Licancabur (28 especies).

TABLA 4-6. DIVERSIDAD COMPARADA DE PLANTAS VASCULARES EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.*=EN PARÉNTESIS SE INDICA EL NÚMERO DE AÑOS DE OBSERVACIÓN. S= RIQUEZA DE ESPECIES.

	Superficie	Altitud	Precipitación*	Estación	S	Asociaciones/unidades	Fuentes
Región de Antofagasta	126.121,3 km^2				1.056		Squeo et al. 1998 Marticorena et al. 1998
Comuna de San Pedro de Atacama	23.490 km^2				426		Simonetti & Veloso 2003
Transecto Cuenca-media-alta del río Loa		3.100-4.150			90	5	Teillier 2004
Parque Nacional Llullaillaco	2.680 ha		35,7 (4)	verano	126	12	Marticorena et al. 2004
Transecto Calama-volcán Licancabur		2.260-5.600			28		Navarro & Rivas-Martínez 2005
Valle de Quillagua	18,216 km^2	790-946		primavera	26 11	4	Este estudio Gutiérrez et al. 1998
Chacance		1.268			7		Gutiérrez et al. 1998
Oasis de Calama	45,758 km^2	2.210-2.400	6,0 (7)		31	4	Este estudio
Chiu-Chiu		2.534			20		Gutiérrez et al. 1998
Río Salado		3.108			31		Gutiérrez et al. 1998
Arroyo Coya		3.782			18		Gutiérrez et al. 1998
Alrededores del volcán Licancabur	939,342 km^2	2.778-5.063			97	4	Este estudio con adiciones
Géiseres del Tatio	839,516 km^2	3.617-4600	100,0 (5)		99	4	Este estudio con adiciones
Salar de Ascotan		3.800			21	2	Teillier & Becerra 2003
Laguna Lejía	189,059 km^2	4.341-4589			29	2	Este estudio

TABLA 4-7. RIQUEZA DE ESPECIES E ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LAS ASOCIACIONES VEGETACIONALES PRESENTES EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO DE GEISERS DEL TATIO, ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR, LAGUNA LEJÍA, VALLE DE QUILLAGUA Y OASIS DE CALAMA. REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

	Altiplano									
	Tolar del altiplano	Estepa arbustiva	Estepa alto-andina	Bofedal	Matorral	Ojalar	Arbustos	Pajonal y tolar	Pajonal altoandino	Azonal ribereño
Índices/Asociación	*Parastrephia quadrangularis-Festuca orthphylla*	*Fabiana densa-Baccharis boliviensis*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Oxyochloe andina*	*Fabianetum ramuloso-denudatae*	*Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*	*Festuca chrysophylla-Fabiana bryoides*	*Festuca orthophylla-Parastrephia*	*Stipa-Deyeuxia*	*Puccinellia-Calandrinia*
Área de estudio	El Tatio	El Tatio	El Tatio	El Tatio	Licancabur	Licancabur	Licancabur	Licancabur	L. Lejía	L. Lejía
Riqueza de especies (S)	25	17	23	22	26	42	18	30	6	23
Shannon H'	0,72	0,85	1,02	1,01	1,01	1,21	0,96	0,98	0,58	0,95
Shannon Hmax	1,38	1,23	1,36	1,34	1,42	1,62	1,26	1,48	0,78	1,36
Shannon J'	0,52	0,69	0,75	0,76	0,71	0,75	0,77	0,66	0,75	0,70

	Oasis del río Loa						
Índices/Asociación	*Atriplex/ Baccharis*	*Atriplex/ Distichlis*	*Baccharias/ Distichlis*	*Distlichetum*	*Tessaria/ Distichlis*	*Baccharis/ Sirpus*	Cultivo alfalfa
Área de estudio	Calama Quillagua	Quillagua	Calama Quillagua	Calama	Calama Quillagua	Calama Quillagua	Quillagua
Riqueza de especies (S)	7	4	8	1	9	15	6
Shannon H'	0,62	0,48	0,68	0,01	0,64	0,76	0,51
Shannon Hmax	0,85	0,60	0,90	0,30	0,95	1,18	0,78
Shannon J'	0,73	0,80	0,76	0,02	0,67	0,65	0,66

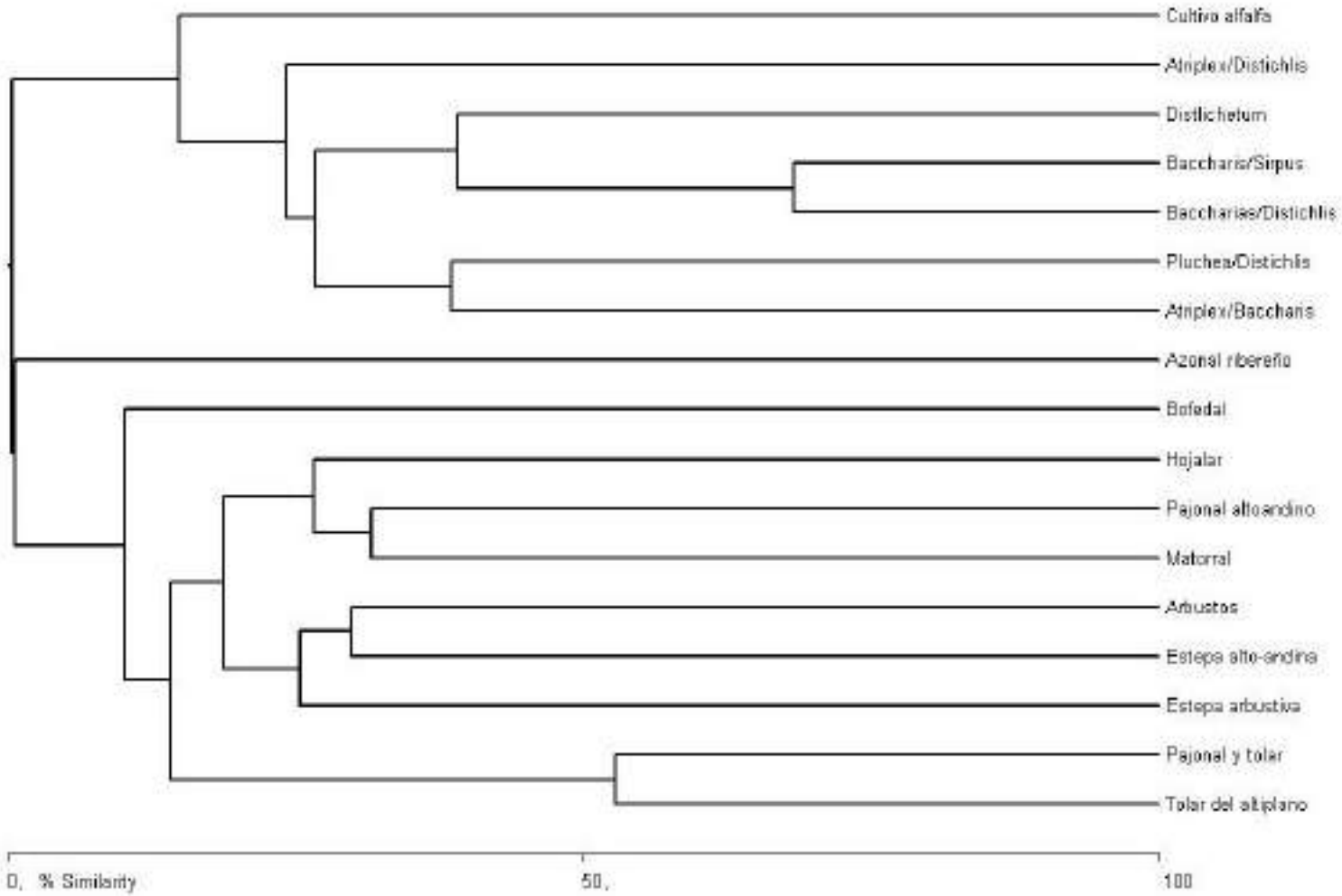


FIGURA 4-11. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE LAS ASOCIACIONES VEGETACIONALES EN LAS CINCO ÁREAS DE ESTUDIO REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

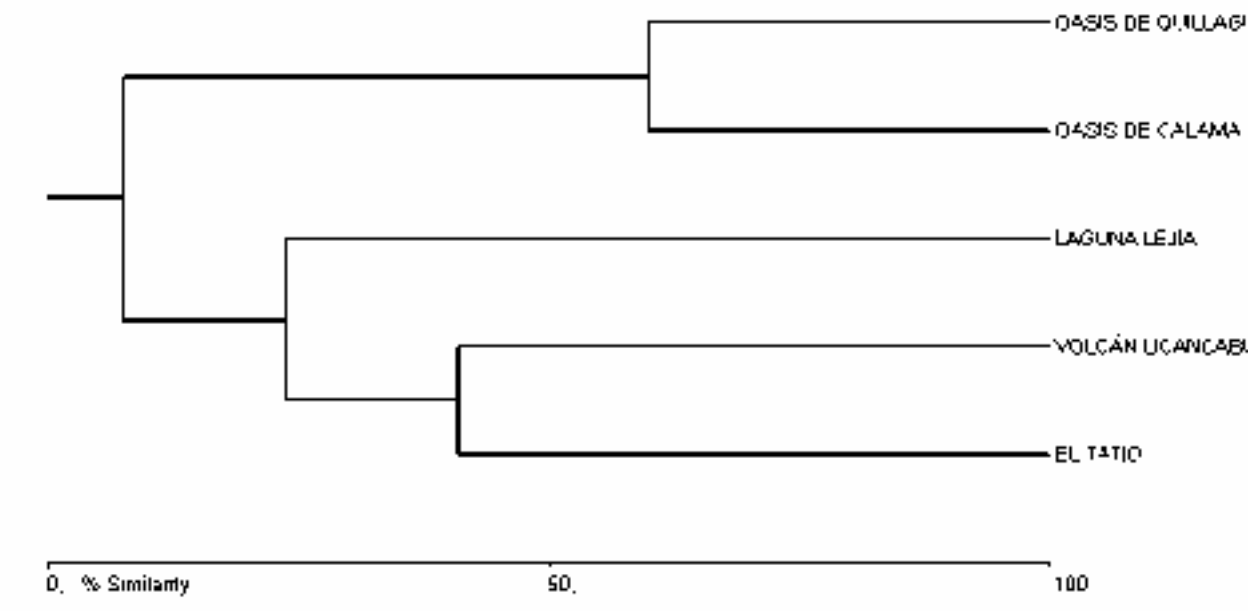


FIGURA 4-12. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES VEGETACIONALES DE LAS CINCO ÁREAS DE ESTUDIO, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

3. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD FAUNÍSTICA

3.1. Diversidad de anfibios

Anfibios de Chile

Los anfibios chilenos pertenecen al orden Anura y están representados por 56 especies, de 14 géneros y cuatro familias, tres de ellas nativas: Bufonidae, Leptodactylidae y Rhinodermatidae y una introducida, Pipidae, con una especie *Xenopus laevis* (sapo de garras) asilvestrado en Chile (Veloso 2006). De estas especies 36 son endémicas (66,7%), lo que le confiere un carácter especial a este tipo de fauna y desde ya son un claro objeto de conservación.

Diversidad y distribución

El factor que más limita la presencia de anfibios en la región de Antofagasta es la baja existencia de cuerpos de agua dulce y la escasa disponibilidad de aguas lluvia. En el altiplano existen precipitaciones (300-400 mm) por lo que se conjugan factores de hábitat favorables, pero debido a la fuerte estacionalidad de estas lluvias se limita drásticamente la capacidad de dispersión, ya que existen muy altos índices de evapotranspiración (Romero 1985, Veloso 2006), circunscribiendo las poblaciones a cuerpos de agua permanentes (e.g., bofedales,

lagunas, ríos). De este modo, los anfibios no se distribuyen homogéneamente, dependiendo de la oferta de hábitat para cumplir con su ciclo vital, así, hay zonas donde no existen anfibios, en otras sólo se distribuyen algunas especies y otras poseen una alta diversidad relativa.

Veloso (2006) propone agrupar las especies en cuencas hidrográficas para facilitar las medidas de conservación, ya que permite integrar esa información con aspectos ecológicos comunitarios y ecosistémicos, adquiriendo, la información distribucional de anfibios carácter relacional (Veloso 2006). La diversidad de anfibios varía según el tipo de clima y la altitud. Es mayor en las regiones mediterráneas húmeda, perhúmeda y mediterránea con influencia oceánica. Respecto a la altitud la mayor diversidad está por debajo de los 1.000 msm, disminuyendo notablemente entre los 2.000 y 3.000 msm y declinando hasta sólo tres especies a los 4.600 msm en el altiplano, pero de la región de Parinacota. En la Fig. 4-13 se muestra la disponibilidad de agua y los niveles altitudinales para al área de laguna de Lejía.

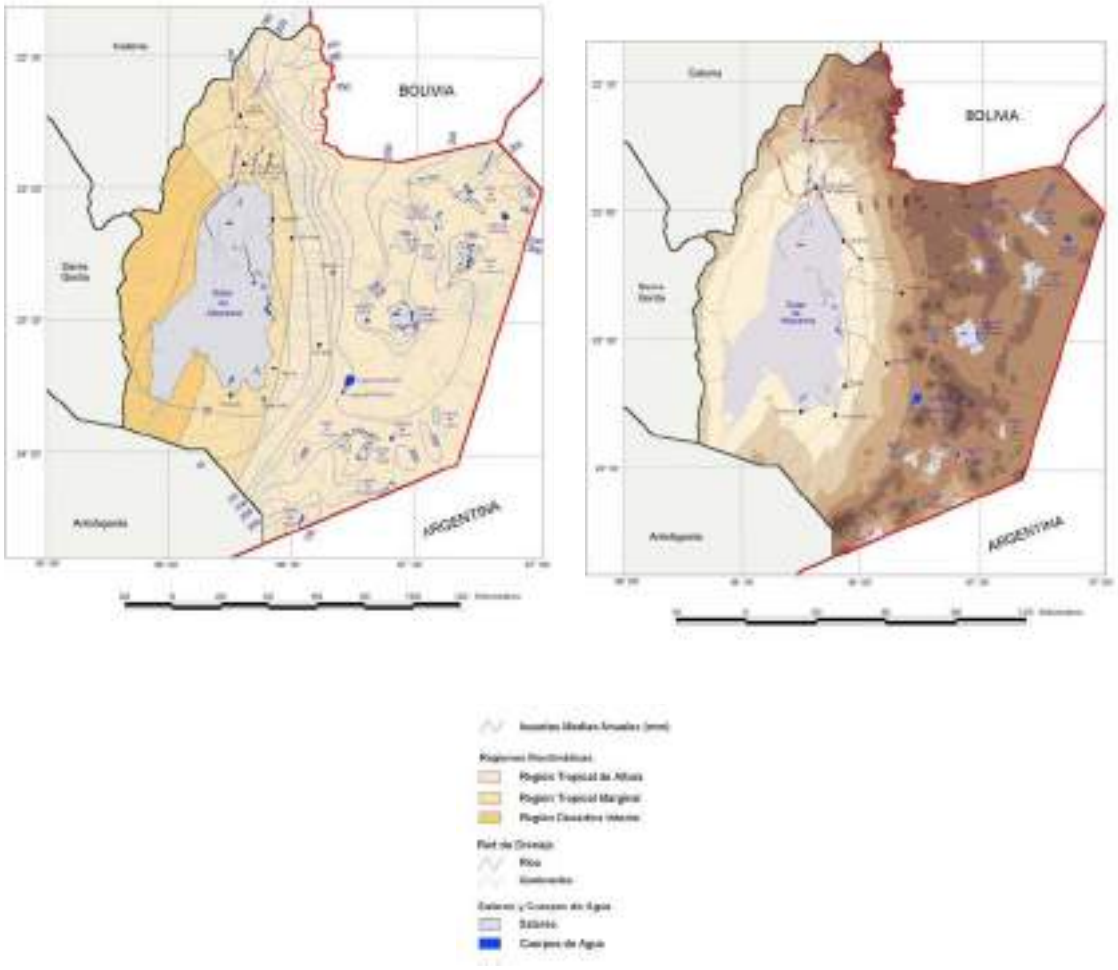


FIGURA 4-13. ISOYETAS MEDIAS ANUALES (MM) Y RANGOS ALTITUDINALES EN LAGUNA LEJÍA DE LA COMUNA DE SAN PEDRO DE ATACAMA. TOMADO DE BALANCE HÍDRICO DE CHILE DGA (1987), DI CASTRI & HAJEK 1976, SIMONETTI & VELOSO 2003.

Las cuencas de Chile se pueden agrupar (sensu Brown & Saldivia 2000) en tres sistemas: Pacífico Seco (desde Arica al río Limarí), Pacífico Central y Pacífico Sur. La región de Antofagasta se ubica en la primera y contiene 15 especies de anfibios Fig. 4-14.

FIGURA 4-14. PRINCIPALES CUENCAS HIDROGRÁFICAS SEGÚN ORÍGEN DE DRENAJE DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (TOMADO Y MODIFICADO DE DGA Y VELOSO 2006).

Anfibios en la provincia de El Loa

Para la provincia de El Loa se registran seis especies, cinco de ellas con distribución muy restringida a los sectores de La Cascada en el río Loa (*Telmatobius dankoi*), río Vilama (*Telmatobius vilamensis*), Ollagüe (*Telmatobius philippi* y *Telmatobius halli*) y Puquios (*Telmatobius fronteriensis*) (sensu Ramírez & Pincheira-Donoso 2005, Veloso 2006). Los altos Andes al sur de la línea del Ecuador se caracterizan por una extensa radiación de ranas acuáticas del género *Telmatobius* Wiegman 1835 (unas 50 especies). Altitudinalmente se encuentran sobre los 2.500 msm (excepto *T. ceiorum*, 1.500 m). En Chile se distribuyen nueve especies: *T. peruvianus, T. marmoratus*, *T. pefauri*, *T. zapahuirensis*. *T. halli, T. philippi, T. fronteriensis, T. vilamensis* y *T. dankoi*. Esta última en las cercanías de la ciudad de Calama siendo la especie más sureña de los *Telmatobius* descrita para Chile (Duellman 1993, Cuevas & Formas 2002). En la Tabla 4-8 se muestran los registros para las áreas de estudio y pese a que el río Vilama está fuera, por su proximidad se incluye el registro de la especie endémica para ese cuerpo de agua (*Telmatobius vilamensis*).

TABLA 4-8. ANFIBIOS PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA. EST= ESTATUS, N= NATIVA, E= ENDÉMICA.

Especie	Nombre vulgar	Est	Localidad de registro	Fuentes
Bufo spinulosus Wiegmann,1834	sapo espinoso	N	Caspana Termas del Tatio El Tatio El Tatio El Tatio El Tatio Río San Pedro de Atacama Río Vilama Soncor, PN Los Flamencos Río Puritama	Moreno & Ibarra-Vidal 2004 Núñez et al. 1982 Moreno & Ibarra-Vidal 2004 Veloso 1995 SGA/GDN 2007 Este estudio Veloso & Núñez 1998 Núñez et al. 1982 Este estudio Este estudio
Telmatobius dankoi Formas, Northland, Capetillo, Núñez, Cuevas & Brieva, 1999	rana acuática de Danko	E	Oasis de Calama	Formas et al. 1999
Telmatobius fronteriensis Benavides, Ortiz & Formas, 2002	rana acuática de la frontera	E	Puquios	Benavides, Ortiz & Formas 2002
Telmatobius halli Noble, 1838	rana acuática de Hall	E	Ollagüe	Veloso & Núñez 1998
Telmatobius philippii Cuevas & Formas, 2002	rana acuática de Philippi	E	Ollagüe	Cuevas & Formas, 2002
Telmatobius vilamensis Formas, 2002	rana acuática de Vilama	E	Río Vilama	Formas et al. 2003

TABLA 4-9. REGISTROS COMPARATIVOS DE ANFIBIOS EN SIETE LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE EL LOA,

Especie	Calama	L. Lejía	Licancabur	G. del Tatio	Ollagüe	Puquio
Bufo spinulosus			x	x		
Telmatobius dankoi	x					
Telmatobius vilamensis			x			
Telmatobius fronteriensis						x
Telmatobius philippii					x	
Telmatobius halli					x	

Los anfibios registrados en las áreas de estudio son los esperados para esos ambientes. La diversidad, alfa, beta y gamma, no es alta en las áreas de estudio, en la provincia de El Loa ni en la región de Antofagasta, sin embargo su alto endemismo (cinco de seis especies) las hace de muy alto interés como objeto de conservación.

Preocupa, en el Oasis de Calama, que *Telmatobius dankoi*, pese a los esfuerzos de captura en septiembre de 2007 y enero de 2008, no fuera registrado, más aún si los informantes clave declararon que hace mucho tiempo (sic) no visualizan anfibios en el área. Se recomienda un monitoreo específico para esta especie, endémica del Oasis de Calama y que podría convertirse en una especie focal.

3.2. Diversidad de reptiles

Reptiles de Chile

De las 94 especies descritas para Chile (Veloso et al. 1995), según Núñez & Veloso (2001) existirían para la región de Antofagasta 33 especies de lagartos, pero habría que agregar a las lagartijas de Bárbara, lagartija de los hijos y lagartija de Puritama (*Liolaemus barbarae*, *Liolaemus filiorum* y *Liolaemus puritamensis*) y a la culebra de cola corta del norte (*Tachymenis peruviana*) por lo que serían 37 especies conocidas, pertenecientes a tres subórdenes: Serpentes (familia Colubridae, una especie), Scleroglossa (familia Gekkonidae, tres especies) e Iguania (familias Tropiduridae, 31 especies y Teiidae, dos especies). En la provincia de El Loa Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) proponen 22 especies y Simonetti et al. (2003) proponen 14 especies potencialmente presentes en la Comuna de San Pedro de Atacama. En la Tabla 4-11 se señalan estas especies, con referencia especial a las localidades de registro en o cercanas a las cinco áreas objetivo de este estudio.

Origen y distribución

La distribución de Squamata era más amplia que en la actualidad en el Cretáceo y gran parte del Terciario, según Albino (1996) en base al registro fósil. Esto porque existían condiciones ambientales más favorables. Según Núñez & Veloso (2001) el evento orogénico más relevante fue la aperura del paso de Drake en el Oligoceno y Mioceno temprano, lo que originó la corriente de Humboldt que era cálida, la que luego se fue enfriando durante el Plioceno, transitando por esto la fauna de una comunidad tropical a una austral, lo que implicó un proceso de desecación, avance de la flora austral hacia el norte y retroceso de la flora tropical. Eso se sumó a una gran actividad volcánica que provocó el alzamiento de la cordillera andina, como la conocemos hoy (Zinzmeister 1978, Martínez-Pardo & Martínez-Guzmán 1997). Durante el Terciario superior las frías condiciones terminan en las glaciaciones cuaternarias, que alternaron condiciones áridas y húmedas. De esta manera, Núñez & Veloso (2001) proponen como explicación para el origen y diversidad de los lagartos de la región de Antofagasta los cambios orogénicos y climáticos del pasado. En primer lugar el levantamiento de la cordillera andina, en segundo lugar el enfriamiento del territorio por efecto de la corriente de Humboldt, desecando los territorios del norte de Chile y sur de Perú, proceso que llegó a su máximo en el Cuaternario con la formación del actual desierto de Atacama. Esto propició la dispersión de los

lagartos hacia ambientes más mésicos de la precordillera y cordillera andina, a lo largo de la cuenca del río Loa y de los oasis y valles con aguas permanentes. Los ambientes de altura fueron y son fuertes barreras que limitaron el flujo genético y promovieron una distribución fragmentada, en forma de parches (Núñez & Veloso 2001). En la costa hubo fragmentación determinada por condiciones xéricas, propiciando el aislamiento y la posterior especiación de *Microlophus, Garthia* y *Callopistes*. Así el levantamiento de las tierras y el desecamiento establecieron relaciones ecológicas entre las poblaciones ancestrales permitiendo la dispersión (ampliación de la distribución) hacia nuevos ambientes y propiciando la especiación (formación de nuevas especies) a mayores alturas (sobre los 2.500 msm). La agregación (adiciones) y eliminación (sustracción) de especies en una región puede ser afectado por procesos tales como especiación, dispersión biótica, dispersión a distancia y extinción. Las dos primeras se traducen en especies estructuradas jerárquicamente en un sentido linneano, mientras que la dispersión a distancia desemboca en conjuntos de especies desestructurados. En base a todo lo expuesto, entonces, en la región de Antofagasta el principal proceso que actuó y actúa sobre la fauna de lagartos es: (a) la especiación en los nuevos ambientes creados cuando se levantaron las tierras y se desecó la zona y (b) la dispersión biótica (Núñez & Veloso 2001).

La mayoría de las especies de lagartos registradas para las áreas de estudio pertenecen al género *Liolaemus* descrito en 1834 en base a ejemplares procedentes de Chile y que cuenta con más de 160 especie en Argentina, Chile, Bolivia, Brasil, Paraguay, Perú y Uruguay, los dos primeros con el mayor número de especies. En Chile el género *Liolaemus* (de estado sistemático conflictivo) está representado por 76 especies, cuatro de ellas politípicas, 13 subespecies, con un total de 85 taxas (Pincheira-Donoso & Núñez 2005). La gran diversidad de especies de este género puede explicarse por su extensa distribución biogeográfica en el centro-sur y sur de Suramérica, amplio territorio con muchos ecosistemas diferentes y sometidos a severos cambios geomorfológicos que determinó múltiples centros de especiación vicariante (Núñez at al. 2000). De este modo las poblaciones ancestrales de *Liolaemus* debieron adaptarse a drásticos cambios en la biocenosis y transformaciones, que dieron origen a los ecosistemas altoandinos, desérticos y patagónicos, los que condicionaron a estas especies antiguas a adquirir nuevos caracteres con conservación transgeneracional y dando origen a las especies tal como las conocemos hoy (Pincheira-Donoso & Núñez 2005).

Reptiles de la región de Antofagasta

La región de Antofagasta integra un ecosistema mayor, la *Diagonal xérica*, que se despliega desde el sur de Perú hasta Atacama, y al lado occidental de los Andes hasta la Patagonia. Las 35 especies de lagartos pertenecen a las familias Tropiduridae, Gekkonidae y Teiidae, estas dos últimas restringidas a las zonas costeras. Como se muestra en la Tabla 4-10 Núñez & Veloso (2001) estudiaron la distribución de los lagartos en la región de Antofagasta, dividiéndola en tres zonas: (a) una zona occidental, al oeste de la cordillera de Domeyko, desde el nivel del mar los 2.500 msm; (b) una zona media, de desierto interior, al este de la mencionada cordillera y hasta las pendientes precordilleranas andinas, desde los 2.500 a los 3.500 msm, y (c) una zona oriental, por sobre los 3.500 msm. A las especies analizadas por los autores le hemos agregado nuevas especies y la familia Colubridae (culebras).

TABLA 4-10. DISTRIBUCIÓN DE REPTILES EN TRES ZONAS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (TOMADO Y MODIFICADO DE NÚÑEZ & VELOSO 2001).*= ENDÉMICAS DE LA REGIÓN.

ZONA OCCIDENTAL	ZONA MEDIA	ZONA ORIENTAL
Familia Teiidae	Familia Tropiduridae	Familia Colubridae
*Callopistes palluma**	*Liolaemus alticolor**	*Tachimenis peruviana*
Familia Tropiduridae	*Liolaemus constanzae**	Familia Tropiduridae
*Liolaemus atacamensis**	*Liolaemus donosi**	*Liolaemus alticolor**
Liolaemus bisignatus	*Liolaemus fabiani**	*Liolaemus constanzae**
*Liolaemus hellmichi**	*Liolaemus foxi**	*Liolaemus dorbignyi**
Liolaemus nigromaculatus	*Phrynosaura audituvelata**	*Liolaemus fabiani**
*Liolaemus paulinae**		*Liolaemus islugensis**
Liolaemus platei		*Liolaemus multicolor**
*Liolaemus constanzae**		*Liolaemus nigriceps**
Microlophus theresioides		*Liolaemus schmidti**
*Microlophus atacamensis**		*Liolaemus signifer**
*Microlophus tarapacensis**		*Liolaemus stolzmanni**
*Phrynosaura torresi**		*Liolaemus puritamensis**
Familia Gekkonidae		*Phrynosaura erronea**
*Garthia gaudichaudii**		*Phrynosaura* sp*
*Phyllodactylus cf inaequalis**		
Phyllodactylus gerrhopygus		

El único género endémico para la región es *Phrynosaura* (aunque controvertido), con seis especies, dos distribuidas en la zona occidental, una en la medial y dos en la oriental. Los géneros que más endemismos contienen son *Liolaemus* y *Phyllodactylus*, el primero, además agrupa a más del 66% de la diversidad de saurios de la región.

En la zona occidental, también están documentadas otras especies como *Ctenoblepharis adspersa* de Perú y especies del grupo "nigromaculatus". Algunas especies de esta zona (*Microlopohus atacamensis, Liolaemus paulinae* y *Phyllodactylus gerrhopygus*) pueden llegar a elevaciones más altas como la quebrada de Yalquincha y Ojo de Opache en el Oasis de Calama (Donoso-Barros 1966, Núñez 1992, Núñez & Veloso 2001). Los géneros presentes en esta zona son diversos y la ruta de invasión son las áreas costeras (e.g., *Microlophus* y *Phyllodactcylus*), en que los animales usaron una estrategia "talasófita", consumiendo algas, crustáceos y otros invertebrados pequeños. Su desplazamiento hacia la zona media se explica por la presencia del río Loa, usado como ruta de dispersión de *Microlophus* y *Phyllodactylus.*

También usaron el río Loa como pasaje de dispersión, aparentemente desde zonas costeras hacia el interior, especies del género *Phrynosaura*, aunque se desconoce si su origen está en la cordillera andina o en la costa.

En la zona media se registran seis especies de tropidúridos, pertenecientes a dos linajes, remanentes de un conjunto antiguo adaptado a condiciones altiplánicas. En la cordillera de Domeyko existe muy poca vegetación y se han registrado sólo tres especies: *Liolaemus foxi, Liolaemus constanzae* y *Phrynosaura audituvelata* (Núñez et al. 2000). Al este de la cuesta Barros-Arana se encuentran *Liolaemus alticolor, L. constanzae, L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata,* todas endémicas con distribución local, salvo *L. alticolor* que se distribuye hasta los 4.100 msm (Núñez & Veloso 2001).

Finalmente, en la zona oriental, en la cordillera andina por sobre los 2.500 msm, se registran 13 especies de reptiles, 12 de ellos lagartos, agrupados en una sola familia: Tropiduridae y que provienen de dos linajes, uno especiado en las montañas andinas (e.g., *L. andinus, L. fabiani*) y otro grupo, posiblemente dispersado desde el sur (e.g., *L. constanzae* y *L. alticolor*).

Este género, también se subdivide en complejos y éstos a su vez en grupos de especies. El grupo ruibali, reúne varias especies (e.g., *Liolaemus foxi, L. rosenmanni, L. nigriceps*), casi todas en la cordillera andina, pero algunas especies viven en montañas no andinas, como *L. foxi* en la cordillera de Domeyko, distribución que Núñez et al. (2000) explican porque el conjunto original de *Liolaemus* de la cordillera andina fue "expulsado" hacia los valles por los glaciares, y regresaron a Los Andes cuando éstos se retiraron. Sin embargo, algunas especies regresaron a la cordillera "equivocada". Esta distribución también puede ser explicada de otra manera, ya que los glaciares no afectaron significativamente el área, pero sí hubo mayor precipitación, el doble, en el altiplano durante el Holoceno. De este modo el ambiente era, entonces, más benigno para la flora y fauna y cuando la aridez se acentuó, por la instauración de la corriente de Humboldt, algunas especies quedaron aisladas (Núñez et al. 2000). Así, el que las especies abandonaran su lugar de origen, y luego regresaran ya diferenciadas, explica que las especies estén asociadas a cuencas de salares en simpatría, que perteneciendo a grupos ancestrales diferentes, experimentaron las mismas condiciones y desembocaron en iguales situaciones (Núñez et al. 2004).

La fauna de lagartijas del altiplano tiene patrones de distribución geográfica con cierta simetría, correlacionada con los linajes filéticos que componen sus formas. Así de San Pedro de Atacama al norte se distribuyen especies afines a los grupos jamesi (e.g., *L. jamesi, L. hajeki, L. puritamensis* y *L. stolzmanni*) y signifer (e.g., *L. signifer, L. andinus, L. erguetae, L. multicolor, L. panterhinus*). Ahora bien, de San Pedro de Atacama al sur las especies del género *Liolaemus* presentan cambios en su composición, posiblemente condicionados por los cambios climáticos del Pleistoceno, en que los valles que quedaron entre la cordillera de los Andes y el cordón de Domeyko actuaron como ecosistemas glaciales de refugio, donde especiaron las formas de Chile y Argentina del grupo ruibali y fabián (e.g., *L. nigriceps*), con una especie extralimital *L. foxi* (Núñez & Veloso 2001, Pincheira-Donoso & Núñez 2005). En la zona de transición entre los grupos jamesi-signifer (norte de San Pedro) y ruibali (sur de San Pedro), está *L. fabiani,* que constituye un grupo propio.

Reptiles de la provincia de El Loa y Valle de Quillagua.

En las Tablas 4-11 y 4-12 se muestran los registros propios y previos, por especies y localidades.

TABLA 4-11. REPTILES PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA Y VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA. REC(S)= RECOLECTOR(ES).

Especie	Nombre vulgar	Localidad de registro	Fuente
Tachymenis peruviana Wiegmann, 1835	Culebra de cola corta del norte	Zonas altoandinas Zonas altoandinas Quebrada de San Bartolo, Río Grande	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Donoso-Barros 1966 H. Núñez y J. Yáñez Com. per.
Phyllodactylus gerrhopygus (Wiegmann, 1835)	Salamanqueja	Oasis de Calama	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Microlophus theresioides (Donoso-Barros, 1966)	Corredor de Pica	Chusmiza Quebrada de Yalquinca, Calama La Hayca-Canchones Mirador, quebrada de Quetena, Calama San Salvador y Oasis de Calama Valle de Quillagua Tranque Santa Fe, Quillagua	F. Bozinovic et al. 1990 recs. M. Quispe 1985 rec. F. Bozinovic et al. 1990 recs. Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio
Liolaemus ornatus Koslowsky, 1898	Lagartija ornamentada	Ollagüe	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Liolaemus fabiani Yáñez y Núñez, 1983	Lagartija de Fabián	Camino viejo San Pedro de Atacama Llano de Vilama hacia V. Licancabur Hacia Volcán Licancabur Soncor, Salar de Atacama	J.C. Torres-Mura 1997 rec. Yáñez & Núñez 1983 Este estudio Este estudio
Liolaemus hajeki Núñez, Pincheira-Donoso & Garín, 2004	Lagartija de Hajek	Norte Calama Estación Ojos de San Pedro San Pedro de Atacama El Abra, Baños de Turi Quebrada de Inacaliri, San Pedro Cerro Puruña Salar de Ascotán y Carcote El Tatio	Núñez et al. 2004 J.C. Torres 1996 rec. Núñez et al. 2004 J.C. Torres 2001 rec. J.C. Torres 2001 rec. Núñez et al. 2004 J.C. Torres y J. Yánez 1996 recs. Este estudio
Liolaemus puritamensis Núñez y Fox, 1989	Lagartija de Puritama	San Pedro de Atacama Camino al Tatio, Sasiel Laguna Lejía y Laguna Seca	Núñez & Fox 1989 Núñez et al. 2004 H. Núñez et al. 1998 recs.
Liolaemus stolzmani (Steindachner, 1891)	Lagartija de Stolzmann	Quebrada del Inca Quebrada del Inca, Ollagüe Salar de Ascotán	R. Donoso B. 1960 rec. Núñez et al. 2004 Núñez et al. 2004
Liolaemus foxi Núñez, Navarro & Veloso, 2000	Lagartija de Fox	Cuesta Barros-Arana 60 km SE Calama	Núñez et al. (2000)
Liolaemus nigriceps (Philippi, 1860)	Lagartija de cabeza negra	Río Frío Quebrada Zorritas, cerro Llullaillaco San Pedro de Atacama, sur este	Pincheira-Donoso & Núñez 2005 H. Núñez et al. 1998 rec. J. Contreras 1989 rec.
Liolaemus andinus Koslowsky, 1895	Lagartija andina	El Refugio camino al Tatio Este del Salar de Atacama Talabre Viejo Laguna Lejía Laguna Lejía Laguna Seca (cerca L. Lejía) Laguna Tara Farellones de Tara, Reserva Nacional Los Flamencos Salar de Aguas Calientes	H. Núñez et al. recs. 1998 Pincheira-Donoso & Núñez 2005 J. Yáñez y L. Salgado 1980 recs. J. Yáñez y L. Salgado 1980 recs. Este estudio Este estudio S. Silva 1990 rec. Valladares et al. 2002 Valladares et al. 2002 C. Cornelius 1997 rec.

Liolaemus erguetae Laurent, 1995	Lagartija de Ergueta	Linzor, norte del Tatio Sur Salar de Ascotan	J. Contreras 2003 rec. Pincheira-Donoso & Núñez 2005
Liolaemus multicolor Koslowsky, 1898	Lagartija multicolor	Salar de Aguas Calientes II Salar de Aguas Calientes II Salar de Ascotán	Núñez & Veloso 2001 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Liolaemus pantherinus Pellegrin, 1909	Lagartija pantera	Ollagüe Ollagüe Ollagüe	Donoso-Barros 1966 G. Arriagada 1982 rec. In: MNHN-1532 Pincheira-Donoso & Núñez 2005
Liolaemus signifer (Duméril y Bibron, 1837)	Lagarto rubricada	Altiplano de Antofagasta	Donoso-Barros 1966
Liolaemus barbarae Pincheira-Donoso y Núñez 2005	Lagartija de Bárbara	Este de San Pedro de Atacama El Tatio Camino azufrera, volcán Licancabur Azufrera Alitar este San Pedro de Atac.	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 SGA/GDN 2007 Núñez & Yáñez recs. 1982 Núñez at al. rec. 1982
Liolaemus paulinae Donoso-Barros, 1961	Lagartija de Paulina	Oasis de Calama, orillas del río Loa Las vegas de Calama Río Loa, Calama Yalquincha, Calama	Donoso-Barros 1961 G. Arriagada 1982 rec. Núñez et al. 1982 recs. Este estudio
Liolaemus constanzae Donoso-Barros, 1961	Lagartija de Constanza	Cuesta Barros Arana San Pedro de Atacama 10 km este Camino azufrera, volcán Licancabur Salar de Atacama Puritana Toconao Peine Chiu Chiu El Guatín, Volcán Licancabur	H. Núñez 1998 rec. H.Núñez y J. Yáñez 1981 recs. Núñez & Jaksic 1992 Donoso-Barros 1970 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Donoso-Barros 1970 Donoso-Barros 1961, H. Núñez 1982 Núñez & Jaksic 1992 Este estudio
Liolaemus filiorum Pincheira-Donoso y Ramírez, 2005	Lagartija de los hijos	Cerro Las Papas, Calama Conchi, sur de Lequena	Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005
Phrynosaura audituvelata (Núñez y Yáñez, 1983)	Dragón de oído cubierto	Cordón de Domeyko Cuesta Barros Arana San Pedro de Atacama Llano de Vilama	G. Ramírez rec. Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Ramírez & Pincheira-Donoso 2005 Valladares et al. 2002
Phrynosaura erronea (Núñez y Yáñez, 1983)	Dragón grande	Tumbre (camino a Laguna Lejía)	Núñez & Yáñez 1983
Phrynosaura torresi Núñez et al. 2003	Dragón de Torres	Ribera sur del río Loa, Calama Tranque Talabre cerca de Calama Salar del Indio, SO de Chuquicamata Oasis de Calama	Núñez et al. 2003 J. Torres y M. Lemus 2001 recs. Núñez et al. 2003 E. Elgueta julio 2006 rec

Folio008037

TABLA 4-12. REPTILES PRESENTES EN 10 LOCALIDADES DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO, P= ESPECIE PROBABLE.

Especie/localidades	Valle de Quillagua	Oasis de Calama	Laguna Lejía	San Pedro de Atacama	Salar de Atacama	Volcan Licancabur	Geisers del Tatio	Salar Aguas Calientes	Salar de Ascotán	Ollagüe
Tachymenis peruviana Culebra de cola corta del norte				X						
Phyllodactylus gerrhopygus Salamanqueja		Op								
Microlophus theresioides Corredor de Pica, lagarto de Teresa	X	X								
Liolaemus ornatus Lagartija ornamentada										X
Liolaemus fabiani Lagartija de Fabián				X	X	X				
Liolaemus hajeki Lagartija de Hajek				X			X			
Liolaemus puritamensis Lagartija de Puritama			X	X		X				
Liolaemus stolzmani Lagartija de Stolzmann										X
Liolaemus nigriceps Lagartija de cabeza negra				X						
Liolaemus andinus Lagartija andina			X		X	X	X	X		
Liolaemus erguetae Lagartija de Ergueta							X	X	X	
Liolaemus multicolor Lagartija multicolor								X	X	
Liolaemus pantherinus Lagartija pantera										X
Liolaemus barbarae Lagartija de Bárbara				X	X	X	X			
Liolaemus paulinae Lagartija de Paulina		X								
Liolaemus constanzae Lagartija de Constanza				X	X	X				
Phrynosaura audituvelata Dragón de oído cubierto				X		P				
Phrynosaura torresi Dragón de Torres		Op								
TOTAL	1	4	2	8	4	6	4	3	2	3

Desde el punto de vista biogeográfico la importancia de los reptiles de las áreas de estudio, especialmente los lagartos, está en el alto nivel de endemismos, que se distribuyen, no sólo en la región, sino que están circunscritos a localidades muy específicas.

3.3. Diversidad de aves

Aves de Chile

Jaramillo (2004) considera que en Chile existen 460 especies de aves. Araya & Bernal (1995) reconocen 456 especies. Marín (2004) sólo acepta 438, discutiendo y relegando 38 especies como hipotéticas para Chile y 10 las excluye como citadas erróneamente. Localmente Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) proponen 113 especies para la provincia de El Loa y Jaramillo (2005) propone 104 especies de aves en los ecosistemas de la puna de la región de Antofagasta.

Según los resultados de las prospecciones realizadas para la Línea de Base del EIA del Proyecto Perforación Geotérmica Profunda El Tatio (SGA/GDN 2007), la comunidad de aves presente en esta área estaría conformada por 20 especies, siendo todas ellas propias de los ambientes de altura. Dentro de ellas destaca la presencia de: *Pterocnemia pennata* (suri o ñandú), especie catalogada como en Peligro de extinción; *Larus serranus* (gaviota Andina), especie catalogada como Rara; y *Tinamotis pentlandii* (perdiz de la Puna), especie considerada como Vulnerable. Esta lista de 20 especies corresponde a las aves presentes en la estación de invierno. Es esperable que la diversidad de aves se incremente hacia primavera – verano.

Origen y diversidad de aves acuáticas

Las aves pueden agruparse, ecológicamente, según los hábitats que ocupan. Para este caso, de las áreas de estudio, pueden reunirse en aves asociadas a humedales, a matorrales, estepas, etc.

Los salares altiplánicos son humedales que se distribuyen en una franja angosta, los que derivaron del desecamiento postglacial de grandes lagos (Clayton & Clapperton 1995), conteniendo una diversidad relativamente baja de especies muy adaptadas a esos ambientes hipersalinos. Así, este ensamble de aves se estructura en base a filtradores de zooplancton (e.g., flamencos) y depredadores de invertebrados (e.g., chorlos, playeros, caiti) (Sielfeld et al. 1996). La diversidad de aves de la laguna Lejía debe compararse con ambientes homólogos. Schlatter & Sielfeld (2006) consideraron 143 especies acuáticas (aves que cumplen todo su ciclo vital en humedales) para Chile, descontando las especie accidentales. Ellos compararon la diversidad de estas aves en 11 tipos diferentes de humedales, documentando que los más diversos son las lagunas bajas y bañados (de agua dulce) con 74 especies, y los de menor diversidad son los humedales de turberas y fangales riparianos con 14 y 23 especies respectivamente. Los cuerpos de agua cordilleranos (> 1.500 msm), que aquí particularmente nos interesan, contienen unas 31 especies.

Para las áreas de estudio se deben considerar varios humedales relevantes contenidos en las aguas cordilleranas, como los salares, lagunas altoandinas, bofedales, ríos y oasis, los que contienen una avifauna de estructura más simple que otros humedales, pero con una composición específica característica y claramente diferenciados de otros humedales, como se muestra en la siguiente figura, en que al análisis de similitud (Índice de Jaccard) realizado por Schlatter & Sielfeld (2006) resultaron similares, por ejemplo, entre las lagunas bajas y los pantanos, y entre los lagos abiertos y los ríos potamales. Sin embargo el humedal más disímil resultó ser el de aguas cordilleranas.

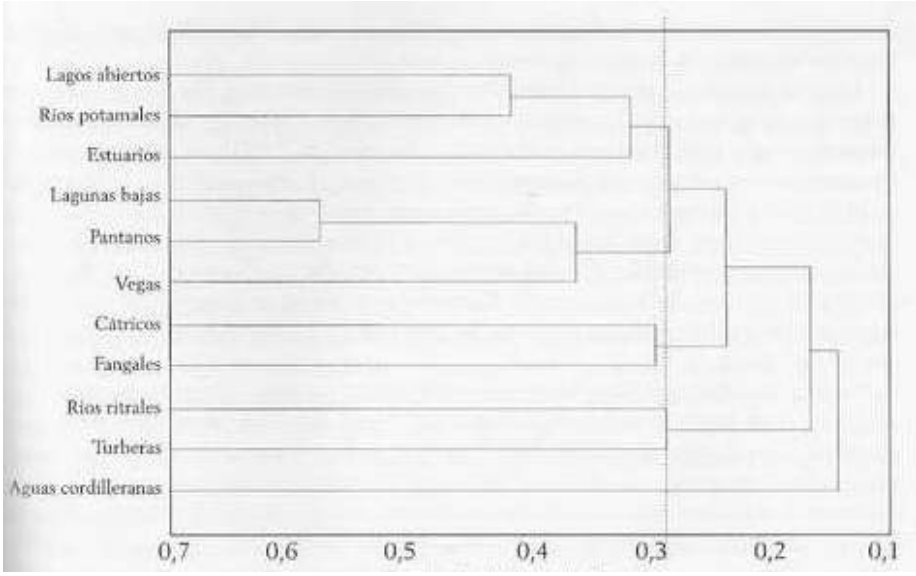


FIGURA 4-15. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE LOS ENSAMBLES DE AVES ACUÁTICAS EN DIFERENTES HUMEDALES (Tomado de Schlatter & Sielfeld 2006).

El origen de las aves de humedales andinos ha sido abordado por Fjeldsa (1985), quien establece áreas núcleo de endemismos, que contienen el mayor número de especies de un grupo de distribución, y determinan centros de dispersión o áreas de refugio antiguas. Una de estas áreas son las pampas argentinas o centro de La Plata (Schlatter et al. 1991, Schlatter & Sielfeld 2006), lo que explica el alto número de especies acuáticas continentales, de alta dispersión y nomadismo, compartidas entre ésa área y zonas en Chile. Aún hoy, frente a variaciones climáticas macrorregionales, se constatan visitas accidentales como el pato silbón y la tagüita purpúrea (Amado el at. 1991, Amado & Sielfeld 1994). De este modo las aves acuáticas de los cuerpos de agua de la cordillera de Antofagasta derivan, principalmente, del área núcleo de las pampas argentinas más que de procesos de especiación local (Fjeldsa 1985).

Aves de la región de Antofagasta y provincia de El Loa

Behn et al. (1957) registró, en sus excursiones ornitológicas a las cordilleras de la región, un total de 52 especies de aves terrestres. Luego, Peña (1968) en invierno, prospectó 19 localidades de la provincia de Antofagasta registrando nueve especies. Vuilleumier (1997) documentó 20 especies para la zona puneña desértica (> 3.500 msm) en los Altos Andes de Sudamérica, cinco de ellas en el desierto de Atacama.

Rau et al. (1998) realizaron cuatro excursiones ornitológicas desde el inicio del invierno de 1996 y finales del verano de 1998 en nueve localidades de la región de Antofagasta desde la desembocadura del río Loa (10 msm) a Socaire (3.900 msm), registrando 80 especies de aves, pertenecientes a 11 órdenes. La cuarta excursión, a fines del invierno de 1997, fue la de mayor abundancia de registros, coincidiendo con el desierto florido e inmediatamente después del

fenómeno de El Niño/Oscilación Sur. Las localidades con mayor riqueza de especies fueron Tumbre, Quebrada de Jere y Socaire (Tabla 4-13). De todas las especies que registraron el 46% (37) fueron únicas, es decir, solamente registradas en una localidad, y de estas especies únicas el 41% (15) fueron registradas sólo en el humedal bofedal de Tumbre (camino a Laguna Lejía) y en el humedal de la Cascada en el Oasis de Calama. En el desierto de Atacama registraron cuatro especies (una menos que Vuilleumier 1997). Estos autores calcularon la diversidad gamma (γ) en 4,42 bits/individuos, siendo equivalente a más de 21 especies equidominantes, lo que constituye una alta diversidad regional, ya que en la naturaleza el Índice de Shannon-Wiener se torna asintótico a los 5 bits/individuos, los cuales son equivalentes a 32 especies equidominantes, de este modo la diversidad gamma relativa es también comparativamente alta (0,884).

En las cinco áreas de estudio, en una excursión de cinco días por área se registraron 73 especies. Para la provincia de El Loa Ramírez & Pincheira-Donoso (2005), como ya indicamos, proponen 113 especies. Sin embargo, esta cifra puede variar. Marín (2004) considera a varias de ellas como hipotéticas (H) para Chile, por lo que no debieran incorporarse como especies comprobadamente del país.

Especies hipotéticas, raras y adiciones a la lista de la provincia de El Loa

Jaramillo (2004) cita para la región de Antofagasta la piranga (*Piranga rubra*), hermosa ave, rojo el macho y verdosa la hembra, pero el único ejemplar conocido fue encontrado momificado en Estación La Negra en la provincia de El Loa, en enero de 1967. Como único registro en más de cuarenta años no debe incluirse en la lista de aves de la provincia de El Loa.

Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) mencionan para la provincia de El Loa a la golondrina grande, también llamada golondrina de rabadilla canela, (*Petrochelidon pyrrhonota*). Esta especie migra estacionalmente del hemisferio norte a Sudamérica y se ha registrado pocas veces en Arica. En Antofagasta la observó P. Post en Calama (Demetrio 1993) entre diciembre y marzo; y en San Pedro de Atacama Howell & Webb (1995). Debido a tan escasos registros se considera hipotética.

El bolsero de Baltimore o turpian norteño (*Icterus galbula*) se distribuye en Estados Unidos y Canadá y migra a centro y Suramérica sólo en Colombia, Venezuela y Ecuador. Ha sido registrado en Chile sólo en Calama, un ejemplar entre el 22 y el 25 de junio de 2002 (Torres-Mura et al. 2003). De no mediar nuevos registros debiera considerarse accidental.

El cuervo de pantano de la Puna (*Plagadis ridgwai*) se distribuye en el altiplano de Perú, Bolivia y Argentina. En Chile en el altiplano de Arica (también en la costa) e Iquique y solo accidentalmente en al altiplano de la provincia de El Loa. Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) lo indican en vegas cerca a Ollague. De no mediar nuevos registros debe considerarse accidental.

La golondrina de los barrancos (*Riparia riparia)* según P. Post es considerada visitante regular en la zona de Antofagasta (Hughes 1970). Ha sido reportada hasta Llifén, Valdivia. En la provincia de El Loa Demetrio (1993) asevera que son visitantes regulares en el Oasis de Calama de noviembre a abril. Howell & Webb (1995) mencionan 6-7 registros en San Pedro de Atacama el 22 de noviembre de 1993. Es, según Marín (2004), un visitante escaso pero regular.

El pato silbón de cara blanca o pato pampa (*Dendrocygna viduata*) es un ave errante en Chile que ha sido registrado en varios lugares (e.g., ciudad de Antofagasta, Huayquique en Iquique,

río Quilimarí, Choapa). Salaberry et al. (1992) observó tres ejemplares el 11 de marzo de 1989 cerca del cerro de la Cruz en Calama. La consideramos una especie rara y errante y la incluimos en la lista para la provincia de El Loa.

Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) no registran especies del género *Tyrannus* para la provincia de El Loa. Philippi (1967) menciona un ejemplar del benteveo blanco y negro o suirirí boreal (*Tyrannus tyrannus*), capturado en Chinchorro, Arica en 1960. P. Post lo avistó en Chuquicamata en abril de 1968 (Johnson et al. (1972). Luego Demetrio (1993) los observa en Calama en mayo y junio de 1993 y D. Evans en el valle del río Loa el 10 de febrero de 1998 (Mazar Barnett & Kirwan 1999). Esta especie es errante, la consideramos rara y la incluimos a la lista para la provincia de El Loa.

El benteveo (*Pitangus sulphuratus*) también es considerada una especie rara por Marín (2004). E. Lamothe capturó el primer ejemplar en julio de 1966 en Cholguán, Biobío (Philippi 1967). En el norte grande fue capturado en la quebrada de Suca, Iquique (Marín et al. (1989) y en Caspana por F. Behn el 10 de febrero de 1968 (Marín 2003). Esta especie no la incluyen en su lista Ramírez & Pincheira-Donoso (2005), pero la incluimos como especie visitante casual, errante y rara.

La garza azul (*Egretta caerulea*) es considerada por Marín (2004) como una especie rara en Chile. Es residente en las costas de Arica. Ha sido registrada desde 1971; y en 1991 lo fue en la costa de la ciudad de Antofagasta. En San Pedro de Atacama fue avistada en 1993 por Howell & Webb (1995). En este estudio fue avistada en el Oasis de Calama en los sectores Mirador y Yalquincha, lo que incrementa los registros para considerarla residente en el Oasis de Calama. Es considerada una especie rara.

El mero de la puna o mero de cola blanca (*Agriornis andicola*) fue documentado por Hellmayr (1932) en Putre, y luego por Philippi et al. (1944) en la misma localidad y Parinacota. Howell & Webb (1995) nuevamente la registran en Parinacota. En la provincia de El Loa fue capturado un ejemplar en junio de 1957 en Aguada de Linzor a 4.100 msm (Peña 1961). Es una especie rara.

Valle de Quillagua

La gallina ciega peruana o plasta peruana (*Chordeiles acutipennis*) fue inicialmente registrada por Philippi (1964) a partir de un espécimen capturado por F. Behn el 9 de septiembre de 1949 en Chacalluta, Arica. Araya & Millie (2000) agregan un registro en Quillagua. Sin embargo Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) citan a la subespecie *Caprimulgus longirostris atripunctatus* para la provincia de El Loa, en terrenos agrícolas al este de Calama y al oeste de Toconao. Pero esta subespecie se distribuye sólo en las zonas de altura de la región de Arica Parinacota según Jaramillo (2005). En este estudio la registramos en el Valle de Quillagua, por lo que creemos que la especie *Chordeiles acutipennis* está presente, al menos en Quillagua y posiblemente esté también en el Oasis de Calama. *Caprimulgus longirostris atripunctatus* estaría en la zona altiplánica de la provincia de El Loa.

Registramos al cazamosca tijereta (*Tyrannus savana*) en matorrales del Valle de Quillagua. Esta especie es considerada muy rara al oeste de la cordillera de los Andes por Ridgely & Tudor (1994). Ha sido registrada dos veces, por McFarlane en el Valle de Camarones, Arica en marzo de 1973 y Salaberry et al. (1992) en el valle del Lluta, Arica entre noviembre y febrero y Toconao en febrero de 1988. Esta especie es errante y la consideramos rara.

El playero enano (*Calidris minutilla*) es una especie accidental en Chile que migra del hemisferio norte a sudamérica. Capturado por R. Donoso en 1948 en caleta Vitor, Arica, ha sido reportado en el río Lluta, Arica; playa Changa y río Elqui (Coquimbo). D. Evans observó dos ejemplares en el tranque Sloman, Quillagua (Mazar Barnett & Kirwan 1999). La consideramos una especie accidental.

En la siguiente tabla se muestran los registros para diferentes localidades, para contextualizar y comparar lo documentado para las cinco áreas de estudio.

TABLA 4-13. DIVERSIDAD COMPARADA DE AVES EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

	Superficie	Altitud	Riqueza de Especies	Fuentes
Provincia de El Loa	42.473 km^2		113	Ramírez & Pincheira- D. 2005
Desierto de Atacama			5 4	Vuilleumier 1997 Rau et al. 1998
Cordillera provincia de El Loa			52	Behn et al. 1957
Valle de Quillagua	18,216 km^2	790-946	21	Este estudio
Ojo de Opache, Calama			19	Rau et al. 1998
Cascada, Calama		2.300	34	Rau et al. 1998
Oasis de Calama	45,758 km^2	2.210-2.400	32	Este estudio
Quebrada de Jerez, Toconao			29	Rau et al. 1998
Salar de Atacama			4	Rau et al. 1998
Soncor, Salar de Atacama			20	Rau et al. 1998
Camar			6	Rau et al. 1998
Socaire		3.900	22	Rau et al. 1998
Bofedal de Tumbre		3.843	42	Rau et al. 1998
Laguna Lejía	189,059 km^2	4.250-5.710	30	Este estudio
Geisers del Tatio	839,516 km^2	3.300-5.600	20 32	SGA/GDN 2007 Este estudio
Alrededores del Volcán Licancabur	939,342 km^2	2.780-5.850	26	Este estudio

En la Tabla 4-14 se muestran los registros propios y previos de la avifauna de las cinco áreas de estudio, contrastándolas con lo propuesto por Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) para la provincia de El Loa. A esta lista se han adicionado algunas especies registradas bibliográficamente (observaciones previas) o en este estudio.

TABLA 4-14. AVES DE LA PROVINCIA DE EL LOA (SENSU RAMÍREZ & PINCHEIRA-DONOSO (2005) Y DE CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (2007-2008). N= NUEVA ADICIÓN A LA LISTA PARA LA PROVINCIA DE EL LOA DE RAMÍREZ & PINCHEIRA-DONOSO (2005), A= ACCIDENTAL, E= ERRANTE, H= HIPOTÉTICA, R= RARA, P= PRESENCIA PROBABLE, OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO.

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
ORDEN RHEIFORMES						
Pterocnemia pennata suri, ñandú	X			X		X
ORDEN TINAMIFORMES						
Tinamotis pentlandii perdiz de la Puna, kiula	X				X	X
ORDEN PODICIPEDIFORMES						
Podiceps occipitalis blanquillo	X					
Rollandia rolland pimpollo	X					
ORDEN PELECANIFORMES						
Phalacrocorax brasilianus pato yeco	X					
ORDEN CICONIFORMES						
Bubulcus ibis garza boyera	X					
Ardea alba garza grande	X					
Egretta thula garza chica	X					
Egretta caerulea garza azul	X		X			
Nycticorax nycticorax huairavo	X		X			
Plegadis ridgwayi cuervo de pantano de la puna	X (A)					
Phoenicopterus chilensis flamenco chileno	X			X		X
Phoenicoparrus andinus parina grande	X			X		X
Phoenicoparrus jamesi parina chica	X			X		
ORDEN ANSERIFORMES						
Dendrocygna viduata pato silbón de cara blanca	N-E-R		Op			
Chloephaga melanoptera piuquén	X			X		X
Lophonetta specularioides pato juarjual	X			X		X
Anas cyanoptera pato colorado	X	X	X			
Anas puna pato puna	X				X	X
Anas flavirostris pato jergón chico	X	X	X		X	X
Anas georgica pato jergón grande	X	X	X		X	X
ORDEN FALCONIFORMES						
Circus cinereus vari ceniciento	X		Op			
Parabuteo unicinctus peuco	X					
Geranoaetus melanoleucus águila de pecho negro	X		Op			
Buteo polyosoma aguilucho variado	X	X	X		X	X
Vultur gryphus cóndor	X					X
Phalcoboenus megalopterus carancho cordillerano	X		X	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Falco sparverius cernícalo	X		X			
Falco femoralis halcón perdiguero	X	X	X		X	X
Falco peregrinus halcón peregrino	X		X			
ORDEN GALLIFORMES						
Callipepla californica codorniz	X					
ORDEN GRUIFORMES						
Pardillarus sanguinolentus pidén	X	Op	X			
Gallinula chloropus tagüita del norte	X					
Fulica ardesiaca tagua andina	X	X	X			
Fulica leucoptera tagua chica	X					
Fulica gigantea tagua gigante	X					X
Fulica cornuta tagua cornuda	X					
ORDEN CHARADRIFORMES						
Recurvirrostra andina caití	X					
Vanellus resplendens queltehue de la puna	X					
Pluvialis dominica chorlo dorado	X					
Charadrius alticola chorlo de la puna	X			X		
Oreopholus ruficollis chorlo de campo	X					
Phegornis mitchelli chorlito cordillerano	X					
Tringa melanoleuca pitotoy grande	X					
Tringa flavipes pitotoy chico	X					X
Calidris minutilla playero enano		Op				
Calidris bairdii playero de Baird	X			X		X
Calidris melanotos playero pectoral	X					
Gallinago andina becacina de puna	X					Op
Steganopus tricolor pollito de mar tricolor	X		X	X		
Attagis gayi perdicita cordillerana	X			X		
Thinocorus orbignyianus perdicita cojón	X					X
Thinocorus rumicivorus perdicita chica	X					
Larus serranus gaviota andina	X			X		X
Larus modestus gaviota garuma		X				
ORDEN COLUMBIFORMES						
Columba livia paloma doméstica	X		X			
Zenaida auriculata tórtola	X	X	X			
Zenaida meloda paloma de alas blancas	X		X			
Metriopelia aymara tortolita de la puna	X					Op
Metriopelia melanoptera tórtola cordillerana	X		Op	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
ORDEN PSITTACIFORMES						
Bolborhynchus aurifrons perico cordillerano	X			X		Op
ORDEN STRIGIFORMES						
Tyto alba lechuza blanca	X		X			
Bubo magellanicus tucúquere magallánico	X		X			
Athene cunicularia pequén	X		X			
ORDEN CAPRIMULGIFORMES						
Chordeiles acutipennis gallina ciega peruana	N-A	X	P			
Caprimulgus longirostris gallina ciega	X					
ORDEN APODIFORMES						
Chaetura pelagica vencejo de chimenea	X					
Oreotrochilus estella picaflor de la puna	X			X	X	
Patagona gigas picaflor gigante	X					
Rhodopis vesper picaflor del norte	X					
ORDEN PASSERIFORMES						
Geositta cunicularia minero	X			X		
Geositta isabellina minero grande	X					
Geositta maritima minero chico	X					
Geositta punensis minero de la puna	X			X		
Upucerthia dumetaria bandurrilla	X	X	X	X		
Upucerthia andaecola bandurrilla de las piedras	X					
Upucerthia ruficaudus bandurrilla de pico recto	X			X	X	Op
Cinclodes fuscus churrete acanelado	X		Op			
Cinclodes atacamensis churrete de alas blancas	X				X	X
Leptasthenura aegithaloides tijeral	X		X		X	X
Asthenes modesta canastero chico	X			X	X	X
Phleocryptes melanops trabajador	X	X	X			
Tachuris rubrigastra siete colores del norte	X	X	X			
Agriornis montana mero gaucho	X		X			
Agriornis andicola mero de la puna	X					X
Agriornis micropterus mero de Tarapacá	X					
Muscisaxicola maculirostris dormilona chica	X	X	X		X	
Muscisaxicola maclovianus dormilona tontita		X				
Muscisaxicola albilora dormilona de ceja blanca	X					
Muscisaxicola capistratus dormilona rufa	X					
Muscisaxicola frontalis dormilona frente negra	X			X		
Muscisaxicola rufivertex dormilona de nuca rojiza	X		X	X	X	X

Especie	Provincia de El Loa	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Muscisaxicola flavinucha dormilona fraile	X			X		X
Muscisaxicola cinerea dormilona cenicienta	X					
Lessonia oreas colegial del norte	X				X	X
Tyrannus tyrannus benteveo blanco y negro	N-E-R		Op			
Tyrannus savana cazamosca tijereta		X				
Pitangus sulphuratus benteveo	N-E-R					
Pygochelidon cyanoleuca golondrina de dorso negro	X	X	X		X	X
Riparia riparia golondrina barranquera	X		Op			
Hirundo rustica golondrina bermeja	X					
Petrochelidon pyrrhonota golondrina grande	X (H)		Op			
Troglodytes aedon chercán	X	X	X		X	
Turdus chiguanco zorzal negro	X				X	
Mimus triurus tenca de alas blancas	X					
Anthus correndera bailarín chico	X					
Conirostrum cinereum comesebo chico		X				
Conirostrum tamarugense comesebo del tamarugal		X				
Thraupis bonariensis naranjero	X					
Phrygilus atriceps cometocino del norte	X			X	X	X
Phrygilus fruticeti yal	X		X		X	
Phrygilus unicolor pájaro plomo	X			X	X	X
Phrygilus plebejus plebeyo	X			X	X	
Phrygilus dorsalis cometocino de dorso castaño	X					X
Phrygilus gay cometocino	N-OP		Op			
Xenospingus concolor pizarrita	X					
Sicalis uropygialis chirihue cordillerano	X			X		
Sicalis auriventris chirihue dorado	X			X	X	
Sicalis olivascens chirihue verdoso	X			X		
Zonotrichia capensis chincol	X	X	X		X	
Icterus galbula bolsero de Baltimore	N-A		Op			
Carduelis uropygialis jilguero cordillerano	X					
Carduelis atrata jilguero negro	X			X	X	X
Passer domesticus gorrión	X	X	X			
TOTAL ESPECIES	118	23	42	30	26	35

Diversidad de avifauna en el Valle de Quillagua

Se registraron 23 especies, que incluyen las 21 especies registradas en este estudio y dos registros previos. En la Tabla 4-15 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 16 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron: tranque Santa Fe y Cultivo con nueve y siete especies respectivamente. El valor más alto de diversidad (H') está en tranque Santa Fe. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una clara tendencia a la homogeneidad, esto es, las poblaciones censadas presentan abundancias similares, sin embargo, esto no es concluyente porque muchas especies censadas presentan muy baja abundancia de individuos. La excepción la constituye tranque Sloman ya que la población de *Fulica ardesiaca* (tagua andina) presenta un número de individuos (31) por sobre lo registrado en las otras poblaciones censadas. Las diferentes estaciones no presentan grandes disimilitudes entre sí, salvo cultivo (Fig 4-16).

TABLA 4-15. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VALLE DE QUILLAGUA, 2007.

Estaciones Parámetros	Cultivo	Matorral	Borde del río	Plantación	Tranque Santa Fe	Tranque Sloman	TOTAL
S	7	5	6	4	9	6	16
N	34	22	26	19	41	52	194
AB (%)	17,5	11,3	13,4	9,8	21,1	26,8	100,0
H'	2,6	2,2	2,5	1,9	3,1	1,9	3,5
H' max	2,8	2,3	2,6	2,0	3,2	2,6	4,0
J	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,9

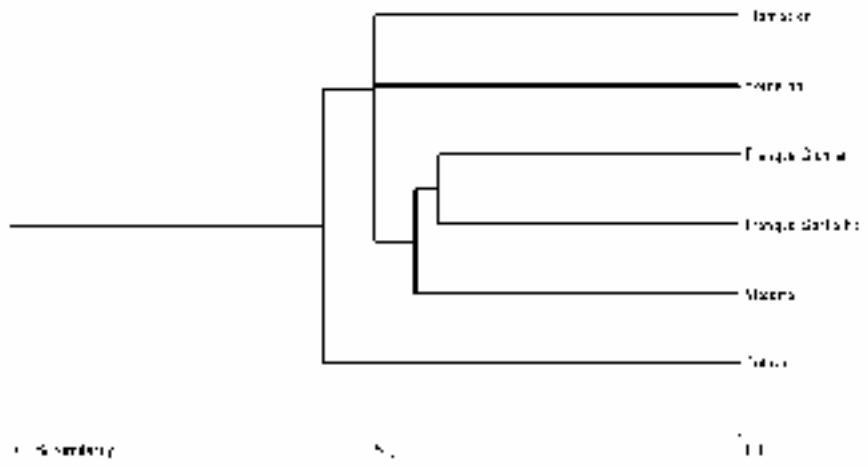


FIGURA 4-16. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL SITIO VALLE DE QUILLAGUA, 2007.

Diversidad de avifauna en el Oasis de Calama

Se registraron 42 especies, que consideran las 31 especies registradas en este estudio, 10 observaciones previas y una especie probable. En la Tabla 4-16 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 20 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones con mayor riqueza fueron Yalquincha, Mirador y pradera agrícola junto con Loa medio. El valor más alto de diversidad (H') está en Yalquincha. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad. En la Fig. 4-17 se aprecia que el ensamble de aves en pradera agrícola es diferentes de los demás, por el número de especies y por no contener aves acuáticas. Son similares Yalquincha, Mirador y Loa medio, que sí contienen aves acuáticas, pudiendo considerárseles integrantes de un mismo ensamble de aves.

TABLA 4-16. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN EL OASIS DE CALAMA. 2007.

Estaciones Parámetros	Pradera Agrícola	Loa Medio	Mirador	Quebrada Quetena	San Salvador	Yalquincha	Ojo de Opache	TOTAL AVES
S	7	7	8	6	6	10	6	20
N	20	19	25	22	19	33	26	164
AB (%)	12,2	11,6	15,2	13,4	11,6	20,1	15,9	100,0
H'	2,4	2,5	2,9	2,3	2,4	3,1	2,3	3,6
H' max	2,8	2,8	3,0	2,6	2,6	3,3	2,6	4,3
J	0,9	0,9	01,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8

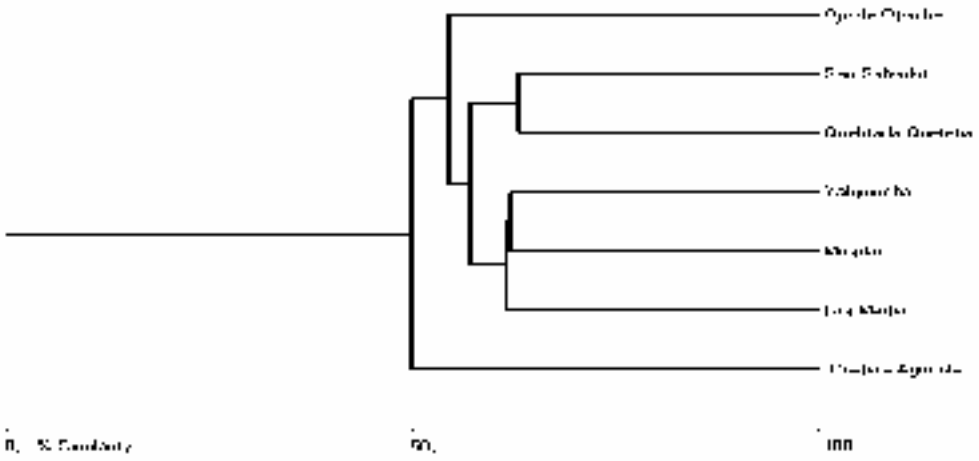


FIGURA 4-17. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SIETE AMBIENTES EN EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA. SEPTIEMBRE 2007.

Diversidad de avifauna en Laguna Lejía

Se registraron 30 especies para el sitio de Laguna Lejía. En la Tabla 4-17 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 23 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). La mayor riqueza específica se presentó en LEJ-6 (humedal de Laguna Lejía), con 17 especies censadas, mientras que la menor se presentó en LEJ-4 (pajonal rocoso en laderas), con tres especies. La mayor abundancia relativa se presentó en LEJ-6. El valor más alto de diversidad (H') se registra en esta misma estación, este valor indica que a pesar de constituir la estación con mayor diversidad de especies es poco probable que esta diversidad aumente. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una clara tendencia a la homogeneidad. En la Fig. 4-18 se aprecia que el ensamble de aves de LEJ-6 se separa de los demás al contener un mayor número de especies.

TABLA 4-17. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO LAGUNA LEJÍA. 2008.

ESTACIONES PARÁMETROS	Pajonal tolar en roqueríos (LEJ-1)	Pajonal tolar en planicie (LEJ-2)	Escoria volcánica (LEJ-3)	Pajonal rocoso (LEJ-4)	Escorial en laguna Seca (LEJ-5)	Humedal Laguna Lejía (LEJ-6)	TOTAL
S	9	6	4	6	6	17	23
N	17	9	8	15	17	155	221
AB (%)	7,7	4,1	3,6	6,8	7,7	70,1	100
H'	0,728	0,569	0,602	0,317	0,610	1,022	1,165
H' max	0,778	0,602	0,602	0,477	0,699	1,230	1,362
J	0,936	0,946	1,000	0,664	0,873	0,830	0,856

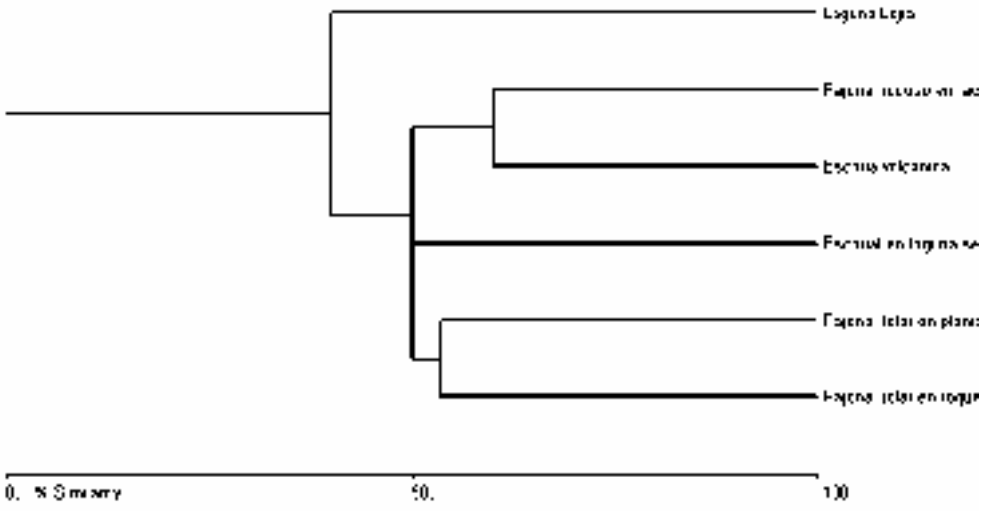


FIGURA 4-18. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL SITIO LAGUNA DE LEJÍA. ENERO 2008.

Diversidad de avifauna en Alrededores del Volcán Licancabur

Se registraron un total de 26 especies. En la Tabla 4-18 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 14 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas fueron LIC-5 (Borde estero) (8) y LIC-2 (pajonal) (5). El valor más alto de diversidad (H') se registra en la estación LIC-5 (borde estero). La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad, puesto que las poblaciones censadas en cada una de las estaciones de muestreo presentan abundancias similares, salvo la estación LIC-1 (cardonal -tolar) en la que existe una gran discrepancia entre las abundancias de las dos especies registradas, presentando por lo tanto un valor de equiparabilidad inferior.

TABLA 4-18. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

Estaciones Parámetros	Cardonal tolar (LIC-1)	Pajonal (LIC-2)	Pajonal Tolar (LIC-3)	Tolar (LIC-4)	Borde Estero (LIC-5)	Ojalar (LIC-6)	TOTAL AVES
S	2	5	4	2	8	2	14
N	55	15	14	33	48	10	175
AB (%)	14,3	35,7	28,6	14,3	57,1	14,3	100
H'	0,068	0,679	0,485	0,299	0,848	0,265	0,832
H' max	0,301	0,699	0,602	0,301	0,903	0,301	1,146
J	0,225	0,972	0,805	0,994	0,939	0,881	0,726

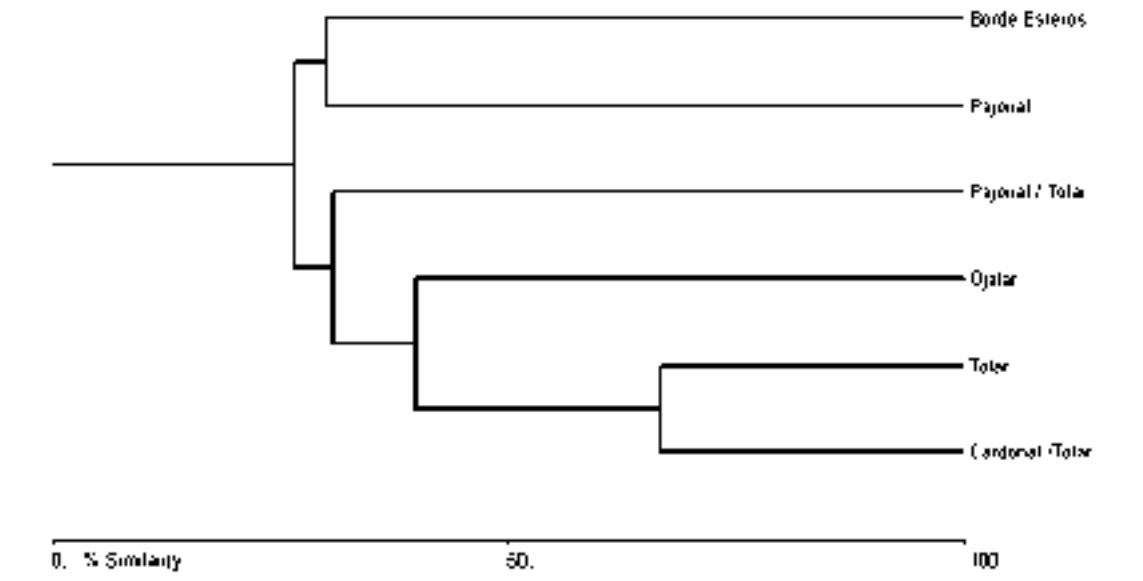


FIGURA 4-19. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE SEIS AMBIENTES EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

Diversidad de avifauna en Geisers del Tatio

Se registraron 35 especies, incluyendo las 31 registradas en este estudio más cuatro observaciones previas. En la Tabla 4-19 se presentan los índices de diversidad de las estaciones de muestreo considerando las 29 especies censadas: riqueza específica (S), abundancias totales (N), abundancias relativas (AB%) además de la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J). Las estaciones que presentaron las mayores riquezas específicas fueron TA-0 (vado Putana) con 15 especies, TA-1 (quebrada Putana) con nueve especies y TA-5 (bofedal) con ocho especies. El valor más alto de diversidad (H') se registra en esta misma estación. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad.

TABLA 4-19. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'max) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE LA AVIFAUNA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO EL TATIO, 2008.

Estaciones Parámetros	Vado río Putana (TA-0)	Quebrada Putana (TA-1)	Tolar (TA-2)	Pajonal (TA -3)	Quebrada Geisers (TA-4)	Bofedal (TA-5)	Bofedal Carabineros (TA-6)	Geisers Tatio (TA-7)	TOTAL
S	15	9	4	3	3	8	7	6	29
N	123	32	14	6	7	68	42	42	334
ABR (%)	36,8	9,6	4,2	1,8	2,1	20,4	12,6	12,6	100
H'	1,061	0,916	0,501	0,439	0,415	0,821	0,778	0,592	1,304
H' max	1,176	0,954	0,602	0,477	0,477	0,903	0,845	0,778	1,477
J	0,902	0,960	0,832	0,921	0,870	0,909	0,921	0,760	0,883

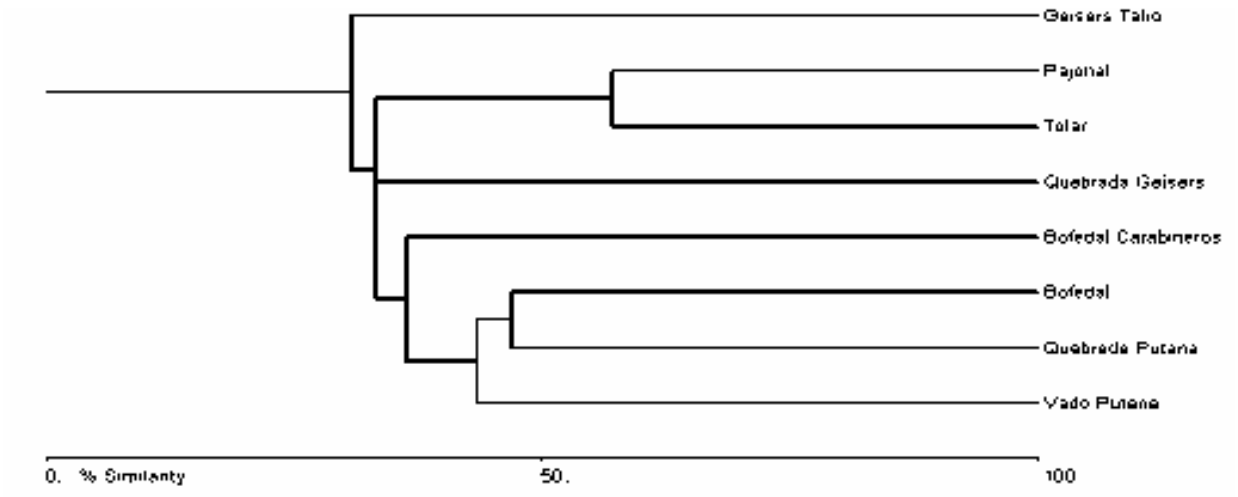


FIGURA 4-20. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA DE OCHO AMBIENTES EN EL SITIO EL TATIO, PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

Comparación entre las áreas de estudio

Comparamos la similitud/disimilitud entre la composición de especies de aves de los cinco lugares bajo estudio (Tabla 4-20, Fig. 4-21). Se pueden reconocer dos clusters, uno que agrupa al Valle de Quillagua y Oasis de Calama y otro a Laguna Lejía, Alrededores del Volcán Licancabur y los Geisers del Tatio. Sin embargo, todos los ambientes comparten una buena proporción de sus especies, salvo el ensamble de aves del Valle de Quillagua y Laguna Lejía, aunque ambos son humedales y debieran contener especies de aves acuáticas comunes. Los ensambles más similares (comparten más especies de aves) son el Valle de Quillagua y Oasis de Calama ya mencionados y Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio, sistemas contiguos y también similares en sus asociaciones vegetacionales.

TABLA 4-20. COMPARACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN ESPECÍFICA de avifauna EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Valle de Quillagua	*	54,2373	3,8462	29,1667	13,7931
Oasis Calama	*	*	11,9403	38,0952	21,9178
Laguna Lejía	*	*	*	39,2857	54,5455
Volcán Licancabur	*	*	*	*	58,0645
Geisers del Tatio	*	*	*	*	*

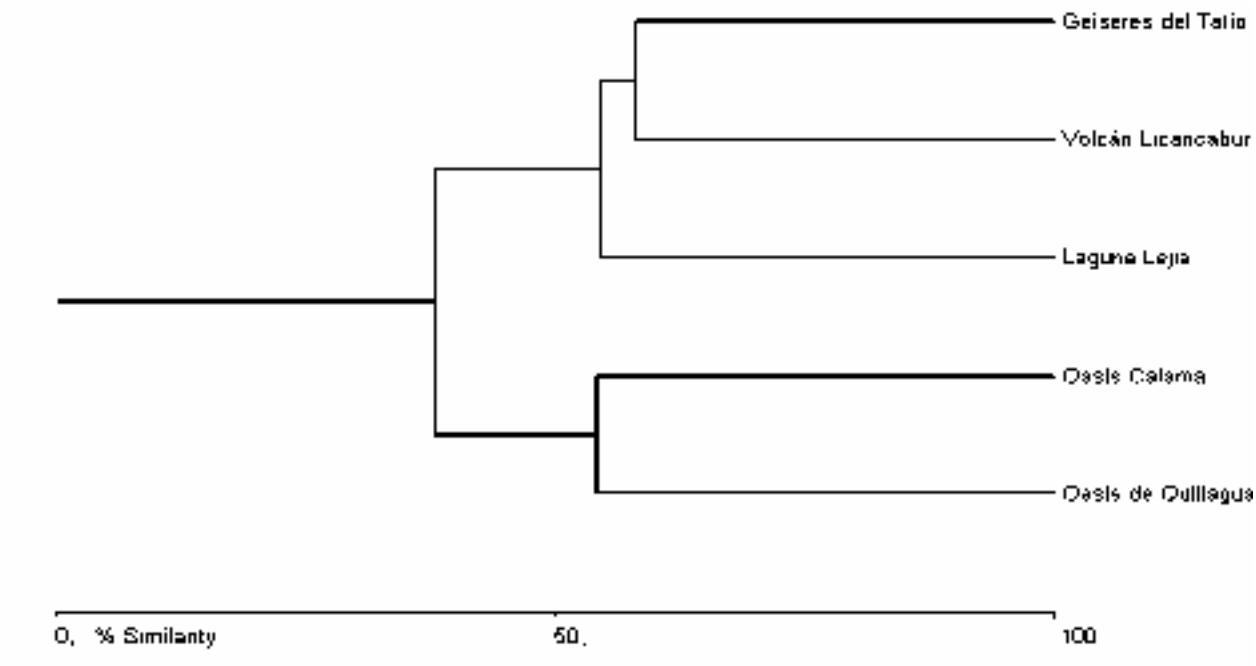


FIGURA 4-21. DENDROGRAMA DE SIMILITUDES DE COMPOSICIÓN AVIFAUNÍSTICA EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

Diversidad de avifauna en las áreas de estudio

Las comunidades vegetales y los ensambles faunísticos de las cinco áreas de estudio son disímiles, es decir no comparten muchas especies entre ellos. En otras palabras los ecosistemas son muy diferentes entre ellos, lo que aumenta la diversidad beta. Por ejemplo para el caso de las aves la diversidad beta es intermedia, lo que concuerda con lo documentado por Rau et al. (1998) en un transecto entre la desembocadura del río Loa y Socaire. Esto contrasta con lo registrado para la zona central, que tiene baja diversidad beta (Cody 1985). Este es, quizá, el mayor valor de la diversidad de las áreas de estudio, si bien la diversidad alfa no es tan relevante, en general, la diversidad ecológica la hace muy atractiva en su conjunto, aún sin considerar su alto nivel de endemismo (e.g., anfibios y reptiles), como se verá más adelante.

3.4. Diversidad de mamíferos

Mamíferos de Chile

De las 106 especies de mamíferos terrestres (incluyendo los voladores) descritas para Chile (Muñoz-Pedreros & Yáñez 2008) Ramírez & Pincheira-Donoso (2005) documenta 35 especies para la provincia de El Loa (voladores y no voladores, nativos e introducidos) y 24 son consideradas potencialmente presentes en la comuna de San Pedro de Atacama sensu Simonetti & Veloso (2003).

Origen y distribución

Origen de los mamíferos chilenos

Los mamíferos chilenos son una fauna única y variada en sus características, por las diferencias biológicas entre organismos que fueron llegando en momentos distintos del pasado, como por la evolución que tuvieron desde su arribo (Spotorno et al. 2008). Frente a los drásticos cambios geológicos y climáticos (e.g., aparición de cordillera de los Andes) muchas especies se extinguieron, pero otras se adaptaron a los nuevos ambientes áridos. Así los mamíferos chilenos son una mezcla de distintos orígenes y épocas. Pese a la escasez de registro fósil (véase Canto et al. 2008), puede extrapolarse con los abundantes registros en Argentina, más aún si antaño pertenecían a un solo sistema territorial (Patterson & Pascual 1972, Reig 1981).

Para analizar el origen de la fauna de mamíferos se usa el concepto de horofauna (conjunto de especies que coexisten y se diversifican en un área determinada durante un lapso prolongado del tiempo geológico, y que, por esta razón, representan una unidad biogeográfica perdurable). En Sudamérica se distinguen cuatro horofaunas sucesivas de mamíferos: la protohorofauna gondwánica, la paleohorofauna sudamericana, la cenohorofauna y la neohorofauna (Fig. 4-22), más la horofauna reciente, que es la que existe actualmente (Reig 1981, Spotorno et al. 2008).

Por razones de espacio abordaremos el origen de los mamíferos chilenos desde la cenohorofauna, caracterizada por el levantamiento del territorio y formación de la cordillera de Los Andes.

El cambio climático y geomorfológico fue dramático, con la formación del empinado altiplano se consolidó su separación y aislamiento del sistema patagónico. Incluso en la actualidad la vegetación de ambos territorios contienen elementos desérticos comunes (Spotorno & Veloso 1990). La fauna local de marsupiales, xenartros (quirquinchos) y notungulados sobrevivientes se vio incrementada con linajes africanos y norteamericanos como roedores caviomorfos, primates platirrinos, algunos quirópteros (murciélagos) y sirenios de África, y posteriormente roedores cricétidos y más quirópteros originarios de Norteamérica.

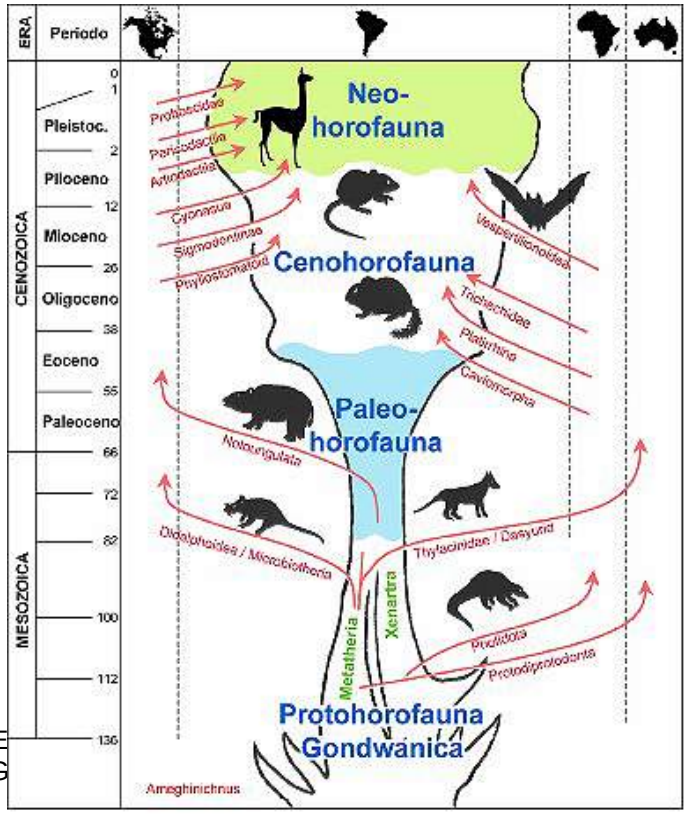


FIGURA 4-22 HOROFAUNAS SUCESIVAS DE SPOTORNO ET AL. 2008, MODIFICADO DE REIG

De esta forma los roedores caviomorfos fueron uno de los grupos más característicos y diversos de Suramérica. Los caviomorfos son inicialmente herbívoros pequeños a grandes, de ambientes preferentemente húmedos, (como los ancestros del coipo). Los cambios climáticos los extinguieron en los nuevos y secos territorios asociados a los Andes y evolucionaron, en el sur de Sudamérica, los chinchíllidos (chinchillas y vizcachas).

La llegada de los roedores cricétidos sigmodontinos, aparentemente de Norteamérica, aumenta notoriamente el número de especies hasta la actualidad. Son especies pequeñas y omnívoras, aunque algunos han evolucionado a formas herbívoras. Los sigmodontinos sudamericanos se agrupan en: (a) pequeños omnívoros-insectívoros de ambientes más bien húmedos como los oryzominos y los akodontinos y (b) herbívoros de ambientes más secos como los filotinos (Spotorno 1986). Por el gran número de géneros y especies que viven hoy en el Altiplano, es muy probable que éste sea el centro de origen de los filotinos (Reig 1987, Spotorno et al 2008). Otros grupos de roedores tomaron caminos curiosos, como los ancestros de *Loxodontomys* y *Auliscomys* que migraron desde el altiplano hasta la Patagonia y desde allí ingresaron nuevamente a Chile, atravesando la cordillera de los Andes a la altura de Concepción o un poco más al sur (Reig 1986, Simonnetti & Spotorno 1980, Spotorno et al 2008).

Caviedes & Iriarte (1989) proponen que la expansión hacia el sur de los sigmodontinos (antes del Cuaternario), fue posible a través de la vertiente este de los Andes, porque la aridez del

desierto de Atacama habría impedido la dispersión por el sector oeste y que la altura de la cordillera y su clima frío más al sur limitó el paso desde el este. De este modo el paso de un lado a otro sólo habría ocurrido en ciertos períodos del Pleistoceno y la progresiva desertización de esta área habría clausurado el paso, aislando esta fauna. Esto es rebatido, por ejemplo por Marquet (1989), que asegura que el desierto no representó una barrera insalvable a la dispersión y que la baja diversidad actual del desierto de Atacama se explicaría por episodios sucesivos de colonización y extinción. Por otro lado Meserve & Kelt (1990) indican que la colonización tuvo muchas vías de entrada y que los ensambles de la zona central no están empobrecidos. La ausencia de especies independientes del agua y la distribución costera de algunas especies peruanas sugiere a estos autores que la baja riqueza del norte se debe a procesos de extinción local e inmigración, más que a aridez y aislamiento por sí solos.

Respecto a la neohorofauna**,** aquí se produjo otro evento crucial: la conexión terrestre de Norteamérica con Sudamérica en el istmo de Panamá, con la consiguiente migración masiva en ambos sentidos, llegando la diversidad suramericana a su máximo conocido. De esta forma, en los últimos dos millones de años llegan, primero los carnívoros (e.g., cánidos, mustélidos, félidos), luego los artiodáctilos (e.g., camélidos y cérvidos) y finalmente los perisodáctilos y proboscídeos, que evolucionan formando nuevas especies que se integran a la cenohorofauna. En el altiplano es relevante conocer el origen de algunos grupos de mamíferos. Por ejemplo los camélidos (e.g., las actuales vicuñas y llamas) se originaron en los llanos del oeste norteamericano, durante el Eoceno (40 a 45 millones de años) evolucionando en el Plioceno en los grupos *Camelini* y *Lamini*. Un representante de este último grupo migró a Sudamérica a través de la cordillera de los Andes adaptándose a estos ambientes áridos y semiáridos. Siete millones de años más tarde se diferenciaron los géneros: *Lama* y *Vicugna* (Wing 1986, Spotorno et al. 2008), evolución apremiada, no solamente por la elevación del territorio, sino que también por las glaciaciones, que en el eje norte sur de la cordillera de los Andes, al bajar los hielos en ciertos tramos, aisló las poblaciones de mamíferos. Spotorno et al. (1998a) así explican que el pariente más próximo del roedor *Phyllotis darwini* de la costa de Chile central sea *Phyllotis magíster* que hoy vive en la precordillera de Arica Parinacota y en la costa y precordillera de la Región de Antofagasta, teniendo ambos un ancestro común cercano (Walker et al. 1999).

La evidencia geológica indica que el área de Atacama presentó períodos bastante más húmedos que en el presente durante el Pleistoceno, con presencia de grandes mamíferos tales como mastodontes y ciervos. De este modo la reducida fauna actual del desierto de Atacama probablemente represente remanentes de faunas previamente más extensas y no colonizaciones recientes. Por esta misma razón parece poco probable que la fauna de mamíferos de Chile sea relativamente pobre debido a que permaneció aislada del resto del continente por la existencia de desierto de Atacama (Contreras & Torres-Mura 2008).

Respecto a la fauna reciente la penúltima y última llegada importante de grupos de mamíferos a Sudamérica y a Chile, fue a través del estrecho de Behring (unos 40.000 AP) nucleados alrededor de humanos cazadores que avanzaron de norte a sur y que en el actual Chile depredaban sobre mastodontes, caballos, camélidos y ciervos. El único centro importante de domesticación de mamíferos en América fue el de los Andes del centro y sur, domesticándose la llama (*Lama glama*), la alpaca (*Lama pacos*) y el cuy (*Cavia porcellus*). Se concuerda que la llama fue domesticada a partir del guanaco (*Lama guanicoe*); y la alpaca probablemente se hizo a partir de la vicuña (*Vicugna vicugna*). Para el cuy la domesticación fue a partir de *Cavia tschudii* (Spotorno & Veloso 1990, Redford & Eisenberg 1992, Bruford et al. 2003, Spotorno et

al. 2004, Spotorno et al. 2008). La segunda oleada de humanos y su fauna acompañante fueron a partir de la conquista española hace medio milenio y que aún continúa. En ésta se introdujeron, conciente e inconscientemente especies domésticas (e.g., bovinos, equinos, caprinos) y comensales (e.g., roedores como *Mus musculus, Rattus rattus, Rattus norvegicus*).

Así, la actual fauna de mamíferos de Chile está compuesta en un 7% por descendientes de los grupos más antiguos (Marsupialia y Xenarthra), en un 30% por roedores (Hystricognata) y en un 63% por mamíferos de origen norteamericano más reciente (Contreras & Torres-Mura 2008).

Distribución de los mamíferos chilenos

La biogeografía estudia la distribución de las especies y se alimenta, complementariamente de explicaciones históricas (orígenes, dispersión y extinción de biotas) y ecológicas (interacciones entre los organismos y sus ambientes físicos y bióticos), originando la filogeografía (que reúne a la genética de poblaciones y la sistemática) y que se aplica a especies relacionadas a taxones infraespecíficos, y consiste en el análisis espacial de los linajes génicos (Avise 2000).

El número total de especies de mamíferos terrestres existentes en Chile (102) es bajo si se compara con lo esperado para el área del Neotrópico (281 especies), pero toda el área del cono sur de Sudamérica tiene un bajo número de especies por km^2 (Contreras & Torres-Mura 2008). Existen zonas con bajo número de especies como el desierto de Atacama, la cordillera de la región de Valparaíso, los bosques lluviosos templados de la costa del extremo sur y el archipiélago fueguino (Fig. 4-23).

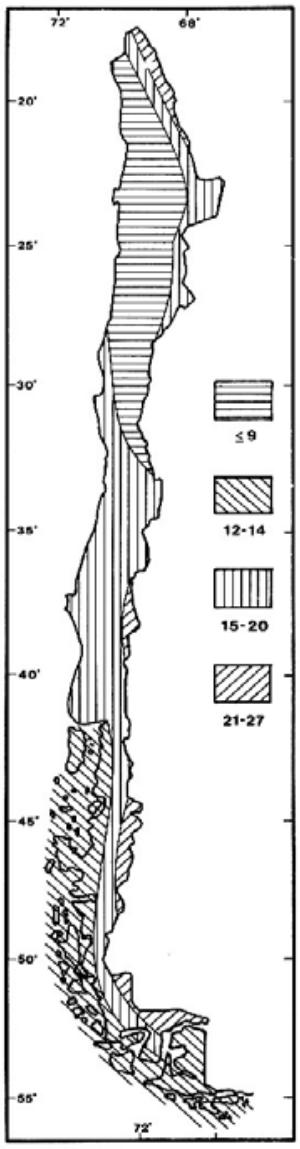


FIGURA 4-23. PATRÓN DE RIQUEZA DE ESPECIES DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO VOLADORES EN CHILE. TOMADO DE CONTRERAS & TORRES-MURA (2008).

La baja diversidad de mamíferos del desierto de Atacama se prolonga hacia el sur más en el interior que a lo largo de la costa, ya que ésta tiene menor aridez por la mayor distribución de vegetación producto de mayor disponibilidad de humedad. Las zonas con mayor diversidad son el altiplano en el extremo noreste y las zonas con influencia patagónica en el centro-sur de Chile (e.g., Alto Biobío, Coihaique y Torres del Paine). La fauna altiplánica es compartida con Perú, Bolivia y Argentina y disminuye junto con el gradiente de precipitaciones, hacia el oeste y el sur, dominado por el desierto.

Contreras & Torres-Mura (2008) concluyen, también, que la diversidad de especies de mamíferos terrestres no voladores aumenta de oeste a este en el norte y en el sur y, viceversa en Chile central mediterráneo árido. Esta fauna no se encuentra homogéneamente distribuida en estas áreas y raramente se registrarán todas las especies en una misma localidad. En el desierto de Atacama esto es notorio, ya que las especies pequeñas (e.g., marsupiales, roedores), están circunscritas a localidades con condiciones especiales (e.g., oasis y quebradas), presentándose extensas superficies de territorio sin especies de mamíferos.

Contreras & Torres-Mura (2008) consideraron la fisiografía de Chile y los registros disponibles de presencia de mamíferos, caracterizando 26 áreas geográficas y realizaron un análisis de agrupamiento entre áreas. Sus resultados les permitieron distinguir seis grupos de áreas (Fig. 4-24). El primer nodo separa la fauna del altiplano de la región de Arica Parinacota incluso de la fauna de zonas cercanas como los ambientes andinos inmediatamente al sur y al oeste. El segundo nodo separa las áreas del extremo sur (de ambientes abiertos y de estepa patagónica) de las áreas del norte, centro y sur del país. El resto de las áreas de Chile se aglutinan en dos grupos (Fig. 4-24). La separación del desierto de Atacama dentro de las áreas del norte se debe al bajo número de especies presentes y no a que en él no existan especies compartidas con las otras áreas. Para nuestras áreas de estudio el altiplano de la región de Antofagasta (número siete en la figura con 11 especies) presenta similitud con la zona de alturas (> 2.800 msm) de la región de Coquimbo (número nueve en la figura, con siete especies) y el altiplano de la región de Tarapacá (número cinco en la figura con 17 especies). Estos autores indican que sus resultados pueden variar ya que hay dos zonas de Chile con notables carencia de registros: los ambientes andinos localizados entre los 23°S (salar de Atacama) y 33°S (Santiago) y la zona de los canales entre los 44° y los 52°S.

Según Contreras & Torres-Mura (2008) el grupo de zonas de la Fig. 4-24 con menor endemismo corresponden a los Andes de Chile central (0/13 = 0,0) y el Alto Biobío (2/22= 0,09). Chile central mediterráneo y los bosques templados presentan valores intermedios (3/19 = 0,1 y 5/19 5 = 0,26 respectivamente). En total existen 12/102 = 0,11 especies endémicas de MTNV en Chile. Estas corresponden a 11 roedores (*Chelemys megalonyx*, *Pearsonomys annectens*, *Phyllotis darwini*, *P. osgoodi*, *Chinchilla lanigera*, *Octodon degus*, *O. lunatus, O. pacificus*, *Spalacopus cyanus*, *Ctenomys fulvus robustus*, y *Abrocoma bennetti*), y un cánido (*Lycalopex fulvipes*). El roedor subterráneo *Ctenomys fulvus*, del desierto de Atacama, se encuentra en un ambiente aislado.

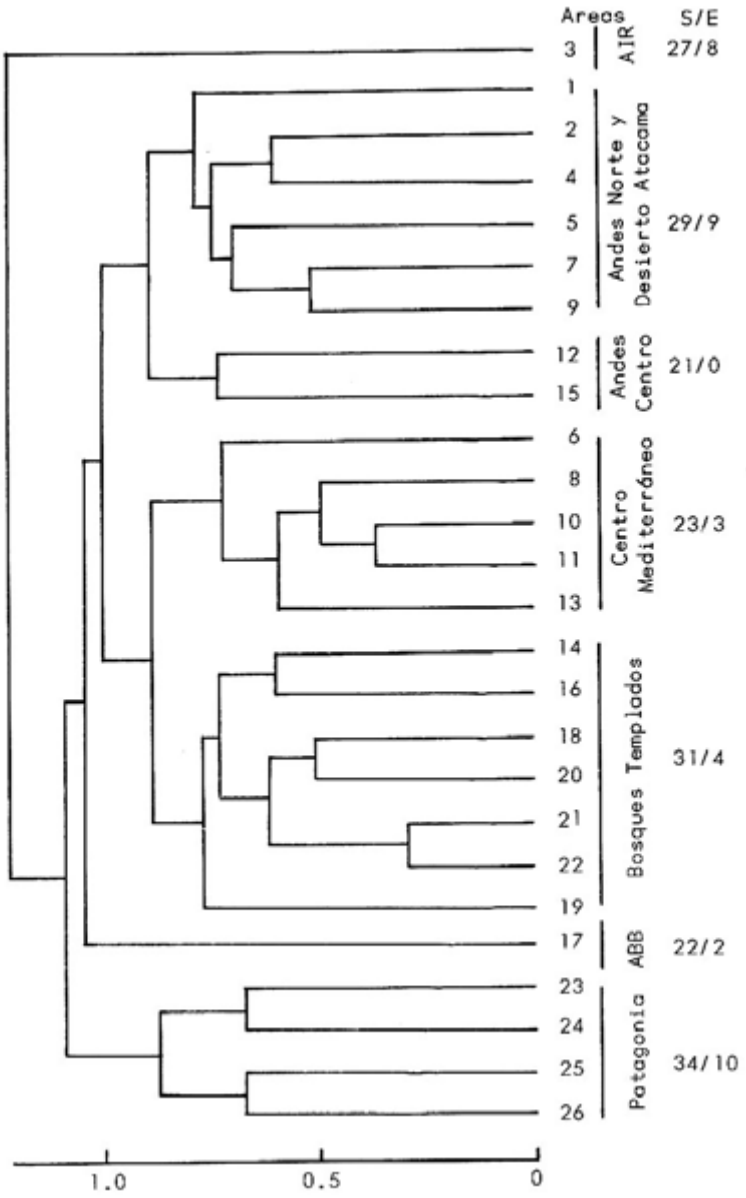


FIGURA 4-24. RELACIONES DE SIMILITUD DE FAUNA DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO VOLADORES (MTNV) ENTRE 26 LOCALIDADES DE CHILE. Calculadas utilizando el índice de distancia promedio y el algoritmo de las medias aritméticas no ponderadas de grupos pares (UPGMA). 1. Desierto de Atacama, 2. Precordillera región Arica Parinacota, 3. Altiplano región Arica Parinacota, 4. Precordillera de región de Tarapacá, 5. Altiplano de región de Tarapacá, 6. Paposo-Caldera, 7. Altiplano de región de Antofagasta, 8. < 2.800m región de Coquimbo, 9. > 2.800m región de Coquimbo, S= Riqueza de Especies, E= Número de especies endémicas. Tomado de Contreras & Torres-Mura (2008).

Mamíferos de la región de Antofagasta y provincia de El Loa

Spotorno et al. (1998), desarrollaron un estudio, en dos transectos desde la costa a la cordillera de los Andes; el primero desde el límite sur en la costa de la región de Antofagasta en Paposo, subiendo hacia el noroeste, y el segundo desde el límite norte de la desembocadura del río Loa, hacia el suroeste. Ambos transectos comprenden las cuatro zonas bioclimáticas descritas por di Castri (1968) para esa región del país, atravesando además el gradiente altitudinal.

Se puede decir que la fauna de micromamíferos de Antofagasta se encuentra formada por tres grupos de especies (sensu Spotorno et al.1998): (a) las de origen sureño, que alcanzan allí su máxima distribución norte: *Thylamys elegans, Phyllotis darwini, Abrothrix olivaceus*, y antes de su extinción local *Chinchilla lanigera*, (b) las de origen norteño, que alcanzan su máxima distribución al sur u oeste en Antofagasta: *Thylamys pallidior, Chinchilla brevicaudata, Abrocoma cinerea, Ctenomys opimus, Hippocamelus antisensis, Phyllotis magister, Akodon albiventer, y Auliscomys sublimis* (Reise & Venegas 1987) y (c) las endémicas, que sólo viven en esa región: *Abrothrix* del Salar de Atacama, y tal vez *Eligmodontia puerulus.* Por otro lado las especies de los ensambles de micromamíferos de ecosistemas desérticos se caracterizan por presentar un patrón más de tipo individualista que en base a una estructura comunitaria. De este modo se presentan bajas diversidades alfa y altas diversidades betas, lo que hace suponer la relevancia de la estructura del hábitat, por ejemplo, en una dinámica metapoblacional fuente-sumidero y procesos acoplados de competencia y depredación (Marquet 1994, Rau et al. 1998).

En la Tabla 4-21 se presentan los registros de mamíferos para la provincia de El Loa y el Valle de Quillagua, provincia de Tocopilla.

TABLA 4-21. MAMÍFEROS REGISTRADOS EN LA PROVINCIA DE EL LOA Y VALLE DE QUILLAGUA, PROVINCIA DE TOCOPILLA. *= REGISTRADO COMO *P. DARWINI RUPESTRIS,* **= REGISTRADO COMO *P. XANTOPHYGUS RUPESTRIS.*

ESPECIE	LOCALIDAD DE REGISTRO	FUENTE	MÉTODO DE REGISTRO
Thylamys pallidior yaca	Quebrada de Soncor Tumbre	Spotorno et al. 1998 Spotorno et al. 1998	trampas trampas
Myotis atacamensis murciélago de atacama	Tranque Santa Fé, Quillagua (1) San Pedro de Atacam	Este estudio Lataste 1896	avistamiento avistamiento
Chaetophractus nationi quirquincho peludo de la puna	Paso Jama	Este estudio	madriguera
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco	Toconce Camino volcán Licancabur El Tatio, pajonales	Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas
Abrothrix andinus ratón andino	San Pedro de Atacama Toconao, alrededores Quebrada de Jerez, Toconao Talabre Viejo Laguna Lejía Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio	Osgood 1943 Spotorno et al. 1998 Rau et al. 1998 Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio SGA/GDN 2007	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas

	El Tatio Quebrada Putana	Este estudio Este estudio	trampas trampas
Abrothrix olivaceus ratón oliváceo	Tranque Santa Fé, Quillagua [(1)] Orilla río Loa, Quillagua[(1)] Ojo Opache, Calama Mirador, Calama	Este estudio Este estudio Rau et al. 1998 Este estudio	trampas trampas trampas trampas
Calomys lepidus lauchita peruana	San Pedro de Atacama Ojos de San Pedro	Pine et al. 1979 Koford 1955	trampas
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso	San Pedro deAtacama, Pozo 3 Talabre Viejo Camino azufrera, Licancabur Toconce Salar de Atacama 10 km int. Tumbre	Reise & Venegas 1987 Rau et al. 1998 Este estudio Marquet et al. 1998 Spotorno et al. 2001 Spotorno et al. 2001	trampas trampas trampas trampas trampas
Phyllotis rupestris lauchón orejudo	Geisers del Tatio Río Puritana, volcán Licancabur San Pedro de Atacama, Pozo 3 San Pedro de Atacama Beter (2.380 msm) Licancabur, paso Jama (km 20) Camino paso Jama Quebrada de Jerez, Toconao Toconao, alrededores Talabre Viejo Río Grande norte San Pedro Camino volcán Licancabur Pajonal camino azufrera Sasie El Guatín, Licancabur	Reise & Venegas 1987* Reise & Venegas 1987* Reise & Venegas 1987* Spotorno et al. 2001 Marquet et al. 1998** Reise & Venegas 1987 Spotorno et al 1998 Rau et al. 1998 Spotorno et al 1998 Rau et al. 1998 Reise & Venegas 1987* Este estudio Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Phyllotis magister lauchón orejudo grande	Ojo Opache, Calama Oasis de Calama Camino Mirador, Calama Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio Camino al Tatio Quebrada de Putana, El Tatio Geiseres del Tatio El Tatio	Rau et al. 1998 Elgueta 2006 Este estudio Este estudio Osgood 1943** Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas trampas
Auliscomys sublimis ratón de la puna	El Tatio Toconce	Reise & Venegas 1987 Koford	trampas trampas
Lagidium viscacia vizcacha	Camino al Paso Huaytiquina Talabre Viejo El Tatio Camino azufrera Sasie Cuesta del Diablo Paso Jama, Licancabur Camino Laguna Mistaqui	Spotorno et al. 1998 Cortes et al. 2002 SGA/GDN 2007 Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento
Chinchilla brevicaudata chinchilla cordillerana	Camino al paso Huaytiquina	Spotorno et al 1998	avistamiento
Abrocoma cinerea ratón chinchilla de cola corta	San Pedro de Atacama Licancabur, paso Jama (km 20) Camino al paso Huaytiquina	Pine et al 1979 Reise & Venegas 1987 Spotorno et al 1998	trampas trampas trampas

	Talabre Viejo	Rau et al. 1998	trampas
	Talabre Viejo	Cortes et al 2002	trampas
	Tumbre	Spotorno et al 1998	trampas
	El Tatio	SGA/GDN 2007	
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama	San Pedro de Atacama	Osgood 1943	
	Socaire (Aguas calientes)	Feito & Gallardo 1982	
	Salar de Atacama	Hickman 1985	
	Salar de Atacama	Reise &Venegas 1987	trampas
	Salar de Atacama	Cortés et al 2000	
	Salar de Atacama	Spotorno et al. 1998	cuevas
	Salar de Atacama	Rau et al. 1998	cepos
	Laguna Lejía	Contreras, Yáñez y Núñez rec.	cepos
	Laguna Seca (L. Lejía)	Este estudio	avistamiento
	Laguna Lejía	Este estudio	avistamiento
	Salar de Aguas Calientes	Este estudio	avistamiento
	Camino azufrera Sasie	Este estudio	cuevas
Ctenomys opimus tuco tuco de la puna	Camino al paso Huaytiquina	Spotorno et al 1998	cuevas
	Talabre Viejo	Rau et al. 1998	cepos
Rattus norvegicus guarén	Ojo de Opache, Calama	Este estudio	trampas
	Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio	trampas
Rattus rattus rata de campo	Ojo de Opache, Calama	Este estudio	trampas
	Ojo Opache, Calama	Rau et al. 1998	trampas
	Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio	trampas
	Yalquincha, Calama	Este estudio	trampas
	San Salvador, Calama	Este estudio	trampas
	Loa medio, Calama	Este estudio	trampas
Mus musculus laucha doméstica	Tranque Santa Fe, Quillagua[(1)]	Este estudio	trampas
	Valle de Quillagua[(1)]	Este estudio	trampas
	Ojo Opache, Calama	Rau et al. 1998	trampas
	Ojo Opache, Calama	Este estudio	trampas
	Quebrada de Quetena, Calama	Este estudio	trampas
	Yalquincha, Calama	Este estudio	trampas
	San Salvador, Calama	Este estudio	trampas
	Loa medio, Calama	Este estudio	trampas
	Mirador, Calama	Este estudio	trampas
	Praderas y cultivos, Calama	Este estudio	trampas
Oryctolagus cuniculus conejo	Oasis de Calama	Elgueta 2006	en feca de zorro
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	Oasis de Calama	Elgueta 2006	fecas, informante
	Camino Stgo. de río Grande	Ramírez & Donoso-P. 2005	avistamiento
	Camino al Tatio	Este estudio	trampas cámara
	El Tatio	SGA/GDN 2007	avistamiento
	Camino al Tatio	Este estudio	avistamiento
	Geiseres del Tatio	Este estudio	avistamiento
	El Guatín	Este estudio	informante local
	Camino paso Jama	Ramírez & Donoso-P. 2005	feca
	Camino volcán Licancabur	Este estudio	avistamiento
	Toconao	Spotorno et al 1998	avistamiento
	Camino Toconao	Ramírez & Donoso-P. 2005	avistamiento
	Laguna Lejía	Este estudio	feca
	Salar de Atacama	Ramírez & Donoso-P. 2005	avistamiento
	Interior de Socaire	Ramírez & Donoso-P. 2005	

Lycalopex griseus zorro chilla	Toconao Ojo de Opache	Spotorno et al 1998 Spotorno et al 1998	avistamiento avistamiento
Galictis cuja quique	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	fecas
Puma concolor puma	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	fecas
Leopardus colocolo colo colo	Toconao, alrededores El Tatio El Guatín, Licancabur	Spotorno et al 1998 SGA/GDN 2007 Este estudio	 informante local
Lama glama llama	Talabre Viejo Camino a Talabre Viejo Tumbre Tumbre Laguna Lejía El Tatio, bofedales	Este estudio Este estudio Spotorno et al. 1998 Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento
Lama guanicoe guanaco	"Desierto Interior" Entre San Pedro y el Guatín	Spotorno et al. 1998 Este estudio	avistamiento avistamiento
Vicugna vicugna vicuña	Salar de Carcote Salar de Ascotán Salar de Pujsa Salar Aguas Caliente El Tatio Este del Licancabur Laguna Lejía Camino al paso Jama Camino al paso Jama Camino al paso Jama El Tatio El Tatio, bofedales Camino azufrera Sasiel Cuesta del Diablo Laguna Lejía Laguna Seca, Laguna Lejía El Tatio Talabre Viejo	Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Ramírez & Donoso-P. 2005 Spotorno et al 1998 SGA/GDN 2007 Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento avistamiento restos óseos avistamiento
Hippocamelus antisensis taruca	Talabre Viejo	Spotorno et al 1998	restos óseos
Equus asinus burro	Laguna Lejía (10 km oeste) El Tatio, bofedales	Este estudio Este estudio	avistamiento avistamiento

Especies de mamíferos consideradas raras para el área de estudio

Thylamys pallidior (llaca de la puna) ha sido registrada, principalmente, en el altiplano de Tarapacá (e.g., Socoroma, Chapiquiña, Zapahuira) (Muñoz-Pedreros & Palma 2008) y sólo en la quebrada de Soncor a 3.830 msm por Spotorno et al. (1998), no sería extraño que mayores esfuerzos de captura amplíen su distribución.

Calomys lepidus (lauchita peruana) fue registrada en Ojos de San Pedro por Koford (1955) y luego en San Pedro de Atacama por Pine et al. (1979). Desde esa fecha no contamos con registros conocidos para esta especie, aún cuando Spotorno et al. (1998) la presume presente en la puna de la provincia de El Loa incluyéndola en un diagrama que presenta.

La sistemática del grupo de los filotinos ha sido controversial. La tribu Phyllotini (unas 46 especies), adaptadas a ambientes secos, parece haber tenido al altiplano sur como área de diferenciación original (Spotorno et al. 2001). La subespecie *Phyllotis xanthopygus rupestris* fue incorporada a la especie *P. limatus* por Steppan (1998), aunque Kramer et al. (1999) la mantiene como subespecie de *P. xanthopygus*. Por otro lado registros previos de *P. darwini* en el Tatio, San Pedro de Atacama y Licancabur (e.g., Osgood 1943, Reise & Venegas 1987), según Steppan (1998) atribuidos luego a *P. xanthopygus rupestris*, serían en definitiva *P. limatus*. Sin embargo seguimos a Spotorno (com. per.) que no considera para el área de estudio a *P. limatus*, *P. xanthopygus* y *P. darwini* y considera como especie plena a *P. rupestris.*

Chinchilla brevicaudata (chinchilla cordillerana) fue avistada por Spotorno et al. 1998), hecho notable ya que Jiménez (1996) aseguró que las últimas observaciones de esta especie en estado silvestre fueron en 1953; pero no indican el lugar preciso (“más al sur del camino al paso de Huaytiquina”). Valdría la pena realizar excursiones específicas para documentar mejor este hallazgo.

Ctenomys opimus (tuco tuco de la puna) fue registrado por Spotorno et al. (1998) y Rau et al. (1998), aparentemente en las mismas expediciones, el primero lo registra en el camino al paso Huaytiquina (sin indicar localidad) a partir de sus cuevas y el segundo en capturas mediante cepos en Talabre Viejo (3.360 msm), por lo que podría estar en el área de estudio Laguna Lejía.

Lama guanicoe (guanaco) fue avistado por Spotorno et al. (1998) en “piños reducidos en el Desierto Interior”. En este estudio avistamos un juvenil en el camino entre San Pedro y el Guatín (registro fotográfico). Pero en toda la expedición no volvieron a ser registrados. Es posible que esté presente en sitios con menor acceso.

Hippocamelus antisensis (taruca) es registrado por Spotorno et al. (1998) a partir de los restos de una pata, sin indicar localidad, por lo que su presencia en la provincia de El Loa es aún hipotética.

Mamíferos registrados para las áreas de estudio

En base a los registros de este estudio y a observaciones previas presentamos la Tabla 4-22 con las especies de mamíferos presentes en las cinco áreas de estudio.

TABLA 4-22. MAMÍFEROS EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA (2007-2008). P= PRESENCIA PROBABLE, OP= OBSERVACIÓN PREVIA A ESTE ESTUDIO.

Especie	Valle de Quillagua	Oasis Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Myotis atacamensis murciélago de atacama	X				
Chaetophractus nationi quirquincho peludo de la puna				X	
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco				X	X
Abrothrix andinus ratón andino			X		X
Abrothrix olivaceus ratón oliváceo	X	X			
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso				X	
Phyllotis rupestris lauchón orejudo		X		X	Op
Phyllotis magister lauchón orejudo grande		X	X	P	X
Auliscomys sublimis ratón de la puna					Op
Lagidium viscacia vizcacha			P	X	X
Chinchilla brevicaudata chinchilla cordillerana			P		
Abrocoma cinerea ratón chinchilla de cola corta			P	Op	Op
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama			X	X	
Ctenomys opimus tuco tuco de la puna			P		
Rattus norvegicus guarén		X			
Rattus rattus Rata de campo	X	X			
Mus musculus laucha doméstica	X	X			
Oryctolagus cuniculus conejo		Op			
Lycalopex culpaeus zorro culpeo		Op	X	X	X
Lycalopex griseus zorro chilla		Op			
Leopardus colocolo colo colo				X	Op
Lama glama llama			X	X	X
Lama guanicoe guanaco				X	
Vicugna vicugna vicuña			X	X	X
Equus asinus burro			X	P	X
TOTAL	4	9	11	14	12

Diversidad de mamíferos en el Valle de Quillagua

Se registraron cuatro mamíferos para el área. En la Tabla 4-23 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. Se excluye en el análisis el registro de *M. atacamensis*, porque el registro fue obtenido fuera de censo. Las estaciones de muestreo no presentan diferencias significativas en cuanto a riqueza específica (S) esto porque el número de especies registrado es mínimo, y la mayoría registra sólo dos especies, excepto la estación Matorral en donde sólo se detectó una especie, el roedor introducido *M. musculus* (laucha). Los valores de diversidad (H') no presentan diferencias entre las estaciones muestreadas producto de la baja riqueza específica y el bajo número de ejemplares capturados. La equiparabilidad (J), en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad.

TABLA 4-23. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL VALLE DE QUILLAGUA, 2007. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

Estaciones Parámetros	Cultivo	Matorral	Borde Río	Plantación	Pradera	Tranque Santa Fé	TOTAL
MICROMAMÍFEROS							
S	2	1	2	2	2	2	3
N	3	12	12	2	2	19	50
ABR (%)	6,0	24,0	24,0	4,0	4,0	38,0	100,0
H'	0,9	0,0	0,7	1,0	1,0	1,0	1,2
H' max	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6
J	0,9	1,0	0,7	1,0	1,0	1,0	0,7
TOTAL MAMÍFEROS							
Abrothrix olivaceus laucha olivácea	C		C			C	
Rattus rattus rata de campo				C	C		
Mus musculus laucha doméstica	C	C	C	C	C	C	
Myotis atacamensis murciélago oreja de ratón del norte						A	

Diversidad de mamíferos en el Oasis de Calama

Se registraron nueve especies de mamíferos, que consideran las seis registradas en este estudio y tres registros previos (Tabla 4-22). En la Tabla 4-24 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las cinco especies censadas en las estaciones muestreo. No se incluyen los registros previos ya que no pueden asignarse a una estación particular sino al área en su conjunto. Se excluye el registro de *P. rupestris* (lanchón orejudo) de la estación Mirador por captura fuera de censo. Las estaciones de muestreo que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron Ojo de Opache, Loa Medio y Quebrada Quetena. El valor más alto de diversidad (H') se registra en la estación Ojo de Opache. La equiparabilidad (J) presentó valores que indican un tendencia a la heterogeneidad, es decir, las poblaciones encontradas tienden a presentan abundancias muy disímiles entre sí, esto es especialmente válido en todas las estaciones muestreadas en donde las mayores abundancias fueron para *M. musculus* (en todos los sectores). Esto se explicaría por la modificación antrópica del área.

TABLA 4-24. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN SIETE ESTACIONES DEL OASIS DE CALAMA. 2007. *= AVISTAMIENTOS REALIZADOS EN ESTE ESTUDIO FUERA DE CENSOS.

Estaciones Parámetros	Pradera Agrícola	Loa Medio	Mirador	Quebrada Quetena	San Salvador	Yalquincha	Ojo de Opache	TOTAL
MICROMAMÍFEROS								
S	1	3	2	3	2	2	4	5
N	6	27	15	85	45	12	83	273
ABR (%)	2,2	9,9	5,5	31,1	16,5	4,4	30,4	100,0
H'	0,0	0,9	0,6	0,2	0,3	0,4	1,2	0,8
H' max	0,0	1,0	1,0	1,6	1,0	1,0	2,0	2,3
J	0,0	0,5	0,6	0,1	0,3	0,4	0,6	0,3
TOTAL MAMÍFEROS								
Abrothrix olivaceus laucha olivácea		C	C					
Phyllotis rupestris lanchón orejudo			A					
Phyllotis magIster lauchón orejudo grande							C	
Rattus norvegicus guarén				C			C	
Rattus rattus rata de campo		C		C	C	C	C	
Mus musculus laucha doméstica	C	C	C	C	C	C	C	

Diversidad de mamíferos en Laguna Lejía

Se registraron once especies que incluyen las siete especies registradas en este estudio de los Órdenes Rodentia (tres especies), Carnivora (una especie), Artiodactyla (dos especies) y Perissodactyla (una especie) más cuatro especies de presencia probable (Tabla 4-22). En la Tabla 4-25 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las dos especies censadas. No se incluyen las especies probables ya que no pueden asignarse a una estación particular sino al área en su conjunto. La estación de muestreo que presentó la mayor riqueza específica (S) fue el pajonal de la estepa altiplánica con tola en roqueríos y el humedal Laguna Lejía.

TABLA 4-25. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MICROMAMÍFEROS Y MAMÍFEROS TOTALES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO LAGUNA LEJÍA, 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIÓN PARAMETROS	Pajonal tolar en roqueríos (LEJ-1)	Pajonal tolar en planicie (LEJ-2)	Escoria volcánica (LEJ-3)	Pajonal rocoso (LEJ-4)	Escorial en laguna Seca (LEJ-5)	Laguna Lejía (LEJ-6)	Total
MICROMAMÍFEROS							
S	1	0	0	0	2	0	2
N	4	0	0	0	3		7
ABR (%)	57,1	0	0	0	42,9		100
H'	-----	-----	-----	-----	0,276		0,260
H' max	-----	-----	-----	-----	0,301		0,301
J	-----	-----	-----	-----	0,918		0,863
TOTAL DE MAMíFEROS							
Abrothrix andinus ratón andino	C				C		
Phyllotis magister lauchón orejudo grande					C		
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama						A	
Lycalopex culpaeus zorro culpeo						A	
Vicugna vicugna vicuña				A	A	A	
Lama glama llama	A						
Equus asinus burro	A						

Diversidad de mamíferos en Alrededores del Volcán Licancabur

Se registraron 14 especies, 11 especies registradas en este estudio de los órdenes Rodentia, Xenarthra, Carnivora y Artiodactyla, un registro previo y dos especies de presencia probable (Tabla 4-22). En la Tabla 4-26 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. No se incluyen el registro previo ni las especies probables ya que no pueden asignarse a una estación particular. Dado que en varias estaciones se registró sólo una especie, en ellas los índices de diversidad no son aplicables. Las estaciones no presentan diferencias significativas en cuanto a riqueza específica (S).

TABLA 4-26. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (AB), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. ALREDEDORES VOLCAN LICANCABUR. 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

Estaciones Parámetros	Cardonal / Tolar (LIC-1)	Pajonal (LIC-2	Pajonal / Tolar (LIC-3)	Tolar (LIC-4)	Humedales Guatín, Borde Esteros (LIC-5)	Ojalar (LIC-6)	Total
MICROMAMÍFEROS							
S	2	0	0	1	1	0	3
N	2	0	0	1	7	0	10
AB (%)	20	0	0	10	70	0	100,0
H'	0,301	----	----	----	----	----	0,278
H' max	0,301	----	----	----	----	----	0,477
J	1	----	----	----	----	----	0,582
TOTAL MAMÍFEROS							
Phyllotis rupestris lauchón orejudo	C				C		
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco	C						
Eligmodontia puerulus ratita de pie sedoso del norte				C			
Chaetophractus nationi quirquincho de la puna		A					
Lagidium viscacia vizcacha		A	A	A			
Ctenomys fulvus tuco tuco de Atacama			A				
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	A	A	A	A	A	A	
Leopardus colocolo gato colocolo					A	A	
Vicugna vicugna vicuña		A	A				
Lama glama llama			A	A			
Lama guanacoe guanaco						A	

Diversidad de mamíferos en Geisers del Tatio

Se registraron 12 especies incluyendo las ocho especies registradas en este estudio (cuatro roedores, un carnívoro, dos artiodáctilos y un perisodáctilo introducido) y cuatro registros previos (Tabla 4-22). En la Tabla 4-27 se presentan los valores de riqueza específica, abundancias totales y relativas y se indican la diversidad (H'), diversidad máxima (H'máx) y la equiparabilidad (J) a partir de las tres especies censadas. No se incluyen los registros previos ya que no pueden asignarse a una estación particular. Las estaciones de muestreo que presentaron las mayores riquezas específicas (S) fueron quebrada Putana, Pajonal y Quebrada Geisers, todas con dos especies. El valor más alto de diversidad (H') se registra en Quebrada Putana. La equiparabilidad (J), que mide el grado de homogeneidad o heterogeneidad en la composición de las abundancias de las poblaciones, en general, presentó valores que indican una tendencia a la homogeneidad, es decir, las poblaciones encontradas tienden a presentan abundancias similares entre sí.

TABLA 4-27. RIQUEZA DE ESPECIES CENSADAS (S), ABUNDANCIA TOTAL (N) ABUNDANCIA RELATIVA (ABR), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H'MAX) Y EQUIPARABILIDAD (J) DE MAMIFEROS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. SITIO GEISERS DEL TATIO. 2008. C= CENSOS, A= AVISTAMIENTOS REALIZADOS FUERA DE CENSOS.

ESTACIONES PARÁMETROS	Quebrada Putana (TA-1)	Tolar (TA-2)	Pajonal (TA-3)	Quebrada Geisers (TA-4)	Bofedales (TA-5,6)	TOTAL
S	2	1	2	2		3
N	5	5	4	8		22
ABR (%)	22,7	22,7	18,2	36,4		100
H'	0,292	-----	0,244	0,287		0,328
H' max	0,301	-----	0,301	0,301		0,477
J	0,971	-----	0,811	0,954		0,688
TOTAL MAMÍFEROS						
Abrothrix andinus ratón andino	C			C		
Akodon albiventer ratoncito de vientre blanco			C			
Phyllotis magister lauchón orejudo grande	C	C	C	C		
Lagidium viscacia vizcacha de montaña	A		A			
Lycalopex culpaeus zorro culpeo	A		A			
Vicugna vicugna vicuña		A	A			
Lama glama llama	A	A	A		A	
Equus asinus burro					A	

3.5. Diversidad de vertebrados

Diversidad de vertebrados en el Valle de Quillagua

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las siete estaciones del Valle de Quillagua, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos tres zonas de análisis: (a) plantaciones arbóreas, matorrales y praderas en desuso, (b) humedales, que incluyen el borde del río Loa, tranque Sloman y el tranque Santa Fe y (c) los cultivos de alfalfa. La diversidad es relativamente similar en los cultivos y los matorrales, mientras que en los humedales las aves presentan mayor número de especies, pero, en general, el Valle de Quillagua posee ambientes relativamente similares (véase Anexo 4-2).

TABLA 4-28. VERTEBRADOS PRESENTES EN TRES ZONAS DEL VALLE DE QUILLAGUA. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	MATORRALES Y PLANTACIÓN	HUMEDALES	CULTIVO
Mamíferos	2	3	2
Aves	10	17	7
Reptiles	1	1	1
TOTAL	**13**	**21**	**10**

Diversidad de vertebrados en el Oasis de Calama

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las siete estaciones del Oasis de Calama, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos cinco zonas de análisis: (a) Ojo de Opache, (b) El Mirador, (c) humedales del río San Salvador, que incluye la quebrada de Quetena, (d) Yalquincha, que incluye la estación de Loa Medio, y (e) pradera agrícola (Tabla 4-29). La diversidad es mayor en los humedales de Yalquincha y El Mirador, este último sólo inferior en cuatro especies de aves. El número de especies de aves es menor a lo documentado por Rau et al. (1998) para Ojo de Opache y Cascada (aunque no entrega lista de especies registradas, sólo el valor de S), sin embargo ellos realizaron cuatro excursiones ornitológicas en diferentes estaciones del año. Si consideramos estos antecedentes previos, más el anfibio *Telmatobius dankoi* (rana acuática de Danko) podemos concluir que la diversidad, especialmente de aves es alta.

TABLA 4-29. VERTEBRADOS PRESENTES EN CINCO ZONAS DE LA LOCALIDAD DE OASIS DE CALAMA, 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	OJO DE OPACHE	MIRADOR	HUMEDALES SAN SALVADOR Y QUETENA	YALQUINCHA Y LOA MEDIO	PRADERA AGRÍCOLA
Mamíferos	4	3	3	3	1
Aves	8	14	13	18	9
Reptiles	0	1	1	1	1
TOTAL	**12**	**18**	**17**	**22**	**11**

Diversidad de vertebrados en Laguna Lejía

Reconocemos dos zonas de análisis, basados en los análisis de similitud realizados considerando solo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares: (a) humedal Laguna Lejía y (b) pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama, en relieves planos y abruptos, en algunas áreas con afloramientos rocosos (Tabla 4-30). La riqueza específica (S) es similar en ambos ambientes, siendo ligeramente mayor en el pajonal influenciada por una diferencia de dos especies de mamíferos y una de reptil. La disimilitud entre ambos ambientes es > al 65% lo que incrementa la diversidad beta del sitio. Por otro lado las aves del humedal presentan una diversidad alta para el ecosistema que representa por: (a) la alta riqueza de especie (20), en el marco de lo máximo esperado para todos los cuerpos de aguas cordilleranas (31 especies sensu Schlatter & Sielfeld 2006), (b) alto índice de equidad de Shannon Wiener muy cercano al máximo por lo que las especies que contiene, están bien representadas, sin embargo la diversidad podría incrementarse con censos en otras estaciones del año.

TABLA 4-30. VERTEBRADOS PRESENTES EN DOS ZONAS DE LA LOCALIDAD DE LAGUNA LEJÍA, 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS DE CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	PAJONAL DE LA ESTEPA SUBDESÉRTICA	HUMEDAL LAGUNA LEJÍA
Mamíferos	5	3
Aves	18	20
Reptiles	2	1
TOTAL	**25**	**24**

Diversidad de vertebrados en Alrededores del Volcán Licancabur

En base a los análisis de similitud de vertebrados para las estaciones en los Alrededores del Volcán Licancabur, realizados considerando solo las especies registradas en este estudio ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares, distinguimos tres zonas de análisis: (a) pajonal y tolar, (b) humedales del Guatín y (c) ojalar. La diversidad de vertebrados es mayor en el pajonal/tolar y los humedales (28 y 20 especies respectivamente) y sensiblemente menor en el ojalar (sólo ocho especies). Los anfibios sólo están presentes en los humedales (dos especies) y los mamíferos están mejor representados en el pajonal y tolar (nueve especies) (Tabla 4-31).

TABLA 4-31. VERTEBRADOS PRESENTES EN TRES ZONAS DE ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	PAJONAL Y TOLAR	HUMEDALES DEL GUATÍN	OJALAR
Mamíferos	9	3	3
Aves	15	14	3
Reptiles	4	1	2
Anfibios	0	2	0
TOTAL	**28**	**20**	**8**

Diversidad de vertebrados en los Geisers del Tatio

Reconocemos tres zonas de análisis, basados en los análisis de similitud realizados considerando sólo las especies registradas en este estudio, ya que pueden asignarse a estaciones de muestreo y por lo tanto a ambientes particulares: (a) Humedales, incluyendo el vado y humedales del río Putana, constituidos por un sistema de bañados en planicie y luego el cauce que fluye hacia una quebrada rodeada de un pajonal ralo en medio de un relieve abrupto. También se incluyen dos estaciones con bofedales de *Oxychloe*, (b) los geisers del Tatio y (c) la estepa de tolar y pajonal. Los ambientes con mayor diversidad de aves y mamíferos son los humedales. El sistema más biodiverso en vertebrados son los humedales (36 especies) (Tabla 4-32).

TABLA 4-32. VERTEBRADOS PRESENTES EN CUATRO ZONAS DEL SITIO GEISERS DEL TATIO. 2008. INCLUYE SÓLO REGISTROS PROPIOS, CENSOS Y AVISTAMIENTOS.

ESPECIES	HUMEDALES	PAJONAL Y TOLAR	GEISERS TATIO
Mamíferos	6	5	0
Aves	28	6	7
Reptiles	2	2	0
Anfibios	0	0	1
TOTAL	**36**	**13**	**8**

Resumen de registro de vertebrados por áreas

En la siguiente tabla se presenta el número de especies, por clase, de las cinco áreas de estudio. Hemos incluido, en este análisis final también los registros previos y especies probables (e.g., Rau et al 1998, Spotorno et al. 1998, Ramírez & Pincheira-Donoso 2005, Elgueta 2006). Los sitios con mayor número de especies de vertebrados son Oasis de Calama (56), Geisers del Tatio (52) y Alrededores del Volcán Licancabur (48). La mayor diversidad de órdenes está en el Oasis de Calama y de familias en Geisers del Tatio. La mayor diversidad de mamíferos está en Alrededores del Volcán Licancabur (14) y Geisers del Tatio (12), de aves en Oasis de Calama (42) y Geisers del Tatio (35), la diversidad de herpetofauna es mayor en Alrededores del Volcán Licancabur (seis reptiles y dos anfibios). Téngase presente que los esfuerzos de registro son muy disímiles entre los sitios. Oasis de Calama es la que más esfuerzos ha tenido, por diversos autores y en varias excursiones y la menor Laguna Lejía. Se espera, entonces que nuevas expediciones en otras estaciones del año incrementen los registros en las zonas altiplánicas.

TABLA 4-33. VERTEBRADOS PRESENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008. E= ESPECIES, G= GÉNEROS, F= FAMILIAS, O= ÓRDENES. INCLUYE REGISTROS PROPIOS, PREVIOS Y ESPECIES PROBABLES.

	Valle de Quillagua				Oasis de Calama				Laguna Lejía				Volcán Licancabur				Geisers del Tatio			
Clase	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O	E	G	F	O
Mamíferos	4	4	3	2	9	6	3	3	11	10	5	4	14	12	7	5	12	11	6	4
Aves	23	19	14	7	42	35	19	9	30	21	15	9	26	20	13	6	35	30	18	10
Reptiles	1	1	1	1	4	4	2	1	2	1	1	1	6	2	2	1	4	1	1	1
Anfibios	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	2	2	2	1	1	1	1	1
Total	**28**	**24**	**18**	**10**	**56**	**46**	**25**	**14**	**43**	**32**	**21**	**14**	**48**	**36**	**24**	**13**	**52**	**43**	**26**	**16**

CAPÍTULO V
CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO V CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD

1. PROCEDIMIENTOS

Para aportar herramientas útiles para la conservación de la biodiversidad a continuación se realiza un análisis que considera la integración de tres factores:

- La diversidad (como riqueza de especies y, cuando estuvieron disponibles, los índices de equidad). Se utilizó como insumo el anterior análisis de la diversidad descrito en el Capítulo IV.
- Análisis de endemismos, considerando las especies endémicas presentes, tanto a nivel de ambientes (e.g., ojalar, humedales, pajonales), como de las áreas de estudio (e.g., Oasis de Calama, Laguna Lejía, Geisers del Tatio). Se incluyen en el análisis tanto registros propios como previos identificados en el Capítulo IV.
- Estados de conservación, que reflejan el grado de amenaza a que están sometidas las especies (e.g., En Peligro, Vulnerable). Se incluyen en el análisis tanto registros propios como previos identificados en el Capítulo IV.

Con el cruce de estos factores proponemos los objetos de conservación (véanse más adelante los conceptos), que se presentarán a nivel de grano grueso (ambientes) y a nivel de grano fino (especies focales).

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS AMBIENTES A EVALUAR

Reorganizamos la información para definir los ambientes a evaluar de modo de seleccionar los objetos de conservación de filtro grueso. Nótese que ya no hablamos de inventarios, estaciones o zonas y en adelante nos referiremos a ambientes. Para esto seguimos, con modificaciones, la propuesta de clasificación de la vegetación de Gajardo (1994) a lo que se agregaron ecosistemas relevantes (e.g., humedales). De este modo, a estos ambientes se incorporaron las asociaciones vegetacionales descritas y se integraron las estaciones y zonas de análisis de diversidad de vertebrados. Los ambientes seleccionados se muestran en la siguiente (Tabla 5-0) y en las Fig. 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 y 5-5. Nótese que algunos ambientes se encuentran en más de un área (e.g., el pajonal tolar de la estepa altoandina subdesértica está presente en Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio), lo que es completamente consistente desde el punto de vista biogeográfico. Al revés, algunas asociaciones podrían haberse unido dada su alta afinidad fitosociológica, tales como *Festuca orthophylla - Parastrephia lucida y Festuca orthophylla – Deyeuxia breviaristrata* (como *Stipa-deyeuxia* en este estudio), sin embargo, esto implicaba reunir un ambiente de Laguna Lejía con otros de Geisers del Tatio, muy distanciados entre sí, lo que es inaceptable para un análisis, por ejemplo, faunístico.

TABLA 5-0. AMBIENTES, ASOCIACIONES VEGETACIONALES, ÁREAS DE ESTUDIO, NÚMERO DE INVENTARIOS Y ESTACIONES DE MUESTREO EN CINCO SITIOS PRIORITARIOS. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

AMBIENTE	ASOCIACIÓN(ES) INCLUIDA(S)	ÁREAS	INVENTARIOS VEGETACIONALES	ESTACIONES DE FAUNA
Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	*Festuca orthophylla– Deyeuxia breviaristrata (Stipa – Deyeuxia)*	Laguna Lejía	LE 1, 4, 9, 11, 12	LEJ-1, LEJ-2, LEJ-3, LEJ-4, LEJ-5
Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	*Festuca orthophylla– Parastrephia lucida*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 12 al 19	--
	Parastrephia quadrangularis - Festuca orthophylla	Geisers del Tatio	T 1 al 7	--
Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	*Festuca chrysophylla – Fabiana bryoides*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 3,7,8	(3 estaciones) LIC-2, LIC-3, LIC-4
		Geisers del Tatio	T 10 al 13	(2 estaciones) TA-3,TA-4,
Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	*Fabiana densa – Baccharis boliviensis*	Geisers del Tatio	T 8, 9	(2 estaciones) TA-2, LIC-4
Ojalar del desierto de aluviones	*Acantolippio deserticolae – Atriplicetum imbricada (Atriplex imbricada)*	Alrededores del Volcán Licancabur	L 1, 2, 4, 6, 9, 10, 11	(2 estaciones) LIC-6, LIC-1
Humedales altoandinos del Tatio	*Oxyochloe andina*	Geisers del Tatio	T 14, 15, 16	(5 estaciones) TA-0, TA-5, TA-6, TA-7, TA-1
Humedal altoandino de Laguna Lejía	*Puccinellia-Calandrinia*	Laguna Lejía	LE 3, 10	(1 estación) LEJ-6
Humedales riparianos del Guatín		Alrededores del Volcán Licancabur		(1 estación) LIC-5
Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* *Atriplex atacamensis-Baccharis petiolata* *Baccharis juncea-Scirpus americanus* *Distichlis spicata-Tessaria absinthioides* *Juncus arcticus-Scirpus americanus* *Tessaria absinthioides-Scirpus americanus* *Baccharis juncea- Distichlis spicata* *Distlichetum spicatae*	Oasis de Calama	Sitios CAL-2 al CAL-9	(6 estaciones) CAL-2,CAL- 3, CAL-4, CAL-5, CAL-6,CAL- 7
Cultivos del Oasis de Calama	Cultivo de maíz y de alfalfa	Oasis de Calama	Sitio CAL-1 y de CAL-10 a CAL-13	(1 estación) CAL-1
Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	*Tessaria absinthioides-Distichlis spicata* *Scirpus americanus-Distichlis spicata*	Valle de Quillagua	Sitios QUI-1, QUI- 2, QUI-3	(6 estaciones) QUI-2, QUI-3, QUI-4, QUI-5, QUI- 6, QUI-7
Cultivos del Valle de Quillagua	*Atriplex atacamensis-Distichlis spicata* Cultivo de alfalfa	Valle de Quillagua	Sitio QUI- 4	(1 estación) QUI-1

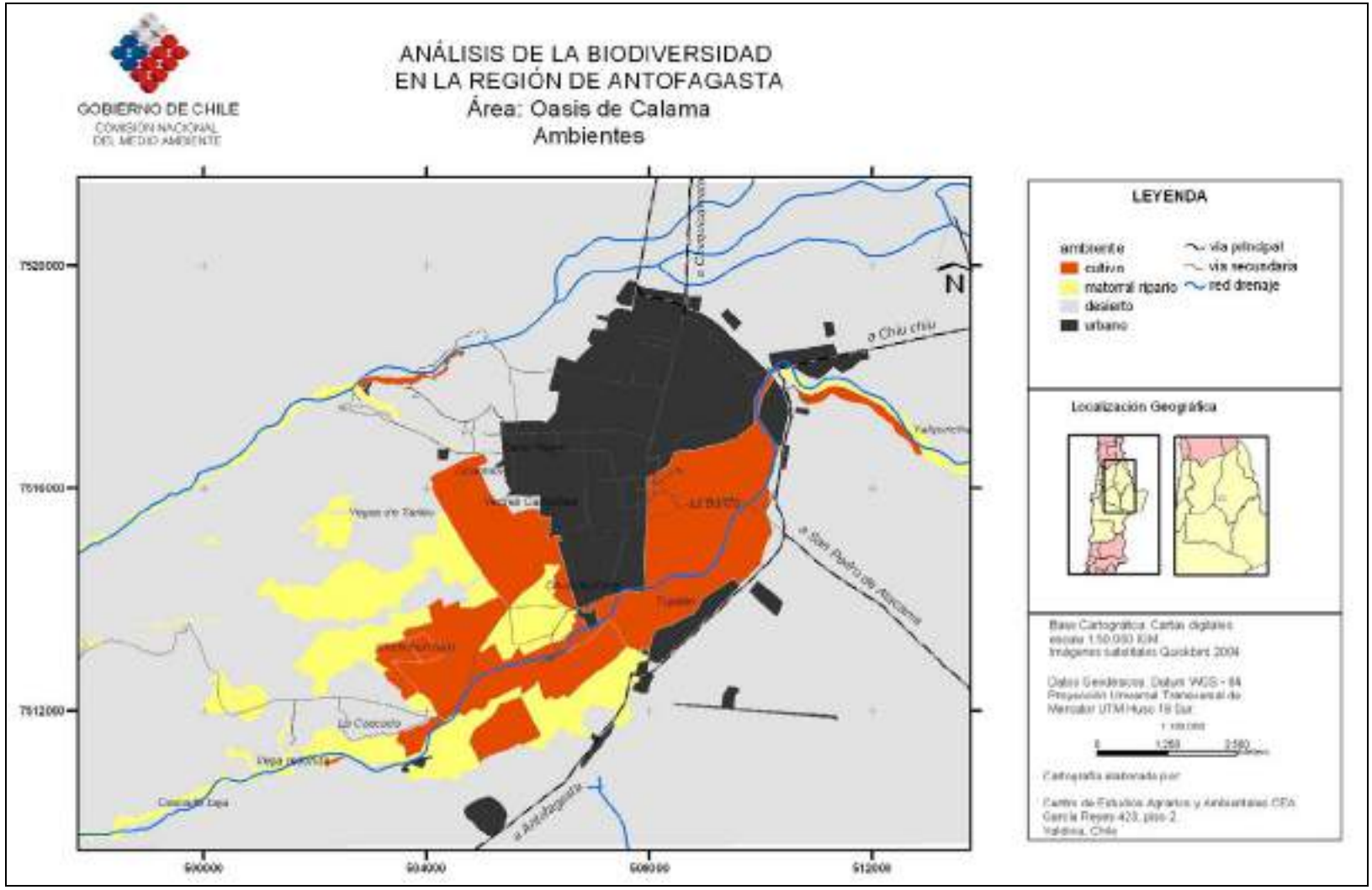


FIGURA 5-1. CARTA DE AMBIENTES EN EL OASIS DE CALAMA. 2008.

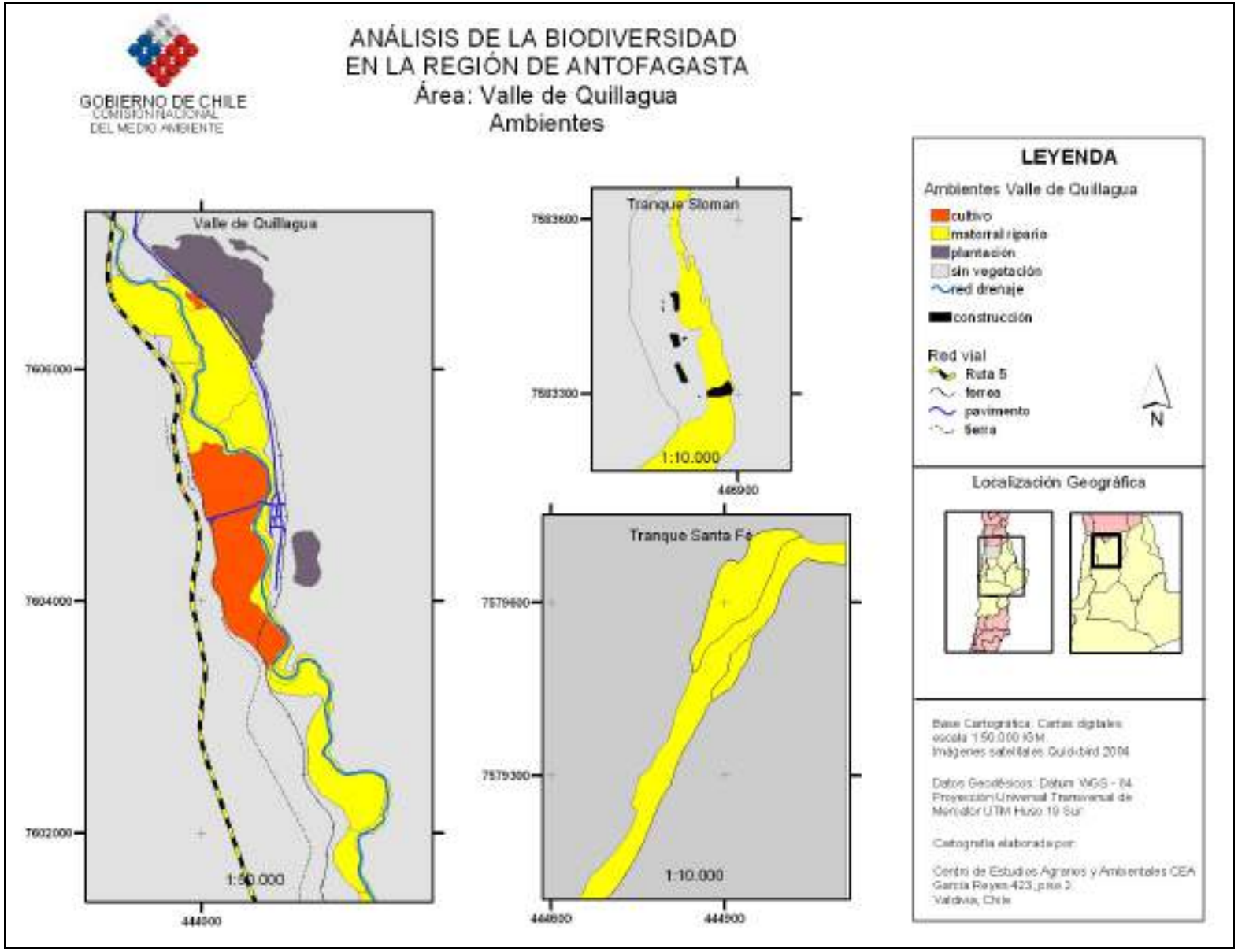


FIGURA 5-2. CARTA DE AMBIENTES EN EL VALLE DE QUILLAGUA. 2008.

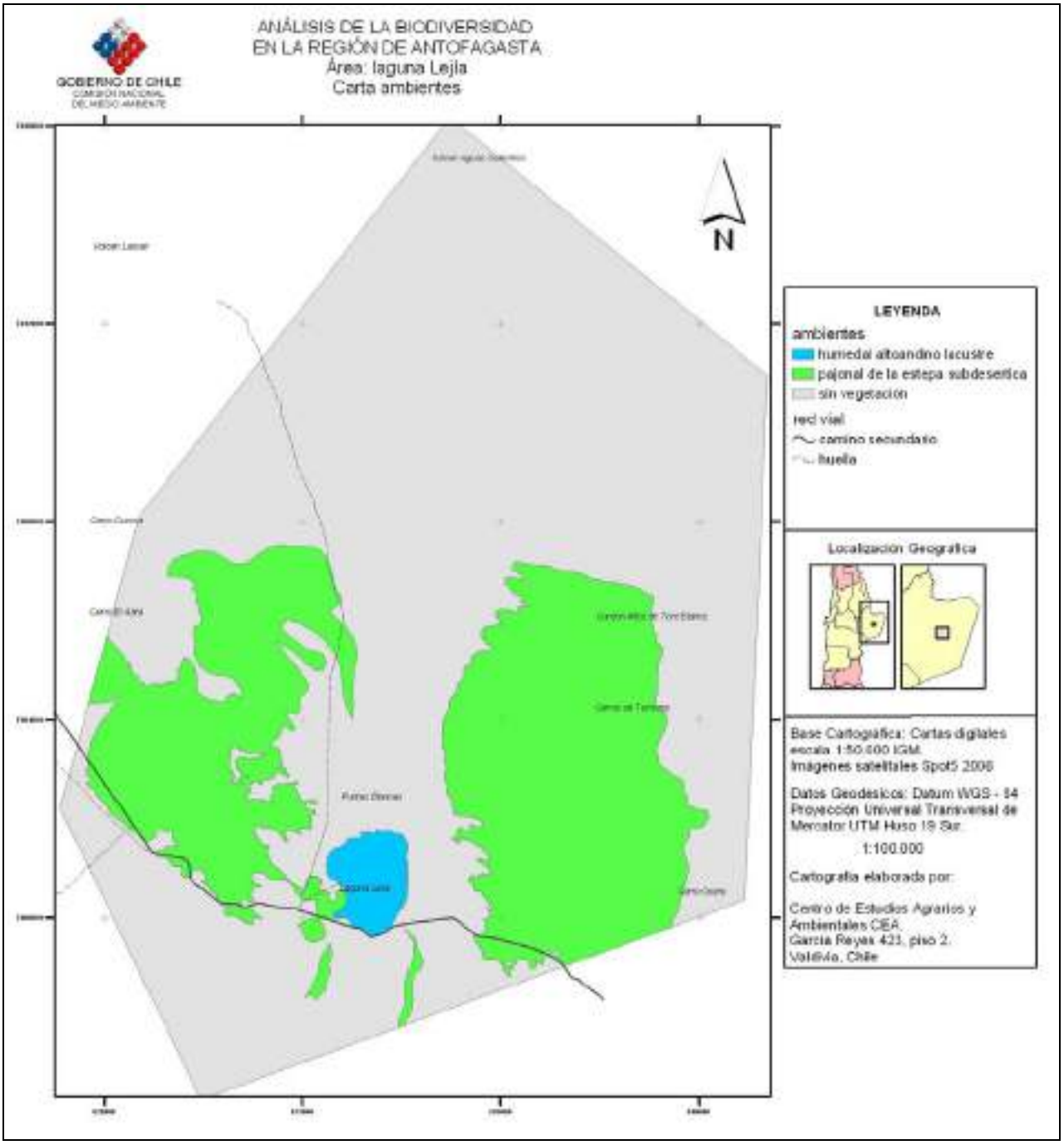


FIGURA 5-3. CARTA DE AMBIENTES EN LAGUNA LEJÍA. 2008.

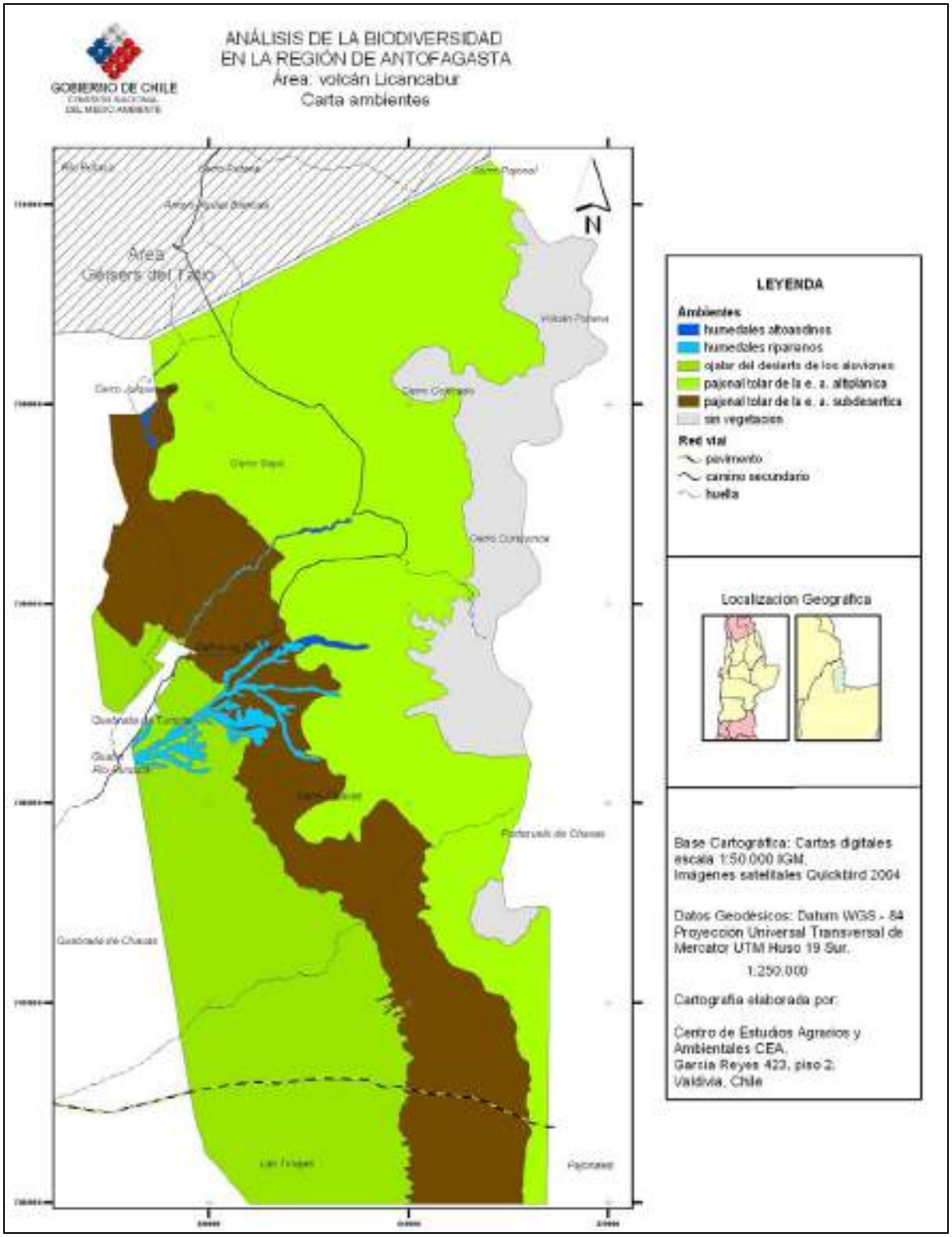


FIGURA 5-4. CARTA DE AMBIENTES EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

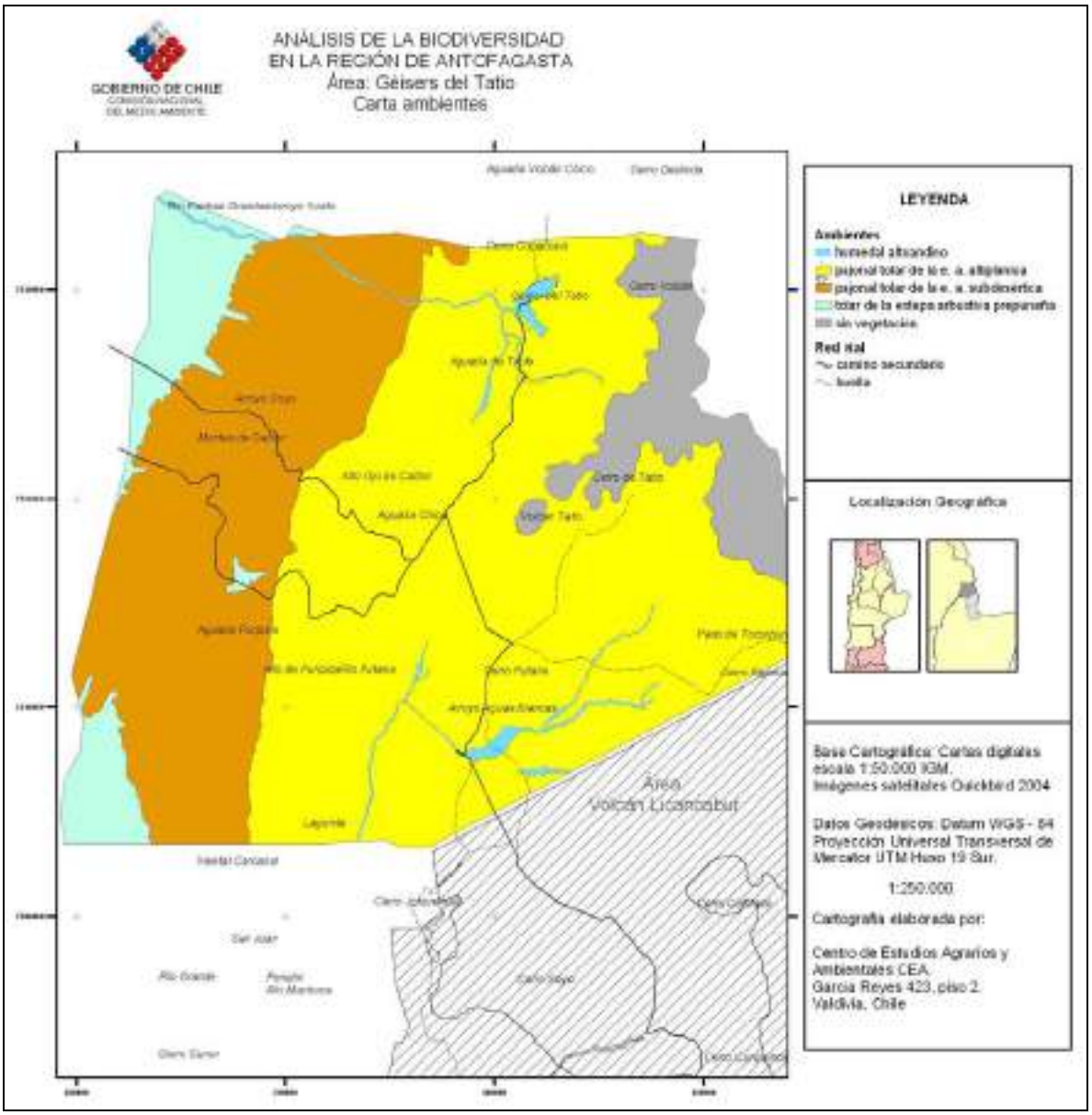


FIGURA 5-5. CARTA DE AMBIENTES EN GEISERS DEL TATIO. 2008.

3. ENDEMISMOS

Cuando una especie está presente sólo en un lugar, área o región geográfica es una especie endémica, es decir no está en ninguna otra parte del mundo, al menos en forma natural. Este es un término usado para especies limitadas a un ámbito geográfico reducido. Por ello, cuando se indica que una especie es endémica de Chile, de la región de Antofagasta y de una localidad, quiere decir que sólo es posible encontrarla en ese lugar, de forma natural. Este concepto de endémico se aplica usualmente a las especies, pero también puede aplicarse a otros taxones como subespecies, género, familias, en incluso órdenes. El total de sitios o localidades donde habita una especie constituye su rango de distribución geográfica. No siempre, más bien raramente, estos rangos de distribución coinciden con los límites políticos de países o provincias (que se sepa las plantas y animales no saben de administración geográfica humana), por eso muchas veces es mejor hablar de áreas de endemismo, o sea, regiones que tienen especies que no se encuentran en ningún otro territorio. Pero la asignación político administrativa al final sí tiene importancia ya que la conservación de la biodiversidad es un asunto político que se maneja a nivel nacional. Cuando las áreas de endemismo abarcan más de un país, entonces se deben crear mecanismos bilaterales de conservación.

Las regiones de endemismo son zonas donde dos o más especies endémicas se superponen en su distribución. Los criterios para definir estas zonas son variables (e.g., Stattersfield et al. 1998 para especies de aves). Definir regiones de endemismos es importante ya que presentan oportunidades para una sola iniciativa de conservación lo que puede resultar beneficioso para más de una especie amenazada (Flanagan et al. 2005). También permite priorizar las áreas en función, por ejemplo, de la riqueza de especies, la diversidad, el número de especies endémicas, el número de especies con problemas de conservación, el nivel de uso y amenazas humanas.

En la conservación de la biodiversidad el endemismo es un factor importante (Humpries et al. 1995) ya que las especies endémicas, es decir con rangos de distribución restringida, son más susceptibles a la extinción. Por ejemplo de las 62 especies de aves extinguidas en el mundo en los últimos 200 años, un 80% tenía rangos de distribución restringidos (Stattersfield et al. 1998, Flanagan et al. 2005). Pero esto tiene matices. Las especies pueden dividirse en dos tipos: (a) especialistas de hábitat, que son aquellas que tienen requerimientos ecológicos muy específicos, estrechos, por lo que dependen de un cierto tipo de hábitat; (b) generalistas de hábitat, que son las que pueden vivir en un amplio abanico de hábitats. De este modo no todas las especies endémicas están amenazadas en su supervivencia, sí lo están las especies endémicas especialistas de hábitat, con requerimientos ecológicos estrechos y por lo tanto con menos posibilidades de adaptarse a los cambios en el ambiente, sean estos naturales o causados por el hombre.

Endemismo de plantas

Squeo et al. (1998), empleando las bases de datos ya mencionadas en el capítulo anterior, establecieron que para la región de Antofagasta se han registrado 979 especies vegetales, pertenecientes a 367 géneros y 101 familias. De ese total, 372 especies son endémicas, lo que representa el 38,7%. En el mapa de endemismo (Fig. 5-6) se representan los distintos porcentajes en la región y en él se aprecia que las áreas de estudio están en las zonas de menor endemismo (0-20%). Esto lo confirman Cavieres et al. (2002), que usando también las bases de datos existentes y un análisis de parsimonia de endemismos (PAE en inglés), concluyen que dentro de la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismos. Una asociada a

la costa y otra a la cordillera de los Andes. El área asociada a la costa contiene un 62,4% de plantas endémicas de Chile y un 19,9% de endémicas para la región. El área puneña de los Andes contiene un endemismo del 13,9% para Chile (especies no presentes en otro país) y de 2,7% a nivel regional (no están presentes en otras regiones de Chile). Squeo et al. (1998) concluyen algo similar, indicando que la zona andina entre los 17º a los 24º S contiene un 14% de endemismo, pero que se incrementa a 27% entre los 25º a los 32º S. Simonetti & Veloso (2003) agregan que la presencia de especies endémicas disminuye con la altura.

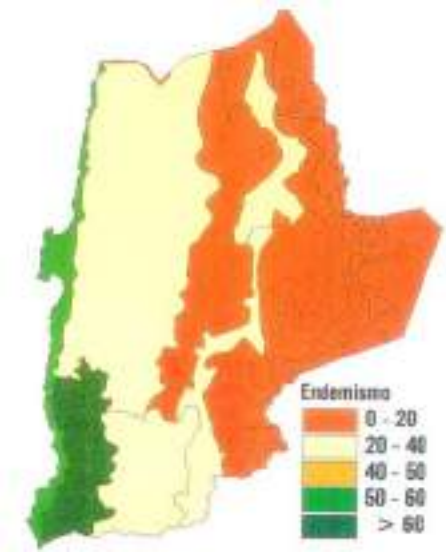


FIGURA 5-6. PORCENTAJE DE ESPECIES ENDÉMICAS DE CHILE EN DIFERENTES FORMACIONES VEGETACIONALES DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. TOMADO DE SQUEO ET AL. (1998).

De este modo usamos como comparación y referencia para nuestras áreas de estudio un 14% de endemismo esperado. Las áreas de Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio son las áreas de mayor endemismo según Cavieres et al. (2002), pero es menor, aunque los autores no entregan valores, para el área donde se localiza Laguna Lejía y los Valle de Quillagua y Calama. Finalmente este factor de endemismos, debe tomarse con cierta reserva ya que no es comparable con el endemismo de la zona costera (que es mucho más alto). Esto se debe a que las zonas altiplánicas contienen endemismos andinos, que se comparten con Bolivia y Argentina, lo que las hace no endémicas desde el punto de vista político administrativo, pero que sí son endémicas desde en punto de vista ecológico. Debieran considerarse estas especies como cuasi endémicas (Cf. Marín 2004).

Endemismo de vertebrados

Se han documentado (e.g., Ramírez & Pincheira-Donoso 2005) para la provincia de El Loa 176 especies de vertebrados terrestres, pertenecientes a 81 géneros, 44 familias y cuatro órdenes. De ellos el 11,9% son endémicos. Por otro lado, para la Región de Antofagasta (Núñez & Veloso 2001, Ramírez & Pincheira-Donoso 2005) documentan 31 especies de reptiles de los cuales 24 son endémicos para la región:*Callopistes palluma, Liolaemus alticolor, L. atacamensis, L. constanzae, L. donosi, L. dorbignyi, L. fabiani, L. filiorum, L. foxi, L. hellmichi, L. islugensis, L.*

multicolor, L. nigriceps, L. paulinae, L. puritamensis, L. signifer, L. stolzmanni, Microlophus atacamensis, M. tarapacensis, Phrynosaura audituvelata, P. erronea, P. torresi, Garthia gaudichaudii, Phyllodactylus cf inaequalis. El único género endémico para la región es *Phrynosaura* (aunque controvertido). Para la provincia de El Loa se documentan 15 especies de reptiles endémicas (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005).

TABLA 5-1. ENDEMISMOS DE ESPECIES DE VERTEBRADOS PRESENTES EN LA PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

Clase	Total especies	Especies nativas	Especies endémicas	% de endemismo
Mamíferos	35	28	1	3,6
Aves	113	110	0	0,0
Reptiles	22	22	15	68,2
Anfibios	6	6	5	83,3
Total Vertebrados	176	168	21	11,9

3.1. Endemismos en las áreas por ambiente

Valle de Quillagua

En esta zona se registró una planta endémica *Prosopis tamarugo* y un solo endemismo en vertebrados, *Microlophus theresioides* corredor de Pica, perteneciente a la clase de los reptiles (Tabla 5-2). Se trata de una especie endémica a nivel nacional, ya que su distribución abarca toda la extensión del río Loa y también la pampa del Tamarugal. Es el lagarto de mayor envergadura en la provincia de El Loa y bastante común en su área de distribución. Se puede observar corriendo a gran velocidad, desplazándose en forma bípeda. El corredor de Pica fue encontrado en todas las zonas prospectadas en el Valle de Quillagua, cultivos y matorrales, humedales y pradera. Si se considera el total de vertebrados registrados en cada zona el % de endemismos es mayor en el cultivo (10%), disminuyendo en matorrales y pradera (7,7%) y en los humedales (4,8%), a pesar de que es en este último ambiente donde se encontró la mayor riqueza de especies. Esto último se explica porque en los humedales el grupo mejor representado es habitualmente el de las aves, las que exhiben los menores endemismos.

TABLA 5-2. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA VALLE DE QUILLAGUA. 2007. E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Valle de Quillagua
PLANTAS	
Prosopis tamarugo tamarugo	E
VERTEBRADOS	
Microlophus theresioides corredor de Pica (REPTILIA)	E
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	22
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	1
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	25
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	1
% PLANTAS ENDÉMICAS	4,5
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4,0

Oasis de Calama

En la localidad Calama no se registraron especies de plantas endémicas, sí se registraron cuatro endemismos a nivel de vertebrados (Tabla 5-3). Tres corresponden a la clase reptiles, con las especies *Liolaemus paulinae* lagartija de Paulina, *Microlophus theresioides* corredor de Pica y *Phrynosaura torresi* dragón de Torres; y uno que corresponde a la clase anfibios *Telmatobius dankoi* rana acuática de Danko. Los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Phrynosaura torresi* fueron registrados en Yalquincha y Pradera agrícola respectivamente. La lagartija de Paulina, especie endémica local bastante común, se conoce sólo de Calama y sus alrededores habiéndose observado a orillas del río Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). Se desconocen aspectos de su ecología y reproducción. El dragón de Torres es endémico a nivel regional, su registro es señalado por Elgueta (2006) en zonas de pradera agrícola. Únicamente *Microlophus theresioides* fue registrado en más de una zona, siendo éstos Mirador, humedales San Salvador y Quetena, y pradera agrícola. El anfibio *Telmatobius dankoi*, especie endémica en las cercanías de la ciudad de Calama, aún cuando no fue registrado en este estudio ha sido encontrado en la estación Mirador y se consideró en este análisis por el alto valor que representa su categoría de endemismo local. El género *Telmatobius* reúne a ranas acuáticas, de las cuales Chile posee siete representantes, todas distribuidas sobre los 2.500 m. *T. dankoi* es la especie más sureña de los *Telmatobius* descrito para Chile (Duellman 1993, Cuevas & Formas 2002).

Los mayores porcentajes de endemismos se encontraron asociados a las zonas de pradera agrícola (18,2%) y Mirador (11,1%), disminuyendo a 5,9% en humedales y a 4,5% en Yalquincha y Loa Medio. Destaca también en los ambientes asociados al Oasis de Calama la relación inversa entre riqueza de especies y endemismo, así el mayor endemismo ocurre en la estación de menor riqueza de especies y el menor endemismo se da en la estación con mayor riqueza de especies. Como en el caso de Quillagua, la mayor riqueza de especies se asocia a una mayor presencia de aves, las cuales, según se mencionó, presentan los menores endemismos.

TABLA 5-3. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA DEL OASIS DE CALAMA. 2008. E= ENDÉMICO NACIONAL, ER= ENDÉMICO PARA LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA, EL= ENDEMISMO LOCAL.

ESPECIE	Oasis de Calama
Liolaemus paulinae lagartija de Paulina REPTILIA	El
Microlophus theresioides corredor de Pica REPTILIA	E
Phrynosaura torresi dragón de Torres REPTILIA	Er
Telmatobius dankoi rana acuática de Danko AMPHIBIA	El
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	50
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	8,0

Laguna Lejía

Se registraron dos plantas endémicas, *Junellia tridáctila* y *Calceolaria stellariifolia*. En este lugar se presenta un endemismo de vertebrados, el reptil *Liolaemus puritamensis* lagartija de Puritama, especie endémica para la región y que fue registrada en los dos ambientes representativos del área de estudio, pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama y el humedal altoandino lacustre Laguna Lejía. *Liolaemus puritamensis* está restringida a los alrededores de San Pedro de Atacama, oriente de Domeyko, camino al Tatio y lagunas Lejía y Seca, sobre los 4.000 msm. En relación con los endemismos, al considerar la totalidad de los vertebrados nativos registrados para el área, se observa un grado relativamente bajo de endemismos para el área, presentando el ambiente de pajonal un 4,0% y el humedal un 4,3%.

TABLA 5-4. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA DE LAGUNA LEJÍA. 2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIES	Laguna Lejía
PLANTAS	
Junellia tridactyla khachujanki	E
Calceolaria stellariifolia zapatito	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus puritamensis lagartija de Puritama REPTILIA	Er
TOTAL PLANTAS REGISTRADAS	29
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	2
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	42
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	1
% PLANTAS ENDÉMICAS	6,9
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	2,4

Volcán Licancabur

Se registraron 11 especies de plantas endémicas: *Adesmia aphylla, Adesmia atacamensis, Adesmia kingii, Lupinus oreophilus, Neuontobothrys linifolius, Nototriche pulvinata, Opuntia conoidea, Polyachyrus carduoides, Trichocereus atacamensis, Tephrocactus atacamensis var. atacamensis* y *Trichocline caulescens*. Se registraron cinco endemismos a nivel de vertebrados (Tabla 5-5). Cuatro corresponden a la clase reptiles, con las especies *Liolaemus barbarae*, *Liolaemus puritamensis*, al igual que *Liolaemus fabiani* y *Phrynosaura audituvelata*; y uno que corresponde a la clase anfibios, *Telmatobius vilamensis*. *Liolaemus barbarae*, es especie endémica local, registrada en el ambiente Pajonal/tolar *Liolaemus puritamensis*, especie endémica regional, fue registrada igualmente en el ambiente de Pajonal/tolar. *Liolaemus fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* ambas especies endémicas locales fueron registradas en el Ojalar. El anfibio *Telmatobius vilamensis* fue registrado en los Humedales de Guatín. *Liolaemus barbarae* se conoce en sectores orientales de altura asociados a San Pedro de Atacama, alcanzando algunas poblaciones áreas fronterizas con Argentina, donde vive asociada a estepas altiplánicas con matorrales achaparrados. Posee reproducción vivípara. *Liolaemus fabiani* es una especie de morfología singular dentro del género y de distribución restringida a la provincia de El Loa (oriente de Domeyko, alrededores del Salar de Atacama y camino a Licancabur), aunque relativamente abundante. De reproducción ovovivípara y dieta insectívora. *Phrynosaura audituvelata* se distribuye en los alrededores de San Pedro de Atacama, cuesta Barros Arana y el cordón de Domeyko. El endemismo de esta especie es destacable ya que *Phrynosaura* representa además el único género endémico de la región (Núñez y Veloso 2001). Son reptiles notablemente adaptados a condiciones desertícolas de extrema aridez, presentando el tímpano completamente cubierto de escamas (lo que ayuda en su identificación), adaptación que da origen a su nombre (auditus = oído; velatus = cubierto) y cuya función es proteger el tímpano de ser golpeado por granos de arena impulsados por el viento. También posee peines de escamas que cumplen la misma función de protección de sus ojos. Las especies de *Telmatobius* son todas acuáticas, de hábitos nadadores, asociados a la cordillera de los Andes desde los 2.000 msm. *Telmatobius vilamensis* está restringido al río Vilama, cuenca que drena hacia el salar de Atacama, sobre los 3.000 msm, donde utiliza la escasa vegetación acuática como refugio. El mayor porcentaje de endemismo fue registrado en la zona del ojalar con un 25%, (representando la zona estudiada de mayor endemismo), le sigue el pajonal/tolar con un 7,1% y los humedales del Guatin con un 5,0%.

TABLA 5-5. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS EN EL ÁREA ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Volcán Licancabur
PLANTAS	
Adesmia aphylla	E
Adesmia atacamensis tano-tano	E
Adesmia kingii anaguaya	E
Lupinus oreophilus salcari	E
Neuontobothrys linifolius	E
Nototriche pulvinata	E
Opuntia conoidea	E
Polyachyrus carduoides amargura	E
Tephrocactus atacamensis chuchampe	E
Trichocereus atacamensis cardón gigante	E
Trichocline caulescens	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus barbarae lagartija de Bárbara REPTILIA	El
Liolaemus puritamensis lagartija de Puritama REPTILIA	Er
Liolaemus fabiani lagartija de Fabián REPTILIA	El
Phrynosaura audituvelata dragón de oído cubierto REPTILIA	El
Telmatobius vilamensis sapo de Vilama AMPHIBIA	El
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	91
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	11
TOTAL VERTEBRADOS NATIVAS REGISTRADOS	47
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	5
% PLANTAS ENDÉMICAS	12,1
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	10,6

Geisers del Tatio

Se registraron seis plantas endémicas: *Junellia tridactila, Adesmia atacamensis, Calceolaria stellariifolia, Opuntia conoidea, Trichocereus atacamensis* y *Werneria glaberrima*. En los diferentes ambientes representativos del sitio Geisers del Tatio, se encontraron dos especies endémicas, los reptiles *Liolaemus barbarae*, lagartija de Bárbara y *Liolaemus hajeki*, lagartija de Hajek endemismos local y regional, respectivamente. La lagartija de Bárbara fue registrada en el ambiente de pajonal y tolar. *Liolaemus hajeki* fue también registrada en el pajonal y tolar. Se trata de una lagartija que se distribuye en el área norte de Calama y San Pedro de Atacama, salares de Ascotán y Carcote, sobre los 3.000 m, sin haber registros de su presencia fuera del país. Analizando el total de vertebrados registrados en cada ambiente se obtiene que el porcentaje de endemismos del pajonal y tolar es 15,4%, siendo la única zona que presenta vertebrados endémicos.

TABLA 5-6. PLANTAS Y VERTEBRADOS ENDÉMICOS PRESENTES EN EL ÁREA GEISERS DEL TATIO.2008. ER = ENDÉMICA EN LA REGIÓN, EL = ENDÉMICA LOCAL, E = ENDÉMICA EN EL PAÍS.

ESPECIE	Geisers del Tatio
PLANTAS	
Junellia tridáctila kachujanki	E
Adesmia atacamensis	E
Calceolaria stellariifolia zapatito o capachito	E
Opuntia conoidea	E
Trichocereus atacamensis cardón gigante	E
Werneria glaberrima	E
VERTEBRADOS	
Liolaemus barbarae lagartija de Bárbara REPTILIA	El
Liolaemus hajeki lagartija de Hajek REPTILIA	Er
TOTAL PLANTAS NATIVAS REGISTRADAS	91
TOTAL PLANTAS ENDÉMICAS	6
TOTAL VERTEBRADOS NATIVOS REGISTRADOS	51
TOTAL VERTEBRADOS ENDÉMICOS	2
% PLANTAS ENDÉMICAS	6,6
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	3,9

3.2. Endemismos por áreas de estudio

El análisis de endemismo a nivel de cada una de las cinco áreas de estudio revela que el área de mayor endemismos en plantas es el área Alrededores del Volcán Licancabur con 11 especies y un 12,1%, concordante con lo propuesto por Cavieres et al. (2002) que calculaba un 13,9% para la cuadrícula que contiene parte del área de estudio. Para los vertebrados nuevamente es relevante el área del volcán Licancabur con un 10,4%, le sigue el Oasis de Calama con un 8,0. Laguna Lejía con un 2,4% es el área de menor endemismo animal.

TABLA 5-7 ESPECIES ENDÉMICAS DE PLANTAS Y VERTEBRADOS TERRESTRES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2007-2008.

	Valle de Quillagua	Oasis de Calama	Laguna Lejía	Volcán Licancabur	Geisers del Tatio
Nº ESPECIES PLANTAS NATIVAS	22	33	29	91	91
Nº ESPECIES PLANTAS ENDÉMICAS	1	0	2	11	6
% PLANTAS ENDÉMICAS	4,5	0,0	6,9	12,1	6,6
Nº ESPECIES VERTEBRADOS NATIVOS	25	50	42	47	51
Nº ESPECIES VERTEBRADOS ENDÉMICAS	1	4	1	5	2
% VERTEBRADOS ENDÉMICOS	4,0	8,0	2,4	10,6	3,9

4. ESTADOS DE CONSERVACIÓN

En la Ley General de Bases del Medio Ambiente se plantean una serie de disposiciones que aluden a las categorías de estados de conservación de la flora y fauna silvestre de nuestro país, otorgándolo así urgencia al proceso de evaluación y clasificación de dichas especies a fin de cumplir la normativa vigente. En este contexto, el Artículo 37 de la Ley de Bases del Medio Ambiente exige que el proceso de clasificación se base en criterios científico–técnicos, debiendo someterse toda la información relevante al Comité de Clasificación de Especies, para que los especialistas ahí reunidos (públicos y académicos) presenten al Consejo Directivo de la CONAMA, una propuesta de clasificación para las especies contempladas, proceso que está aún en pleno desarrollo en nuestro país.

La historia de la legislación en torno a la conservación, que, aunque regula la explotación, no define categorías de conservación de los recursos forestales en nuestro país, se inicia por la aplicación de la legislación española durante la Colonia y los inicios de la República, en que se disponía que “los montes deban conservarse, autorizando la corta sólo de los árboles grandes debiendo dejarse la planta en estado de regenerar”. En 1931 se dicta la Ley de Bosques a través del Decreto Supremo 4.363, del Ministerio de Tierras y Colonización que recoge algunas de las normas de decretos y reglamentos dictados en décadas precedentes, que establecían las primeras normas sobre bosques de protección. Esta Ley prohíbe la corta y destrucción de tres clases de bosques de protección de suelos y aguas: (a) árboles y arbustos nativos situados a menos de 400 m sobre los manantiales que nacen en los cerros y a menos de 200 m de sus orillas del nacimiento de la vertiente hasta el plano, (b) arbolado situado a menos de 200 m de radio de los manantiales que nacen en terrenos planos no regados y (c) árboles existentes en cerros desde la medianía de su falda hasta la cima.

En relación a la fauna, el primer cuerpo legal de carácter general que protege a la fauna silvestre, terrestre y acuática en Chile, es la Ley de Caza N° 4.601 de 18 de junio de 1929 y su Reglamento N° 4.844. Dentro de sus aspectos principales se encuentran la determinación de períodos de veda temporal e indefinida; fijación de números máximos de ejemplares permitidos de caza por excursión y por cazador; los métodos de caza permitidos; regulaciones sobre el comercio nacional e internacional y la crianza en cautividad de las especies silvestres nativas. En 1998, se promulgó un nuevo Reglamento de la Ley de Caza N° 4.601, DS Nº 05/1998, modificado por el DS N53/2004 Ministerio Agricultura, que moderniza la legislación vigente en la materia, haciéndola más eficiente y poderosa. Es así como, de 52 especies de aves con veda indefinida se pasa a proteger 317 especies. Este nuevo Reglamento norma por primera vez la captura y caza de reptiles y anfibios en Chile, decretando la prohibición de captura, comercialización y exportación de todas las especies chilenas.

4.1. Legislación vigente

Ley N° 19.473 de 1996. Ley de Caza del Ministerio de Agricultura. Esta ley sustituye la Ley Nº 4.601, sobre caza, y el Artículo 609 del Código Civil. Establece la prohibición de caza y captura para todos los vertebrados nativos de Chile, con la excepción los recursos hidrobiológicos, los que están protegidos por normas derivadas de la Ley General de Pesca y Acuicultura, bajo tuición de la Subsecretaría de Pesca y del Servicio Nacional de Pesca. En su Reglamento de 1998, se establece por primera vez el estado de conservación de las especies de fauna de Chile. Hasta el momento sólo se habían definido la clasificación de los estados de conservación en

Libros Rojos de la CONAF (flora, 1985 y fauna terrestre, 1987), los que no tienen carácter legal o normativo que posibilitara su exigencia obligatoria como instrumento de conservación.

Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (D.O. 09.03.94) Ministerio Secretaría General de la República. En su Artículo 1 contiene las normas generales que regulan las materias relacionadas con “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental” En el Párrafo 4º De las Normas de Calidad Ambiental, Preservación de la Naturaleza y Conservación del Patrimonio Ambiental, el Artículo 37 da las indicaciones para la creación de un reglamento que fije el procedimiento para clasificar las especies de flora y fauna silvestres, sobre la base de antecedentes científico-técnicos, y según su estado de conservación, en las siguientes categorías: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerable, rara, insuficientemente conocida y fuera de peligro. En el Artículo 38, señala que “Los organismos competentes del Estado confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerable, rara e insuficientemente conocidas.” En el Párrafo 6º De los Planes de Manejo, Prevención o Descontaminación el Artículo 41 señala que el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables se efectuará asegurando su capacidad de regeneración y la diversidad biológica asociada a ellos, en especial de aquellas especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas. Y finalmente, en el Artículo 42, dice que el organismo público encargado por la ley de regular el uso o aprovechamiento de los recursos naturales en un área determinada, exigirá, la presentación y cumplimiento de planes de manejo de los mismos, a fin de asegurar su conservación. Estos incluirán, entre otras, las siguientes consideraciones ambientales: c) Protección de especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidos.

Reglamento de Clasificación de Especies (D.O. 11.05.2005) Ministerio Secretaría General de la Presidencia. El Decreto Supremo Nº 75 de 2005, aprueba el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres y establece las disposiciones que regirán el procedimiento para la clasificación de especies de flora y fauna silvestres en las distintas categorías de conservación a que alude el artículo 37 de la ley Nº19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; define las categorías en las que deben ser clasificadas las especies evaluadas y el procedimiento para la clasificación de especies incluyendo los Criterios para la clasificación de especies, las funciones y conformación de un Comité para la Clasificación de Especies según su estado y el procedimiento administrativo para la clasificación.

Categorías de conservación

El Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres, utiliza las categorías que establece la Ley 19.300 para la clasificación de las especies de flora y fauna, según su estado de conservación según lo señalado en la Tabla 5-8.

TABLA 5-8. CATEGORIAS DE CONSERVACIÓN LEGALMENTE VIGENTES EN CHILE.

CATEGORIA		DESCRIPCIÓN
Extinguida (Extinta)	E	Una especie se considera “Extinta” cuando prospecciones exhaustivas no han detectado ningún individuo en estado silvestre.
En Peligro de Extinción	EP	Una especie se considera “En Peligro” al enfrentar un riesgo muy alto de extinción.
Vulnerable	V	Una especie se considera “Vulnerable” cuando, no pudiendo ser clasificada en la categoría de “En Peligro”, enfrenta un riesgo alto de extinción.
Insuficientemente Conocida	IC	Una especie “Insuficientemente Conocida” es una que, bajo presunciones fundadas, enfrenta un riesgo de extinción pero para la cual no hay información suficiente para asignarla a la categoría “En Peligro” o bien “Vulnerable”. Es, por tanto, una categoría de riesgo que implica un esfuerzo de levantamiento de información para determinar el real estado de conservación de la especie.
Fuera de Peligro	FP	Una especie se considera “Fuera de Peligro” cuando, habiendo estado en alguna de las categorías anteriores (de riesgo), se considera relativamente segura en la actualidad por la adopción de medidas efectivas de conservación o por la cesación de una amenaza.
Rara	R	Una especie se considera “Rara” cuando sus poblaciones ocupan un área geográfica pequeña o estén restringidas a un hábitat muy específico (que en si, sea escaso en la naturaleza), o cuando la especie en forma natural, presenta bajas densidades poblacionales aunque ocupe un área geográfica mayor. Las especies clasificadas como raras, también pueden ser clasificadas en alguna de las demás categorías.
No se ajusta a ninguna categoría de conservación según RCE		Si bien ésta no es una categoría de estado de conservación que emane de la Ley 19.300, una especie puede, luego de su primer proceso de clasificación, no quedar asignada a ninguna de las categorías anteriores, por considerar que, con los datos disponibles a la fecha de su clasificación, no habían antecedentes que indicaran un estado de riesgo, rareza o extinción para esa especie.

Fuentes de información

La flora y fauna registrada en este estudio se analizó utilizando como indicadores diferentes métodos e iniciativas, además del reglamento de la Ley de Caza 19.407 como fuente de información oficial para la fauna. Así, se consultaron las listas proporcionadas por Benoit (1989), actualizada en reunión de expertos realizada en septiembre de 1997 y Red Data Book UICN (2007) para flora y Glade (1998), Red Data Book UICN (2007), Cofré & Marquet (1998), Veloso (2006), Núñez et al. (1997) y Díaz-Paez & Ortiz (2003) para fauna. Las categorías y sus definiciones del Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres están contenidas en una ley, por lo que su modificación es materia de una modificación legislativa, situación que no permite actualizarlas según las modificaciones periódicas que UICN va haciendo de ellas. De esta manera, algunos de los criterios en nuestra legislación ya no son comparables internacionalmente, como es el caso de la categoría Rara que fue eliminada de la nomenclatura de UICN.

4.2. Estado de conservación por áreas de estudio

Estado de conservación Valle de Quillagua

Flora. El estado de conservación de las 22 especies nativas de flora registradas en el lugar, indica que 19 especies no presentan problemas de conservación y sólo tres están en la categoría de Vulnerable, *Prosopis alba, P. chilensis* y *P. tamarugo* (Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor/ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación, según las definiciones de su versión 2.3 de 1994.

TABLA 5-9. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VALLE DE QUILLAGUA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA; LR= RIESGO MENOR; NT=CASI AMENAZADA; CD= DEPENDIENTE DE LA CONSERVACIÓN

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN 2007
Prosopis alba	algarrobo blanco	V	LR/nt
Prosopis chilensis	algarrobo	V	N/E
Prosopis tamarugo	tamarugo	V	LR/cd

Fauna. En el área muestreada se registraron dos especies de mamíferos nativos. El reglamento de la Ley de Caza no incluye a *Abrothrix olivaceus* en ninguna categoría de conservación mientras que UICN (2007) lo clasifica como de Menor riesgo/preocupación menor. *Myotis atacamensis* por su parte es sindicado como de poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza aunque no está clasificado en ninguna de las categorías de conservación, y por UICN (2007) como Vulnerable, en base a la reducción poblacional, aunque su evaluación data de 1996 y no ha sido actualizada. Ninguno de ellos ha sido evaluado en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993), y Cofré & Marquet (1998) consideran a ambos Sin Prioridad Inmediata. El reptil registrado, *Microlophus theresioides*, en el Reglamento de la Ley de Caza se consigna en la categoría Rara; Núñez et al. (1997) lo evalúan en la misma categría, mientras que no ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) ni en UICN (2007). De las 22 especies de aves nativas registradas en el área de estudio, en el reglamento de la Ley de Caza, se incluye a *Larus modestus* en la categoría de Vulnerable y a *Conirostrum tamarugense* como Inadecuadamente conocida. Ninguna ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) y UICN (2007) clasifica a *Conirostrum tamarugense* como Vulnerable y a las restantes como de Preocupación Menor.

TABLA 5-10. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VALLE DE QUILLAGUA. N/E= NO EVALUADA, V= VULNERABLE, R= RARA, LC= PREOCUPACIÓN MENOR.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Myotis atacamensis	murciélago de Atacama		N/E		V
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Microlophus theresioides	corredor de Teresa	R	N/E	R	N/E
AVES					
Larus modestus	gaviota garuma	V	N/E		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies dañinas. Las dos especies de mamíferos exóticos registrados, *Rattus rattus* y *Mus musculus,* y una especie de ave, *Passer domesticus*, son considerados por el Reglamento de la Ley de Caza como especies de fauna silvestre perjudiciales o dañinas, las cuales pueden ser cazadas o capturadas en cualquier época del año, en todo el territorio nacional.

Especies beneficiosas. Las aves *Troglodytes aedon, Pygochelidon cyanoleuca, Tachuris rubrigastra, Tyrannus savana, Muscisaxicola macloviana, Muscisaxicola maculirostris, Chordeiles acutipennis, Falco femoralis,* y *Buteo polyosoma* están consideradas como especies beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Zonotrichia capensis, Conirostrum tamarugense, Conirostrum cinereum, Upucerthia dumetaria* y *Phleocryptes melanops* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y el reptil *Microlophus theresioides* como especie de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio, las aves *Fullica ardesiaca, Chordeiles acutipennis, Upucerthia dumetaria, Tyrannus savana, Conirostrum cinereum, Larus modestus* y *Conirostrum tamarugense*, y el reptil *Microlophus theresioides* se consideran como especies con poblaciones reducidas.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

Estado de conservación Oasis de Calama

Flora. De las 33 especies nativas de flora registradas, sólo dos, *Prosopis alba* y *P. chilensis* están en la categoría de Vulnerable y 31 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor/ casi amenazado, mientras que *P. chilensis* no está evaluado, según las definiciones de su versión 2.3 de 1994.

TABLA 5-11. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL OASIS DE CALAMA V= VULNERABLE; LR= RIESGO MENOR; NT= CASI AMENAZADA; N/E= NO EVALUADA;

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN (2007)
Prosopis alba	algarrobo blanco	V	LR/nt
Prosopis chilensis	algarrobo	V	N/E

Fauna. Se registraron cinco especies de mamíferos nativos en el área muestreada, dos de ellos con problemas de conservación. El Reglamento de la Ley de Caza y el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile consideran a *Licalopex griseus* y *L. culpeaus* Insuficientemente conocido mientras que Cofré & Marquet (1998) consideran a *L. griseus* como Vulnerable y a *L. culpaeus* como Sin Prioridad Inmediata. UICN los clasifica como de preocupación menor. Se registraron dos especies de reptiles *Microlophus theresioides* y *Liolaemus paulinae*, que en el Reglamento de la Ley de Caza se consignan en la categoría Rara. Núñez et al. (1997) consideran a *M. theresioides* en la misma categoría mientras no ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993) ni en UICN (2007). *L. paulinae* está incluida en la categoría Rara en el Libro Rojo y por Núñez et al. (1997) y con Datos Insuficientes en UICN (2007), aunque su evaluación está desactualizada. Incluimos el registro de un anfibio, *Telmatobius dankoi*, que Díaz-Paez & Ortiz (2003) consideran Insuficientemente Conocido y UICN (2007) con Datos Insuficientes. De las 40 especies de aves nativas registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Falco peregrinus* en la categoría de Vulnerable. Ninguna ha sido evaluada en el Libro Rojo (Glade 1993), y UICN las clasifica a todas como de Preocupación menor.

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies dañinas. Las cuatro especies de mamíferos exóticos registrados, *Oryctolagus cuniculus*, *Rattus rattus*, *R. norvegicus* y *Mus musculus,* y dos especies de aves, *Passer domesticus* y *Columba livia*, son considerados como especies de fauna silvestre perjudiciales o dañinas, las cuales pueden ser cazadas o capturadas en cualquier época del año, en todo el territorio nacional.

Especies beneficiosas. Las aves *Troglodytes aedon*, *Athene cunicularia*, *Bubo magellanicus*, *Tyto alba*, *Falco femoralis*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco sparverius*, *Falco peregrinus*, *Buteo polyosoma, Circus cinereus* y *Geranoaetus melanoleucus* están consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que *Egretta caerulea*, *Pardirallus sanguinolentus*, *Steganopus tricolor*, *Leptasthenura aegithaloides*, *Zonotrichia capensis*, *Upucerthia dumetaria, Cinclodes fuscus* y

Phleocryptes melanops se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. Los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Microlophus theresioides* y el ave *Nycticorax nycticorax* son consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de avifauna registradas en el área de estudio, *Egretta caerulea*, *Falco peregrinus*, *Steganopus tricolor, Fulica ardesiaca* y *Upucerthia dumetaria*, el mamífero *Phyllotis magíster* y los reptiles *Liolaemus paulinae* y *Microlophus theresioides* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

TABLA 5-12. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL OASIS DE CALAMA. N/E= NO EVALUADA, R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1993		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Lycalopex griseus	zorro chilla	I	I	V	lc
Lycalopex culpeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	R	R		DD
Microlophus theresioides	corredor de Teresa	R	N/E		N/E
AVES					
Falco peregrinus	halcón peregrino	V	N/E		LC
ANFIBIOS				Díaz-Paez & Ortiz 2003	
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko			I	DD

Estado de conservación de Laguna Lejía

Flora. De las 29 especies nativas de flora registradas, sólo tres pertenecientes al género *Nototriche* están en la categoría de Vulnerable y 26 no presentan problemas de conservación (Marticorena 2005). UICN (2007) por su parte no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-13. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN LAGUNA LEJÍA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Marticorena (2005)	UICN (2007)
Nototriche auricoma	nototriche	V	N/E
Nototriche sp.	nototriche	V	N/E
Nototriche sp.1	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron 10 especies de mamíferos nativos silvestres en el área muestreada. El Reglamento de la Ley de Caza incluye a cinco de ellos en alguna categoría de conservación: En Peligro a nivel nacional a *Vicugna vicugna, Chinchilla brevicaudata*, Vulnerable a *Ctenomys fulvus* e Insuficientemente conocido a *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea*; estas cinco especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) incluyéndolas en las mismas categorías salvo para el caso de *Vicugna vicugna* que se incluye en categoría Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *C. brevicaudata* y *Vicugna vicugna* En Peligro, a *A. cinerea* Vulnerable, a *Ctenomys opimus* como Frágil y las dos especies restantes como Sin Prioridad Inmediata, mientras que *Abrothrix andinus* no aparece evaluado; UICN (2007) clasifica a una de las especies como Peligro Critico (*C. brevicaudata*), tres especies como de Menor riesgo/preocupación menor, una como de Preocupación menor y una no evaluada. Se registraron dos especies de reptil, *Liolaemus andinus* y *L.puritamensis*, las que no se han incluido en ninguna categoría de conservación en la Ley de Caza y no han sido evaluadas por Glade (1993), Núñez et al. (1997) ni UICN (2007). De las 30 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Pterocnemia pennata* en la categoría En Peligro, a *Chloephaga melanoptera*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus jamesi*, *Phoenicoparrus andinus* y *Larus serranus* en la categoría de Vulnerable y a *Attagis gayi* en la categoría Rara. El Libro Rojo (Glade 1993) también incluye a estas siete especies en alguna categoría de conservación aunque difiere la clasificación de *Larus serranus* a la que consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres de estas especies como Casi amenazadas (*Pterocnemia pennata*, *Phoenicopterus chilensis* y *P. jamesi*), a una como Vulnerable (*Phoenicoparrus andinus*) y a las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

TABLA 5-14. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN LAGUNA LEJIA. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA NT= NO AMENAZADA LR/LC= RIESGO MENOR/PREOCUPACIÓN MENOR.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	V	V	NP	LR/lc
Ctenomys opimus	tuco tuco de la puna			F	
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	P	P	P	CR
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
AVES					
Pterocnemia pennata	suri	P	P		NT
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus	parina grande	V	V		VU
Phoenicoparrus jamesi	parina chica	V	V		NT
Chloephaga melanoptera	piuquén	V	V		LC
Attagis gayi	perdicita cordillerana	R	R		LC
Larus serranus	gaviota andina	V	R		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. Las aves *Oreotrochilus estella*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Muscisaxicola rufivertex*, *M. flavinucha* y *M. frontales* son consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que *Charadrius alticola*, *Calidris bairdii*, *Steganopus tricolor*, *Geositta cunicularia*, *G. punensis*, *Upucerthia ruficauda*, *U. dumetaria* y *Asthenes modesta* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. El mamífero *Lycalopex culpaeus* y las aves *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus*, *P. jamesi*, *Phrygilus atriceps* y *Bolborhynchus aurifrons* son especies consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio los mamíferos *Phyllotis magister*, *Ctenomys fulvus, Ctenomys opimus, Chinchilla brevicaudata* y *Vicugna vicugna*, y las aves *Pterocnemia pennata, Charadrius alticola*, *Steganopus tricolor*, *Attagis gayi*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus*, *P. jamesi*, *Sicalis uropygialis*, *S. olivascens*, *Phrygilus unicolor*, *P. plebejus*, *Carduelis atrata*, *Upucerthia ruficauda*, *U. dumetaria* y *Bolborhynchus aurifrons* se consideran especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Estado de conservación Alrededores del Volcán Licancabur

Flora. De las 91 especies de flora nativa registradas, sólo tres, *Trichocereus atacamensis*, *Nototriche auricoma* y *Nototriche* cfr. *pulvinata* están incluidas en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005). UICN (2007) por su parte no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-15. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL VOLCÁN LICANCABUR. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN (2007)
Trichocereus atacamensis	cardón grande	V	N/E
		Marticorena (2005)	
Nototriche auricoma	nototriche	V	N/E
Nototriche cfr. pulvinata	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron 13 especies de mamíferos nativos en el área muestreada, de los cuales ocho se encuentran dentro de alguna categorización en el Reglamento de la Ley de Caza, que incluye a cinco de ellos en la categoría En Peligro a nivel nacional (*Chaetophractus nationi*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna, Lama guanicoe* y *Leopardus colocolo*), a *Ctenomys fulvus* como Vulnerable y a *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* como Insuficientemente conocido; estas especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) incuyendo a *Chaetophractus nationi* y *Leopardus colocolo* en la categoría En Peligro y a *Lagidium viscacia* y *Vicugna vicugna* como Vulnerables, mientras que *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* como Insuficientemente conocida; Cofre y Marquet (1998) consideran a *Vicugna vicugna* En Peligro, y a *Eligmodontia puerulus* y *Lagidium viscacia* en categoría Frágil, a *Leopardus colocolo* y *Lama guanicoe y A. cinerea* como Vulnerable; UICN (2007) clasifica a *Chaetophractus nationi* como Vulnerable, a *Lagidium viscacia* como de Datos insuficientes, a *Leopardus colocolo* como Casi Amenazada y a cinco de las restantes especies como de Menor riesgo/preocupación menor y a una como de Menor Riesgo/ dependiente de la conservación; aunque la evaluación para las especies del Orden Rodentia data de 1996 y no ha sido actualizada. Se registraron seis especies de reptiles, tres de las cuales, *Liolaemus constanzae, L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* se consignan en la categoría Rara en el Reglamento de la Ley de Caza. *L. constanzae* y *P. audituvelata* están incluidas en la categoría Rara en el Libro Rojo (Glade 1993), *L. fabiani* y *L. constanzae* son consideradas en categoría Rara por Núñez et al. (1997) mientras que UICN (2007), solo considera a *L. constanzae* con Datos insuficientes aunque su evaluación está desactualizada. En el área de estudio se registraron dos especies de anfibios, una de las cuales, *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en la Ley de Caza. Glade (1993) la clasifica en la misma categoría y Veloso (2006) y UICN (2007), la consideran de Preocupación menor. De las 26 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Tinamotis pentlandii* en la categoría de Vulnerable. El Libro Rojo (Glade 1993) la considera Vulnerable, mientras que ninguna de las restantes especies ha sido evaluada. UICN las clasifica a todas como de Preocupación menor.

TABLA 5-16. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA F= FRÁGIL NT= CASI AMENAZADA LR/LC= RIESGO MENOR/PREOCUPACIÓN MENOR LR/CD= RIESGO MENOR/DEPENDIENTE DE LA CONSERVACIÓN.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Chaetophractus nationi	quirquincho de la puna	P	P	N/E	V
Leopardus colocolo	gato colocolo	P	P	V	NT
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	V	V	NP	LR/lc
Eligmodontia puerulus	ratita de pie sedoso del norte		N/E	F	LR/lc
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lagidium viscacia	vizcacha	P	V	F	DD
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
Lama guanicoe	guanaco	P	V	V	LR/lc
REPTILES				Núñez et al. 1997	
Liolaemus constanzae	lagartija de Constanza	R	R		DD
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	R			N/E
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	R	R		N/E
ANFIBIOS				Veloso 2006	
Bufo spinulosus	sapo espinoso	V	V	LC	LC
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama				DD
AVES					
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	V	V		LC

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. El mamífero *Leopardus colocolo* y las aves *Buteo polyosoma*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco femoralis*, *Oreotrochilus* sp., *Muscisaxicola rufivertex*, *M. maculirostris*, *Pygochelidon cyanoleuca* y *Troglodytes aedon* están consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Cinclodes atacamensis*, *Zonotrichia capensis*, *Leptasthenura aegithaloides*, *Upucerthia ruficauda* y *Asthenes modesta* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. Por su parte, el mamífero *Lycalopex culpaeus*, el ave *Phrygilus atriceps* y los reptiles *Liolaemus constanzae*, *L. fabiani* y *Phrynosaura audituvelata* se consideran de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de vertebrados registradas en el área de estudio, los mamíferos *Chaetophractus nationi*, *Leopardus colocolo*, *Ctenomys fulvus*, *Akodon*

albiventer, *Eligmodontia puerulus*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna*, los reptiles *Liolaemus constanzae*, *Liolaemus fabiani*, *Phrynosaura audituvelata*, el anfibio *Telmatobius vilamensi* y las aves *Tinamotis pentlandii*, *Anas puna*, *Upucerthia ruficauda*, *Turdus chiguanco*, *Phrygilus unicolor*, *P. plebejus* y *Carduelis atrata* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

Estado de conservación Geisers del Tatio

Flora. De las 91 especies de flora nativa registradas en este estudio, tres: *Trichocereus atacamensis, Nototriche argentea* y *Azorella compacta* están en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005). UICN (2007) no ha evaluado ninguna de estas especies.

TABLA 5-17. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN GÉISERES DEL TATIO. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Benoit (1989)	UICN (2007)
Trichocereus atacamensis	Cardón gigante	V	N/E
Azorella compacta	llaretilla	V	N/E
		Marticorena (2005)	
Nototriche argentea	nototriche	V	N/E

Fauna. Se registraron once especies de mamíferos nativos silvestres (ver Tabla 4-22), cinco de ellos con problemas de conservación. El Reglamento de la Ley de Caza considera En Peligro a nivel nacional a *Vicugna vicugna* y *Lagidium viscacia* e Insuficientemente conocido a *Lycalopex culpaeus, Auliscomis sublimis* y *Abrocoma cinerea*; estas cinco especies han sido evaluadas en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) en las mismas categorías, salvo *Vicugna vicugna* y *L. viscacia* en la categoría Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *Vicugna vicugna* En Peligro, *L. viscacia* como frágil y *Abrocoma cinerea* Vulnerable, mientras que las dos especies restantes como Sin Prioridad Inmediata; UICN (2007) clasifica a las cinco especies como de Menor riesgo/preocupación menor. Se registraron cuatro especies de reptiles, las que no se han incluido en ninguna categoría de conservación en la Ley de Caza y no han sido evaluadas por Glade (1993), Núñez et al. (1997) ni UICN (2007). En el área de estudio se registró una especie de anfibio, *Bufo spinulosus* que está considerada como Vulnerable en la Ley de Caza. Glade (1993) la clasifica en la misma categoría mientras que Veloso (2006) y UICN (2007), la consideran de Preocupación menor. De las 35 especies de aves registradas en el área de estudio, el Reglamento de la Ley de Caza, considera a *Pterocnemia pennata* en la categoría En Peligro, a *Chloephaga melanoptera*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus*, *Vultur gryphus* y *Fulica gigantea* en la categoría de

Vulnerable. El Libro Rojo (Glade 1993) también incluye a estas siete especies en alguna categoría de conservación aunque difiere la clasificación de *Larus serranus* a la que consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres de estas especies como Casi amenazadas (*Pterocnemia pennata*, *Phoenicopterus chilensis* y *Vultur gryphus*), a dos como Vulnerables (*Phoenicoparrus andinus* y *Agriornis andicola*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

TABLA 5-18. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN GÉISERES DEL TATIO. N/E= NO EVALUADA, P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA LC= PREOCUPACIÓN MENOR; NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA NT= CASI AMENAZADA, LR/CD= RIESGO MENOR/DEPENDIENTE DE CONSERVACIÓN.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	LEY DE CAZA 1998	Glade 1998		UICN 2007
MAMÍFEROS				Cofré & Marquet 1998	
Auliscomys sublimis	ratón de la puna	I	I	NP	LR/lc
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	I	I	V	LR/lc
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	I	I	NP	LC
Vicugna vicugna	vicuña	P	V	P	LR/cd
Lagidium viscacia	vizcacha	P	V	F	DD
ANFIBIOS				Veloso 2006	
Bufo spinulosus	sapo espinoso	V	V	LC	LC
AVES					
Pterocnemia pennata	suri	P	P		NT
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus	parina grande	V	V		V
Chloephaga melanoptera	piuquén	V	V		LC
Vultur gryphus	cóndor	V	V		NT
Fulica gigantea	tagua gigante	V	V		LC
Larus serranus	gaviota andina	V	R		LC
Agriornis andicola	mero de la puna		N/E		V

Otras consideraciones del Reglamento de la Ley de Caza

Especies beneficiosas. Las aves *Buteo polyosoma*, *Vultur gryphus*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco femoraliPygochelidon cyanoleuca*, *Muscisaxicola rufivertex*, *M. flavinucha*, *Lessonia oreas*, *Agriornis andicola* y el anfibio *Bufo spinulosus* son consideradas como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, mientras que las aves *Tringa flavipes*, *Calidris bairdii*, *Cinclodes atacamensis*, *Asthenes modesta* y *Leptasthenura aegithaloides* se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. El mamífero *Lycalopex culpaeus* y las aves *Gallinago andina*, *Bolborhynchus*

aurifrons, *Upucerthia ruficauda*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus* y *Phrygilus atriceps*, son especies consideradas de beneficio para el mantenimiento del ecosistema.

Especies con poblaciones reducidas. De las especies de fauna registradas en el área de estudio los mamíferos *Akodon albiventer*, *Phyllotis magister*, *Lagidium viscacia*, *Vicugna vicugna* y las aves *Pterocnemia pennata, Anas puna*, *Gallinago andina, Larus serranus*, *Tringa flavipes*, *Metriopelia aymara*, *Upucerthia ruficauda, Bolborhynchus aurifrons, Thinocorus orbignyianus*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus*, *Fulica gigantea*, *Phrygilus dorsalis*, *P. unicolor* y *Carduelis atrata* se consideran como especies con poblaciones reducidas en el reglamento de la Ley de Caza.

Especies de caza permitida. *Anas flavirostris* puede ser cazada, con una cuota en la zona norte de cinco individuos por jornada, entre el 1 de abril y el 31 de julio.

4.3. Estado de conservación en cinco áreas de estudio

Flora. De las 181 especies de flora nativa registradas, 10 están consideradas en la categoría de Vulnerable y 171 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005). Es decir un 5,5% de estas especies están amenazadas, una proporción igual a lo documentado a nivel nacional. Estas especies vulnerables representan el 35,7% de las 28 especies clasificadas en esta categoría en Chile y el 14,1% de las 71 especies clasificadas en cualquiera de las categorías.

TABLA 5-19. ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN CINCO ÁREAS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. V= VULNERABLE; N/E= NO EVALUADA; LR= RIESGO MENOR; NT= CASI AMENAZADA; CD= DEPENDIENTE DE CONSERVACIÓN. *= SENSU MARTICORENA (2005).

ESPECIES / INVENTARIOS	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	EL TATIO	BENOIT (1989)	UICN
Azorella compacta					x	V	N/E
Trichocereus atacamensis				x	x	V	N/E
Nototriche argentea					x	V*	N/E
Nototriche auricoma			x	x		V*	N/E
Nototriche cfr. pulvinata				x		V*	N/E
Nototriche sp. A			x			V*	N/E
Nototriche sp.B			x			V*	N/E
Prosopis alba	x	x				V	LR/nt
Prosopis chilensis	x	x				V	N/E
Prosopis tamarugo	x					V	LR/cd
ESPECIES NATIVAS REGISTRADAS	22	33	29	91	91	10	2

TABLA 5-20. NÚMERO DE ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS PRIORITARIOS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

CATEGORÍA	VALLE DE QILLAGUA	OASIS CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	GEISERS DE TATIO	TOTAL	TOTAL NACIONAL
En peligro							11
Vulnerable	3	2	3	3	3	10	28
Rara							32
Total especies en EC	3	2	3	3	3	10	71
Especies nativas registradas	22	33	29	91	91	181	

Fauna.

MAMÍFEROS. De los 25 mamíferos registrados en el área de estudio 11 están considerados en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de Caza; seis En Peligro a nivel nacional, representando el 35,3% de los mamíferos clasificados en esta categoría en Chile, uno Vulnerable que representa el 9,1% de total nacional en esta categoría y cuatro como Insuficientemente conocido los que representan el 57,1% del total nacional. Estas 11 especies representan el 22,9% de las especies clasificadas en alguna categoría de conservación. Tres especies están consideradas en alguna categoría de conservación por otros autores, dos en la categoría Frágil por Jofre & Marquet (1998) y una Vulnerable por UICN (2007).

REPTILES. Se registraron 13 especies de reptiles, cinco de las cuales presentan problemas de conservación según el Reglamento de la Ley de Caza, encontrándose todas ellas clasificadas en la categoría Rara, lo que representa el 10,2% de las especies de reptiles clasificadas en esta categoría y el 5,4% de los clasificados a nivel nacional. Una más reciente clasificación de este taxón se realizó en 1997 (Núñez et al 1997), clasificándose en esa oportunidad a 98 de reptiles, frente a lo cual las especies encontradas con problemas de conservación en este estudio corresponderían solo al 5,1% del total nacional.

ANFIBIOS. Se registraron tres especies de anfibios, de los cuales solo *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en el Reglamento de la Ley de Caza lo que correspondería al 16,7% de las especies clasificadas en esta categoría y al 6,7% del total nacional para este taxon. Sin embargo en publicaciones más recientes Díaz-Paez & Ortiz (2003) y Veloso (2006) clasifican a esta especie como Fuera de Peligro y de Preocupación Menor respectivamente. Díaz-Paez & Ortiz (2003) incluyen a *Telmatobius dankoi* como Insuficientemente Conocida y Veloso (2006) considera, tanto a *T. dankoi* como a *T. vilamensis* en la misma categoría.

AVES. De las 90 especies de aves registradas en el área de estudio, 13 especies se consideran amenazadas en el Reglamento de la Ley de Caza, una En peligro que corresponde al 6,7% de las especies de avifauna clasificadas en esta categoría a nivel nacional, 10 Vulnerable correspondientes al 38,5% del total nacional, una Rara, 9,1% del total nacional para esta categoría y una Insuficientemente conocida, 5,9% de las especies a nivel nacional. Las 13 especies con problemas de conservación corresponden al 18,8% de las especies categorizadas a nivel nacional. A éstas se suma una especie considerada como Casi amenazada por UICN (2007).

TABLA 5-21. ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS PRIORITARIOS DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.1= QUILLAGUA; 2= CALAMA; 3= LAGUNA LEJÍA; 4= VOLCÁN LICANCABUR; 5= GEISERS DEL TATIO. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; LC= PREOCUPACION MENOR; NT= CASI AMENAZADA LR= RIESGO MENOR NP= SIN PRIORIDAD INMEDIATA; F= FRÁGIL.

ESPECIES	1	2	3	4	5	Reglamento Ley de Caza	Glade 1993 Nacional	Glade 1993 Antofagasta		UICN 2007
MAMÍFEROS									Cofré & Marquet 1998	
Chaetophractus nationi				x		P	P	P		VU
Myotis atacamensis	x									VU
Eligmodontia puerulus				x					F	LR/lc
Auliscomys sublimis					x	I	I	I	NP	LR/lc
Ctenomys fulvus			x	x		V	V		NP	LR/lc
Ctenomys opimus				x					F	
Lagidium viscacia				x	x	P	V	P	F	DD
Chinchilla brevicaudata			x			P	P	P	P	CR
Abrocoma cinerea			x	x	x	I	I	I	V	LR/lc
Leopardus colocolo				x		P	P		V	NT
Lycalopex culpaeus			x	x	x	I	I	I	NP	LC
Lycalopex griseus		x				I	I	I	V	lc
Lama guanicoe				x		P	V	P	V	LR/lc
Vicugna vicugna			x	x	x	P	V	P	P	LR/cd
REPTILES									Núñez et al. 1997	
Microlophus theresioides	x	x				R			R	
Liolaemus fabiani				x		R			R	
Liolaemus paulinae		x				R	R	R	R	DD
Liolaemus constanzae				x		R	R	R	R	DD
Phrynosaura audituvelata				x		R	R	R		
ANFIBIOS									Veloso 2006	
Bufo spinulosus				x	x	V	V	V	LC	LC
Telmatobius dankoi		x							DD	DD
Telmatobius vilamensis				x					DD	DD
AVES										
Pterocnemia pennata			x		x	P	P	P		NT
Tinamotis pentlandii				x	x	V	V	V		LC
Phoenicopterus chilensis			x		x	V	V	V		NT
Phoenicoparrus andinus			x		x	V	V	V		VU
Phoenicoparrus jamesi			x			V	V	V		NT
Chloephaga melanoptera			x		x	V	V	V		LC
Vultur gryphus					x	V	V	R		NT
Falco peregrinus		x				V				LC
Fulica ardesiaca	x	x								NT
Fulica gigantea					x	V	V			LC
Attagis gayi			x			R	R	R		LC
Larus serranus			x		x	V	R	V		LC
Larus modestus	x					V	V	V		LC
Conirostrum tamarugense	x					I				VU
Agriornis andicola					x					VU

Como se aprecia en la Tabla 5-24, el número de especies con problemas de conservación en las cinco áreas es similar para los Oasis de Calama y Quillagua, entre sí, con seis especies respectivamente, y para los tres sitios de estudio del altiplano entre sí con 12 a 16 especies con problemas de conservación incluyendo todas las fuentes de información. Si solo consideramos el Reglamento de la Ley de Caza esta situación se hace aún más similar para ambos grupos.

TABLA 5-22. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN A NIVEL NACIONAL SEGÚN EL REGLAMENTO DE LA LEY DE CAZA. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; F= FUERA DE PELIGRO.

	P	V	R	I	F	Total
Mamíferos	17	11	13	7	0	48
Aves	15	26	11	17	0	69
Reptiles	8	21	49	7	7	92
Anfibios	11	6	14	6	4	41
	51	64	87	37	11	250

TABLA 5-23. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA NORTE SEGÚN EL REGLAMENTO DE LA LEY DE CAZA. P= EN PELIGRO V= VULNERABLE R= RARA, I= INSUFICIENTEMENTE CONOCIDA; F= FUERA DE PELIGRO.

	P	V	R	I	F	Total
Mamíferos	9	5	5	5	0	24
Aves	4	17	3	11	0	35
Reptiles	3	8	32	4	3	50
Anfibios	3	1	5	0	0	9
	19	31	45	20	3	118

TABLA 5-24. NÚMERO DE ESPECIES DE FAUNA INCLUIDAS EN CATEGORÍAS DE CONSERVACIÓN EN CINCO SITIOS DE PRIORITARIOS EN LA REGION DE ANTOFAGASTA.

FUENTE	CATEGORÍA	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS DE CALAMA	LAGUNA LEJÍA	VOLCÁN LICANCABUR	GEISERS DE TATIO	TOTAL ESPECIES	TOTAL NACIONAL
Ley de Caza	En peligro			3	5	3	7	51
	Vulnerable	2	1	6	3	8	12	64
	Rara	1	2	1	3		6	87
	Insuficientemente conocida	1	1	2	2	3	4	37
	Fuera de peligro							11
Total especies en EC Ley de Caza		4	4	12	13	14	29	250
Veloso 2006	Datos insuficientes		1		1		2	
Jofre & Marquet 2008	Frágil				2		2	
UICN 2007	Casi amenazada	1	1				1	
	Vulnerable	1				1	2	
Total especies en EC		6	6	12	16	14	35	
Total especies registradas		26	50	42	48	51	130	

4.4. Conclusiones

Valle de Quillagua

Tres especies de plantas están en la categoría de Vulnerables, *Prosopis alba, P. chilensis* y *P. tamarugo* (sensu Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor./ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación.

Según la Ley de Caza no existen mamíferos considerados en Categorías de Conservación, mientras que UICN (2007) consigna a *Myotis atacamensis* en la categoría Vulnerable.

El reptil *Microlophus theresioides*, según la Ley de Caza se consigna como especie beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria, de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara.

De las 23 especies de aves registradas en el área de estudio según la Ley de Caza, *Larus modestus* es categorizada como Vulnerable y *Conirostrum tamarugense* como Inadecuadamente Conocida, mientras que UICN (2007) categoriza a *Conirostrum tamarugense* como Vulnerable y a las restantes como de Preocupación Menor.

Oasis de Calama

Dos especies de plantas están en categoría de Vulnerables, *Prosopis alba* y *P. chilensis* (sensu Benoit 1989). UICN (2007) por su parte clasifica a *P. alba* como de Preocupación menor./ casi amenazada y a *P. tamarugo* como de Preocupación menor / dependiente de la conservación.

El reptil *Microlophus theresioides*, según la Ley de Caza se considera como especie de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara. *Liolaemus paulinae* está incluida en la categoría Rara en el Libro Rojo y con

datos insuficientes en UICN (2007), aunque su evaluación está desactualizada, mientras que en el Reglamento de la Ley de Caza como especie de poblaciones reducidas y de beneficio para el mantenimiento del ecosistema, incluyéndose en la categoría Rara.

Licalopex griseus y *L. culpaeus* son considerados Insuficientemente Conocido, mientras que las tres especies de roedores nativos son categorizadas por UICN como de Preocupación Menor.

De las 40 especies de aves registradas en el área de estudio según la Ley de Caza, *Falco peregrinus* es categorizada como Vulnerable y todas son categorizadas por UICN (2007) como de Preocupación Menor.

Laguna Lejía

Tres de las 29 especies de flora nativas registradas, pertenecientes al género *Nototriche* están en la categoría de Vulnerable (Marticorena 2005).

Cinco de las 10 especies de mamíferos nativos silvestres registrados se incluyen en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de caza: *Vicugna vicugna y Chinchilla brevicaudata* En Peligro a nivel nacional, *Ctenomys fulvus* Vulnerable y *Lycalopex culpaeus* y *Abrocoma cinerea* Insuficientemente conocido; Glade (1993) incluye a todas en la misma categoría salvo *V. vicugna* como Vulnerable; Cofre y Marquet (1998) consideran a *V. vicugna* y *C. brevicaudata* En Peligro, y tres como Sin Prioridad Inmediata; UICN (2007) clasifica como Peligro Critico a *C. brevicaudata*, a tres como de Menor riesgo/preocupación menor y a una como de Preocupación menor.

Una de las 30 especies de aves registradas está en la categoría en Peligro, *Pterocnemia pennata*, cinco, *Chloephaga melanoptera*, *Larus serranus*, *Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus* y *P. jamesi* están en la categoría de Vulnerable y una, *Attagis gayi* en la categoría Rara, según el Reglamento de la Ley de Caza. Glade (1993) considera a siete de estas especies en la misma categoría de conservación y a *L serranus* la consigna como Rara. UICN (2007) clasifica a tres especies como Casi amenazadas (*P. pennata*, *P. chilensis* y *P. jamesi*), a una como Vulnerable (*P. andinus*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

Alrededores del Volcán Licancabur

Tres de 91 especies de plantas nativas están en la categoría de Vulnerables, *Trichocereus atacamensis*, *Nototriche auricoma* y *Nototriche* cfr. *Pulvinata* (Benoit 1989, Marticorena 2005).

De las 14 especies de mamíferos, ocho están en alguna categoría de conservación a nivel nacional según la Ley de Caza, siete según el Libro Rojo y cinco según Cofré & Marquet.

De las seis especies de reptiles, tres se consignan en alguna categoría de conservación en el Reglamento de la Ley de Caza, dos según el Libro Rojo (Glade 1993) mientras que UICN (2007), solo considera a una especie.

De las dos especies de anfibios una está considerada como Vulnerable en la Ley de Caza y en Glade (1993). Veloso (2006) y UICN (2007) la consideran de Preocupación menor y a la otra como de Datos Insuficientes.

De las 26 especies de aves una está categorizada como Vulnerable según la Ley de Caza, y según Glade (1993) y todas son categorizadas por UICN (2007) como de Preocupación Menor.

Geisers del Tatio

Tres de las 91 especies de flora nativa registradas, *Trichocereus atacamensis, Nototriche argentea* y *Azorella compacta*, están clasificadas en la categoría de Vulnerable y 88 no presentan problemas de conservación (Benoit 1989, Marticorena 2005).

Cinco de 11 especies de mamíferos nativos silvestres registrados (ver tabla 4-22) están incluidos en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de caza: *Vicugna vicugna* y *Lagidium viscacia* En Peligro a nivel nacional y *Lycalopex culpaeus, A. sublimis y A. cinerea*; Insuficientemente conocido. Glade (1993) considera a *L. culpaeus*; en la misma categoría y a *V. vicugna* como Vulnerable; Cofré & Marquet (1998) consideran a *V. vicugna* En Peligro, *L. viscacia* Frágil, *A. cinerea* Vulnerable y a dos de las especies restantes como Sin Prioridad Inmediata. UICN (2007) clasifica a cinco especies como de Menor riesgo/ preocupación menor.

El anfibio, *Bufo spinulosus* está considerado como Vulnerable en la Ley de Caza y en Glade (1993). Veloso (2006) y UICN (2007) la consideran de Preocupación menor.

Una de las 35 especies de aves registradas está en la categoría en Peligro, *Pterocnemia pennata*, y seis *Chloephaga melanoptera, Larus serranus, Phoenicopterus chilensis, P. andinus, Vultur gryphus y Fulica gigantea* están en categoría Vulnerable según el Reglamento de la Ley de Caza. Glade (1993) clasifica a una En Peligro, seis como Vulnerables y a *Larus serranus* como Rara. UICN (2007) clasifica a tres Casi amenazadas (*P. pennata*, *P. chilensis* y *V. gryphus*), a dos Vulnerables (*P. andinus* y *A. andicola*) y las restantes 26 especies como de Preocupación menor.

Cinco áreas de estudio

El número de especies vegetales con problemas de conservación en cada uno de los sitios en estudio es igual para todos salvo por el Oasis de Calama con dos especies en vez de tres.

En relación a la fauna con problemas de conservación, los sitios en estudio albergan porcentajes variables de las especies clasificadas a nivel nacional. En particular los sitios del altiplano albergan entre tres y cinco especies clasificadas En peligro que representan alrededor del 35% de las especies clasificadas en esta categoría, confiriéndoles por lo tanto una alto valor para la conservación de estas especies, aún más cuando se considera, por ejemplo, que en Geisers del Tatio y Laguna Lejía se encuentran ocho (33,3%) y seis (25%) de las 24 especies de mamíferos categorizadas Vulnerables para la zona norte, respectivamente. En el caso de las aves la situación es de mayor importancia aún puesto que las áreas en estudio albergan a 38,5% de las especies de avifauna categorizadas como Vulnerables para Chile, y el 58,2% de las Vulnerables para la zona norte.

Se espera que las diferencias de categorización de las especies chilenas se resuelvan cuando termine el proceso respectivo llevado adelante por CONAMA.

5. OBJETOS DE CONSERVACIÓN

Las actividades humanas que se relacionan con el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, ya sea que éstas se ubiquen dentro de los límites del área de interés o en su zona de influencia, suelen generar impactos que exceden los rangos naturales de variación y con ello afectan la integridad ecológica del sitio. Así, un área de interés puede afectarse por impactos directos o indirectos y en ambos casos el resultado es exceder la capacidad de uso sustentable o sostenible, conduciéndolos a su colapso. Cuando un área de conservación deja de ser funcional requiere manejo o restauración ecológica (Granizo et al. 2006).

5.1. Definición de los objetos naturales de conservación

Los objetos de conservación constituyen elementos bióticos que se incorporan como fundamentos de protección para los terrenos con alto valor para la conservación de la biodiversidad. Un área de conservación es funcional cuando reúne los atributos más adecuados para conservar la diversidad biológica a largo plazo o, como lo manifiestan Poiani & Richter (2000) es un área que “mantiene a las especies, comunidades y/o sistemas de interés focal y a los procesos ecológicos que sustentan, dentro de sus rangos naturales de variación”. Los objetos de conservación pueden ser a nivel de comunidades naturales y sistemas ecológicos o ecosistemas, en los que se incluyen los procesos naturales que los mantienen. También puede ser a nivel de especies.

Nivel de comunidades y ecosistemas

Cuando se trabaja con las comunidades naturales, éstas, de acuerdo a Whittaker (1975) se definen como un ensamble de poblaciones de plantas, animales, bacterias y hongos que viven en un entorno e interactúan unos con otros formando un sistema viviente particular. Mientras que un ecosistema sería la suma de comunidades y sus entornos tratados como sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía. Los sistemas ecológicos pueden clasificarse de acuerdo a su fisonomía en zonas de vida (Holdridge 1967), estructura de la vegetación, composición florística o ambos (Grossman et al. 1999).

Nivel de especies

A este nivel podemos trabajar en distintos grados o “filtros” (grueso, medio y fino)

El *filtro grueso* focaliza en la conservación de ecosistemas y puede considerar para ello a las especies “paraguas” (Groves 2003), que son aquellas que por su historia particular tienen influencia sobre otras. Por lo general se trata de especies cuyos rangos de distribución y movimiento son amplios, viven en hábitats heterogéneos y son vulnerables a las actividades humanas.

El *filtro medio* enfoca la conservación de elementos críticos del ecosistema que son importantes para muchas especies, en especial las que probablemente son pasadas por alto por los métodos de filtro fino, como invertebrados, hongos y plantas no vasculares. Los elementos críticos incluyen estructuras, humedales, y procesos como incendios e inundaciones (véase Hunter 2004).

El *filtro fino* considera aquellas especies que no estarían bien conservadas sólo con el filtro grueso, tales como especies en peligro de extinción, aquellas en riesgo dado que presentan poblaciones en declinación o naturalmente raras, o las endémicas. En esta categoría suelen estar también las especies bandera, las que no necesariamente tienen una validez ecológica importante pero que generan un compromiso afectivo inmediato en las personas, y por lo tanto estarán dispuestas a colaborar activamente en su conservación.

Especies focales

Las especies focales sirven como atajos para monitorear o resolver problemas de conservación, ya sea evaluando la magnitud de la perturbación antropogénica, monitoreando las tendencias poblacionales, localizando áreas de alta biodiversidad, delineando un tipo de hábitat o tamaño de área para protección o atrayendo la atención del público. Para la aplicación correcta de los diferentes términos asignados a las especies de interés, a continuación se sintetizan algunos conceptos de especies focales o sustitutas utilizadas para la conservación en base a distintas opiniones (Noss 1990; Stork & Samways 1995, Caro & O'doherty 1999).

Especies indicadoras. Son aquellas que pueden reflejar la calidad y cambios que surjan en su medio ambiente, así como también en aspectos de la composición de la comunidad. Estas especies tienden a ser muy sensibles a contaminantes, alteraciones e inestabilidad de su medio y a las actividades humanas. Tienen la capacidad de representar elementos pequeños, como un arroyo, o reflejar el estado prístino de un lugar. Las especies indicadoras son frecuentemente escogidas para realizar monitoreos, porque representan un uso particular, un ecosistema o un interés de manejo (Soulé & Kohm, 1989) o también porque son fácilmente muestreadas, clasificadas o identificadas. En general la selección de indicadores que informan sobre el estado del ambiente (biodiversidad) debe cumplir algunas de las siguientes características (Noss 1990, Caro & O'doherty 1999): (a) ser suficientemente sensibles para detectar las fases tempranas de cambio, (b) presentar una distribución a una escala geográfica amplia o ampliamente aplicables, (c) ser capaces de proporcionar evaluaciones continuas sobre un rango amplio de perturbación, (d) ser relativamente independientes del tamaño de muestra, (e) ser fáciles y económicas de medir, colectar probar y / o calcular, (f) ser capaces de diferenciar entre ciclos o tendencias naturales y aquellos inducidos por perturbaciones antropogénicas, (g) ser relevantes a fenómenos ecológicos significativos a diferentes niveles de organización. Dado que ningún indicador posee todas estas características, se requiere un conjunto de indicadores complementarios que evalúen aspectos de composición (incluye listas y medidas de la riqueza de especies y de la diversidad genética), estructura (incluye la complejidad de hábitats, abundancias relativas de las especies, patrón de distribución de hábitats, etc.) o de función (incluye flujo genético, perturbaciones, interacciones, etc.) en los diversos niveles de organización (Noss 1990).

Especies paraguas. Son aquellas que presentan requerimientos amplios, principalmente de hábitat y como consecuencia de su requerimiento también engloban los de otras especies que ocupan la misma área.

Especies bandera. Son aquellas que tienen aspecto carismático, populares y atractivas, son usadas para atraer la atención del público, son símbolos que pueden estimular programas y acciones de conservación.

Especies clave. Son especies que cumplen un rol fundamental en el ecosistema y muchas especies dependen de ellas, ya sea por su nivel trófico, producción de recursos alimenticios u otras interacciones dentro de la estructura de la comunidad. La pérdida o cambio de estas especies causa cambios en la estructura del ecosistema e incluso una pérdida de diversidad.

5.2. Estimación del valor de importancia

Para que los objetos de conservación sean efectivos deberán cumplir al menos con tres requisitos: (a) Representar la biodiversidad del ambiente o ecosistema (aquí representada por la riqueza de especies). (b) Considerar los endemismos presentes y (c) Reflejar las amenazas que existen sobre las especies (aquí representada por los estados de conservación). Para ponderar estos factores y calcular el valor de importancia del ambiente específico. Utilizamos la siguiente fórmula:

$$VI = \Sigma (D * 0,5 + E* 0,3 + A * 0,2)/ 10$$

Donde:

VI es el valor de importancia, D la diversidad, E el endemismo y A la amenaza. En fórmula el valor de importancia (VI) se divide por 10 para expresar los resultados en números enteros y el valor máximo teórico es 30.

La diversidad (D), como riqueza de especies, se considera un factor más relevante que los demás, por lo que, en la ponderación, se multiplica por un factor de 0,5. Se discriminan tres niveles:

Baja. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es menor o igual al 20% (< 39 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es menor o igual que el 20% (< 33 especies) de las 168 especies registradas para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Media. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es mayor al 20% y menor al 30% ($\geq$ 39 < 59 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es mayor al 20% de este total y menor al 30% ($\geq$ 33 < 50 especies) de las 168 especies registrados para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alta. Si la riqueza de especies de plantas del ambiente es mayor al 30% (< 98 especies) de las 196 registradas en las cinco áreas (registros propios y previos). Si la riqueza de especies de vertebrados nativos del ambiente es mayor al 30% (< 50 especies) de las 168 especies registrados para la provincia de El Loa (registros propios y previos). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

Los porcentajes considerados son estimativos y discutibles, pero se apoyan en que el número total de especies, plantas y animales, ya sea para la provincia de El Loa o para las cinco áreas, son una expresión de la diversidad gamma, en cambio los ambientes contienen diversidad alfa, la que por definición es una proporción de la primera.

El endemismo (E) se considera un factor de menor peso que la diversidad, pero mayor que el estado de conservación, por lo que se multiplica por un factor de 0,3. Se discriminan tres niveles:

Bajo. Cuando exista menos de un 5% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista menos de un 5% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Medio. Cuando exista entre un 5 y un 8% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista entre un 5 y un 8% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alto. Cuando exista más de un 8% de endemismo de plantas en el ambiente, considerando que para el altiplano y puna el endemismo esperado es de 13,9% (Cavieres et al. 2002). Cuando exista más de un 8% de endemismo de vertebrados, considerando que se documenta un 13,7% para la provincia de El Loa (Ramírez & Pincheira-Donoso 2005). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

La amenaza se considera el factor de menor peso por lo que se multiplica por un factor de 0,2. Se discriminan tres niveles:

Baja. Cuando la proporción de plantas y vertebrados terrestres amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida o rara) sea menor a lo documentado para el país (< 5,1 para plantas y < 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 1.

Media. Cuando la proporción de plantas y animales amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida, rara) sea igual o similar a lo documentado para el país (similar a 5,1 para plantas y similar a 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 2.

Alta. Cuando la proporción de plantas y animales amenazados (en estados de conservación en peligro, vulnerable, inadecuadamente conocida, rara) sea mayor a lo documentado para el país (> a 5,1 para plantas y > a 34,4% para vertebrados terrestres). En ambos casos se le asigna valor numérico 3.

Para el total de plantas se siguió a Simonetti (1995) considerando las 3.830 especies de dicotiledóneas y las 1.043 monocotiledóneas (4.873 especies) Para el total de vertebrados terrestres se siguió a (Marín 2004, Veloso 2006, Núñez et al. 1997, Muñoz-Pedreros & Yáñez 2008). Los endemismos y estados de conservación se obtuvieron de (Marticorena 2005, Marticorena & Quezada 1985, Marticorena & Rodríquez 1995, 2001, 2003, 2005, Núñez et al 1997, Benoit 1989, Díaz-Paez & Ortiz (2003), Veloso 2006, UICN 2007, Red Data Book UICN 2007).

5.3. Objetos de conservación

Valor de importancia de los ambientes (filtro grueso)

Desde el punto de vista vegetacional los ambientes con mayor valor de importancia son el Ojalar del desierto de aluviones y el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica (> 21 VI), ambos se localizan en el área Alrededores del Volcán Licancabur y el segundo además en el área Geisers del Tatio (Tabla 5-25). En un segundo grupo de valor están el Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama, el Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua, los Cultivos del Valle de Quillagua y los Humedales altoandinos del Tatio. Los ambientes del Valle de Quillagua, están aparentemente sobrevalorados ya que aunque su riqueza de especies es baja, el valor de importancia es mayor que el de los humedales altoandinos del Tatio. Esto se debe a que en el Valle de Quillagua existen dos especies endémicas y ambas amenazadas (*Prosopis* spp) incrementando su valor, pero como estas especies han sido plantadas en un programa de reforestación consideramos con reserva los valores para este sitio.

Considerando ahora los vertebrados terrestres, cinco ambientes son similares en valoración (> 18 VI): (a) el Ojalar del desierto de aluviones, (b) el tolar de la estepa arbustiva prepuneña (c) el Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica, (d) el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica y (e) el Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama. Nótese que ambientes de alta diversidad como los Humedales altoandinos del Tatio (38 especies) y el Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama (37 especies) no tienen una alta valoración de importancia. Esto se debe a que la propia alta diversidad “diluye” las proporciones de endemismo y amenaza, que no son altas en estos ambientes. En el caso del humedal la diversidad está caracterizada por las especies de aves, ninguna endémica ni amenazada.

Vinculando el valor de importancia, tanto para plantas como vertebrados terrestres, y las salvedades ya indicadas para el Valle de Quillagua, concluimos que los ambientes más relevantes son, en importancia: el Ojalar del desierto de aluviones (Licancabur) y el Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica (Licancabur y el Tatio). Agregamos, como ambientes relevantes al Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama (Lejía), Humedales altoandinos del Tatio, Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama y el Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua.

TABLA 5-25. VALOR DE IMPORTANCIA PARA DIFERENTES AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

	AMBIENTES											
PARÁMETROS	Humedales altoandinos del Tatio	Humedal altoandino de laguna Lejía	Ojalar del desierto de aluviones	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del oasis de Quillagua
AREAS	Tatio	Lejia	Licancabur	Tatio	Tatio, Licancabur	Lejia	Licancabur	Tatio, Licancabur	Calama	Calama	Quillagua	Quillagua
Nª especies de plantas	25	6	42	17	34	40	7	45	33	15	12	10
Valor de Diversidad (D)	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1
Nº plantas endémicas	2	0	8	0	0	2	0	5	0	0	1	1
% plantas endémicas	8,0	0	17,4	0	0	5,0	0	11,1	0	0	8,3	10,0
Valor de Endemismo (E)	2	1	3	1	1	2	1	3	1	1	3	3
Nº plantas amenazadas	0	0	1	0	1	3	0	3	2	2	3	3
% plantas amenazadas	0	0	2,2	0	2,9	7,5	0	6,7	6,1	13,3	25,0	30,0
Valor de Amenaza (A)	1	1	1	1	1	2	1	2	2	3	3	3
VI PLANTAS= S D*0,5+E*0,3+A*0,2	**18**	10	**21**	10	**15**	**20**	10	**23**	**17**	14	**20**	**20**
Nª vertebrados terrestres	39	21	16	12	38	26	22	38	50	12	21	9
Valor de Diversidad (D)	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1
Nº vertebrados endémicos	0	0	2	1	2	1	1	2	4	1	1	1
% vertebrados endémicos	0,0	0,0	12,5	8,3	5,3	3,8	4,5	5,3	8,0	8,3	4,8	11,1
Valor de Endemismo (E)	1	1	3	3	2	1	1	2	2	3	1	3
Nº vertebrados amenazadas	11	8	7	6	11	4	6	11	6	2	3	1
% vertebrados amenazados	28,2	38,1	43,8	50,0	28,9	15,4	27,3	28,9	12,0	16,7	14,3	11,1
Valor de Amenaza (A)	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
VI VERTEBRADOS= S D*0,5+E*0,3+A*0,2	**15**	**14**	**20**	**20**	**18**	10	10	**18**	**18**	**16**	10	**16**

Prioridades ecológicas (filtro medio)

Se incluyen en el análisis las prioridades ecológicas, ya indicadas como filtro medio, y enfocados a elementos críticos del ecosistema que son importantes para, prácticamente todas las especies, como son los cuerpos de agua, lénticos y lóticos. Asi, este filtro considera tres prioridades ecológicas: (a) los humedales, (b) las quebradas y (c) desierto florido.

Humedales. Incorpora los elementos críticos para la existencia de biodiversidad y agrupa las charcas, manantiales, arroyos, bofedales que conservará, además invertebrados y plantas acuáticas. Desde este punto de vista todos los humedales estudiados tienen una prioridad ecológica alta: (a) los humedales altoandinos del Tatio, (b) el humedal altoandino de Laguna Lejía, (c) los humedales riparianos del Guatín, (d) el matorral ripariano del desierto absoluto de Calama y (e) matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua.

Quebradas. Estas formaciones crean las condiciones para la existencia de un microhábitat que proporciona sombra, heterogeneidad espacial, microclimas (por la sombra y las diferentes exposiciones al sol). Estas quebradas son relevantes en el Desierto Andino, entre los 1.800 y los 3.500 msm. También el Oasis de Calama (e.g., Ojo de Opache).

Desierto Florido. Considera agrupaciones de especies que comparten el fenómeno ecológico limitado a la ocurrencia ocasional de lluvias que desencadenan su proceso de reproducción. De este modo, su conservación tiene influencia directa sobre otras especies asociadas.

Especies focales (filtro fino)

Valor como especie focal

Para calcular el valor de conservación atribuible a la especie focal se siguió, con modificaciones, a lo usado por Daza (2005) en el Parque Nacional Sajama, Bolivia, a Reca et al. (1994) y a lo considerado en diversos talleres en que ha participado parte del equipo de trabajo para clasificar fauna silvestre (Grigera 2002, Grigera et al. información no publicada). La propuesta metodológica (basada en Muñoz-Pedreros et al. información no publicada) se fundamenta en la integración ponderada de diferentes variables que se agrupan en tres tipos: (a) las variables inherentes a la especie objetivo y que presentarían muy pocas variaciones intrapoblacionales (e.g., endemismo, tamaño corporal, uso del hábitat, estrategia trófica y perceptibilidad), (b) variables no inherentes, que no son atribuibles a la especie objetivo y que tienen una causa antrópica (e.g., amenaza) y (c) variables mixtas, son algunas variables propias de la especie, cuya expresión está condicionada por acciones antrópicas (e.g., distribución geográfica, valor taxonómico). La valoración de realizó en un panel de especialistas empleando el método de Delphi y siguiendo consideraciones de Hess & King (2002). Para esto se reunieron una serie de factores en una fórmula con expresión numérica para obtener el valor como especie focal (Vef).

Vef = Ve + Va + Vd + Vm + Vt + Vs + Vh + Vi + Vp

Donde:

Ve = Valor de endemismo
Va = Valor de amenaza
Vd = Valor de distribución
Vm = Valor de tamaño corporal
Vt = Valor trófico
Vs = Valor de singularidad taxónomica
Vh = Valor de uso del hábitat
Vi = Valor como indicadora de salud ecosistémica
Vp = Valor de perceptibilidad

Valor de endemismo (Ve). Aquí se empleó la información generada en capítulo anterior.

NIVEL DE ENDEMISMO	VE
Endemismo continental	1
Endemismo regional	2
Endemismo del país	3
Endemismo del área	4
Endemismo local	5

Valor de amenaza (Va). Se emplean los estados de conservación en que están clasificadas las especies y analizadas en capítulo anterior.

ESTADO DE CONSERVACIÓN	VA
Rara	1
Insuficientemente conocido	2
Riesgo menor	3
Vulnerable	4
En peligro	5

Valor de distribución (Vd). Se considera la distribución de la especie objetivo, conjugando la distribución continental y nacional. Se asume que la contigüidad geográfica permite el flujo genético interpoblacional disminuyendo su vulnerabilidad.

DISTRIBUCIÓN	VD
Parte de la región neotropical	1
Todo el país o gran parte del país	2
Aproximadamente la mitad del país	3
Zona norte grande	4
Local	5

Valor de tamaño corporal (Vm). Esta variable asume que a mayor masa existe un mayor requerimiento de superficie, y por lo tanto hay menor densidad de individuos.

TAMAÑO CORPORAL	ANIMALES PESO (KG)	PLANTAS FORMAS DE VIDA	VM
Pequeño	< 0,5	Hierbas	1
Mediano	0,5 a 5	Arbustos	3
Grande	> 5	Árboles	5

Valor trófico (Vt). Esta variable, sólo aplicable a vertebrados, se refiere a la estrategia de alimentación de la especie objetivo. Conjuga el nivel trófico que ocupa y su grado de especialización. Desde el punto de vista de la conservación, las especies situadas en los niveles más altos de la cadena trófica son las más afectadas por las acciones humanas, ello debido a que éste está relacionado con el tamaño del ámbito de hogar (e.g., mayor en carnívoros).

NIVEL TRÓFICO	Vt
Herbívoro	1
Omnívoro	2
Insectívoro	3
Frugívoro	4
Carnívoro	5

Valor de singularidad taxonómica (Vs). El valor taxonómico se considera con el fin de priorizar las especies que pertenecen a taxones monotípicos. Cuanto menor sea el número de especies que incluye un taxón, ya sea a nivel de Género, de Familia o de Orden, se asume que es motivo de mayor interés desde el punto de vista científico.

VALOR TAXONÓMICO	Vs
En Géneros con $\geq$ 4 especies	1
En Géneros con >2 y < 4 especies	2
En Género monotípico	3
En Familia monotípica	4
En Orden monotípico	5

Valor de uso del hábitat (Vh). La utilización del hábitat está condicionada por diversos factores, pero para nuestros objetivos consideraremos la heterogeneidad y la complejidad de los hábitats que la especie objetivo utiliza. Es decir la variedad de hábitats, tanto a nivel horizontal como vertical. Una especie será menos vulnerable mientras sea capaz de utilizar toda o una buena parte de hábitats heterogéneos y/o complejos. Es decir mientras ocupe una mayor variedad de estratos y/o ambientes. Este valor se refiere a las diferentes aptitudes de las especies para vivir en diferentes tipos de hábitats

USO DEL HÁBITAT PLANTAS/VERTEBRADOS	Vh
Ruderal/Hábitat generalista	1
Resistente/Hábitat semi generalista	3
Competidora/Hábitat especialista	5

Valor como especie indicadora de salud (Vi). Existen especies que son muy buenas indicadoras del estado del ecosistema, ya sea indicador de perturbación o pristinidad**.** Por ejemplo los anfibios son excelentes indicadores por su alta labilidad a los cambios en su hábitat.

USO DEL HÁBITAT	Vi
Buena indicadora	5
Indicadora intermedia	3
No es indicadora	1

Valor de perceptibilidad (Vp). La definimos como el conjunto de elementos propios del medio y de las plantas o animales en sí, que permiten al observador advertir, en distintos grados, la presencia de una especie determinada, ya sea a través de su percepción visual o auditiva (para la fauna), pudiendo ésta darse en forma directa (al ser posible el avistamiento de un ejemplar) o en forma indirecta (a través de indicios, huellas o signos). De este modo consideramos para esta variable factores como: período de actividad, colorido, mimetismo, tamaño, perceptibilidad acústica, perceptibilidad de indicios, conductas y grado de tolerancia a la presencia humana (Muñoz-Pedreros et al. información no publicada). La perceptibilidad es importante para los monitoreos y una eventual sindicación como especies banderas.

PERCEPTIBILIDAD	Vp
Capacidad críptica. Perceptibilidad muy baja	1
Mimética. Perceptibilidad baja	2
No mimética. Perceptibilidad media baja	3
Sin capacidad críptica. Perceptibilidad media	4
Perceptibilidad alta	5

El cálculo del valor como especie focal consideró tres factores para seleccionar a las especies: (a) todas las especies endémicas, (b) todas las clasificadas en los niveles más graves de amenaza (En Peligro y Vulnerables) y (c) las que tienen una clara característica como especie indicadora del estado del ecosistema en que se encuentra. Así se ingresaron 26 especies de plantas y un género (*Prosopis*) y 40 especies de vertebrados. En las Tablas 5-26 y 5-27 se presentan las evaluaciones, y en la Tabla 5-28 la selección final de las especies después de que fueron sometidas a discusión en un taller de especialistas, donde se consideraron otros factores como singularidad estética (e.g., *Calceolaria stellariifolia*), valor como germoplasma de uso agrícola (e.g., *Solanum sitiens*), especies de valor agrícola (e.g., género *Prosopis*) o participación destacada en el fenómeno del desierto florido (e.g., *Lupinuys oreophilus*). Respecto al valor de algunas especies como indicadoras ecosistémicas, se consideró, para plantas a Daza (2005) en un estudio en el PN Sajama, en Bolivia, en que considera a *Deyeuxia breviaristata* y *Stipa nardioides* como pasto vigoroso que indicaría un adecuado balance trófico con los herbívoros y a *Oxychloe andina* como indicadora de bofedales antiguos. Al revés, como indicadores de perturbación *Deyeuxia curvula* indica un bofedal en proceso de desecamiento y *Distichlis humilis* como indicadora de un bofedal en proceso de salinizacion.

TABLA 5-26. PLANTAS PRESELECCIONADAS COMO ESPECIES FOCALES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. VE= VALOR DE ENDEMISMO, VA= VALOR DE AMENAZA, VD= VALOR DE DISTRIBUCIÓN, VM= FORMA DE VIDA, VST= VALOR DE SINGULARIDAD TAXONÓMICA, VH= VALOR DE USO DE HÁBITAT, VALOR COMO INDICADORA, VP= VALOR DE PERCEPTIBILIDAD, VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	Ve	Va	Vd	Vm	Vst	Vh	Vi	Vp	Vef
Azorella compacta	Llareta	2	4	1	3	1	3	1	5	20
Polyachyrus carduoides	Amargura	4	1	3	1	1	1	1	4	16
Trichocline caulescens	S/N	4	1	4	1	1	3	1	3	18
Werneria glaberrima	Poposa	4	1	4	1	1	1	1	3	16
Haplopappus rigidus	Bailahuén	1	1	4	1	1	3	1	5	16
Neuontobothrys linifolius	S/N	3	1	3	1	2	3	1	3	17
Lobivia formosa	S/N	2	1	3	3	1	5	3	5	23
Neoporteria aricensis	Escondido	4	1	4	3	1	3	1	2	19
Opuntia conoidea	S/N	4	2	4	3	1	3	1	5	23
Tephrocactus atacamensis	Chuchampe	4	1	4	3	1	3	1	5	22
Trichocereus atacamensis	Cardón Gigante	4	4	4	5	1	5	1	5	29
Reicheella andicola	S/N	2	1	4	1	3	3	1	3	18
Adesmia aphylla	Anaguaya	4	1	3	3	1	3	1	5	21
Adesmia atacamensis	Tano - tano	4	1	3	3	1	3	1	4	20
Adesmia kingii	Anaguaya	3	1	3	3	1	1	1	4	17
Nototriche argentea	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Nototriche auricoma	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Nototriche pulvinata	Nototriche	2	4	1	1	1	3	1	2	15
Prosopis alba	Algarrobo blanco	2	4	1	5	1	1	5	5	24
Prosopis chilensis	Algarrobo	2	4	1	5	1	1	5	5	24
Prosopis spp	Tamarugo	4	4	4	5	1	1	1	5	25
Distichlis humilis	Grama salada	1	1	1	1	1	3	5	3	16
Junellia tridactyla	S/N	4	1	4	1	1	5	1	3	20
Festuca orthophylla	Ichu, Paja brava	1	1	1	1	1	3	5	5	18

Calceolaria stellariifolia	Capachito	4	1	4	1	1	5	3	3	22
Lupinus oreophilus	Salcarai	4	1	4	3	1	1	1	5	20

TABLA 5-27. VERTEBRADOS PRESELECCIONADOS COMO ESPECIES FOCALES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. VE= VALOR DE ENDEMISMO, VA= VALOR DE AMENAZA, VD= VALOR DE DISTRIBUCIÓN, VM= VALOR DE TAMAÑO CORPORAL, VT= VALOR TRÓFICO, VS= VALOR DE SINGULARIDAD TAXONÓMICA, VH= VALOR DE USO DE HÁBITAT, VI= VALOR COMO INDICADORA, VP= VALOR DE PERCEPTIBILIDAD, VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	Ve	Va	Vd	Vm	Vt	Vs	Vh	Vi	Vp	Vef
MAMÍFEROS											
Chaetophractus nationi	quirquincho de la puna	1	5	1	3	2	2	3	3	1	21
Myotis atacamensis	murciélago oreja de ratón	3	4	3	1	3	1	1	1	3	20
Eligmodontia puerulus	ratita de pie sedoso	1	1	4	1	2	2	1	1	2	15
Auliscomys sublimis	pericote de la Puna	1	1	4	1	1	2	1	1	2	14
Phyllotis magister	lauchón orejudo grande	3	1	3	1	1	1	1	1	2	14
Abrocoma cinerea	ratón chinchilla	1	1	4	1	1	2	1	1	3	15
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	1	4	4	1	1	1	3	5	2	22
Ctenomys opimus	tuco tuco de la puna	1	1	4	1	1	1	3	5	2	19
Lagidium viscacia	vizcacha	1	5	3	3	1	2	1	5	5	26
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	1	5	4	3	1	2	1	5	3	25
Leopardus colocolo	gato colocolo	1	5	1	5	5	1	3	5	4	30
Lycalopex culpaeus	zorro culpeo	1	1	1	5	5	1	1	5	5	25
Lycalopex griseus	zorro chilla	1	1	1	5	5	1	1	5	5	25
Lama guanicoe	guanaco	1	5	1	5	1	1	1	3	5	23
Vicugna vicugna	vicuña	1	5	1	5	1	3	1	3	5	25
AVES											
Attagis gayi	perdicita cordillerana	1	2	1	3	1	2	3	3	3	19
Chloephaga melanoptera	piuquén	1	4	3	3	1	1	1	1	5	20
Conirostrum tamarugense	comesebo del Tamarugal	1	4	5	1	3	1	1	1	3	20
Falco peregrinus	halcón peregrino	1	4	1	3	5	1	1	5	5	26
Fulica ardesiaca	tagua andina	1	1	4	3	1	1	5	3	5	24
Fulica gigantea	tagua gigante	1	4	4	3	1	1	5	3	5	27
Larus modestus	gaviota garuma	1	4	3	1	5	1	1	1	5	22
Larus serranus	gaviota andina	1	4	2	1	5	1	1	1	5	21
Phoenicoparrus andinus	parina grande	1	4	4	5	1	2	5	5	5	32
Phoenicoparrus jamesi	parina chica	1	4	4	5	1	2	5	5	5	32
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	1	4	3	5	5	2	5	5	5	35
Pterocnemia pennata	suri	1	5	4	5	1	3	3	5	5	32
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	1	4	4	3	2	2	1	1	3	21
Vultur gryphus	cóndor	1	4	1	5	5	2	1	3	5	27
REPTILES											
Microlophus theresioides	corredor de Pica	4	2	5	1	3	1	3	1	5	25
Liolaemus barbarae	lagartija de Bárbara	5	1	5	1	3	1	3	1	5	25
Liolaemus constanzae	lagartija de Constanza	1	2	5	1	3	1	3	1	2	19
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	5	2	5	1	3	1	3	1	5	26
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	5	2	5	1	3	1	3	1	5	26
Liolaemus puritamensis	lagartija de Puritama	5	1	5	1	3	1	3	1	5	25
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	5	2	5	1	3	1	3	1	1	22
Phrynosaura reichei	dragón de Reich	5	1	5	1	3	1	3	1	1	21

ANFIBIOS											
Bufo spinulosus	bufo espinoso	1	4	3	1	3	1	5	5	3	26
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko	5	1	5	1	3	1	5	5	3	29
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama	5	1	5	1	3	1	5	5	3	29

TABLA 5-28. SELECCIÓN FINAL DE ESPECIES FOCALES. VEF= VALOR COMO ESPECIE FOCAL. NA= NÚMERO DE AMBIENTES EN QUE LA ESPECIE FOCAL ESTÁ PRESENTE. AMBIENTES= LOS NÚMEROS SON CÓDIGOS DE LOS NOMBRES DE LOS AMBIENTES, PRESENTADOS DEBAJO DE ESTA TABLA.

PLANTAS	NOMBRE VULGAR	Vef	NA	Ambientes	Áreas
Azorella compacta	llareta	20	2	2,3	Tatio
Lobivia formosa	sin nombre vulgar	23	1	4	Tatio
Opuntia conoidea	sin nombre vulgar	23	4	2,3,4,5	Tatio, Licancabur
Trichocereus atacamensis	cardón gigante	29	1	5	Licancabur
Adesmia atacamensis	tano - tano	20	1	5	Licancabur
Lupinus oreophilus	salcarai	20	1	5	Licancabur
Prosopis spp	tamarugos	25	4	9,10,11,12	Quillagua, Calama
Calceolaria stellariifolia	capachito	22	1	1	Lejía
Junellia tridactyla	sin nombre vulgar	20	2	1,2	Lejía, Tatio
VERTEBRADOS	NOMBRE VULGAR	Vef	NA	Ambientes	
Ctenomys fulvus	tuco tuco de Atacama	22	2	3,5,7	Lejía, Licancabur
Lagidium viscacia	vizcacha	26	3	1,3	Tatio, Licancabur
Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	25	1	1	Lejía
Vicugna vicugna	vicuña	25	4	1,3,4,6	Lejía, Licancabur, Tatio
Larus modestus	gaviota garuma	22	1	12	Quillagua
Tinamotis pentlandii	perdiz de la puna	22	2	3,4	Tatio, Licancabur
Falco peregrinus	halcón peregrino	26	2	9,10	Calama
Fulica gigantea	tagua gigante	27	1	6	Tatio
Phoenicoparrus spp	parinas	32	1	7	Lejía
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	35	2	6,7	Lejía
Pterocnemia pennata	suri	32	2	1,4	Lejía, Tatio
Microlophus theresioides	corredor de Pica	25	4	9,10,11,12	Quillagua, Calama
Liolaemus barbarae	lagartija de Bárbara	25	1	3	Tatio, Licancabur
Liolaemus fabiani	lagartija de Fabián	26	1	5	Licancabur
Liolaemus paulinae	lagartija de Paulina	26	1	9	Calama
Liolaemus puritamensis	lagartija de Puritama	25	1	1, 3	Lejía, Licancabur
Phrynosaura audituvelata	dragón de oído cubierto	22	1	5	Licancabur
Telmatobius dankoi	rana acuática de Danko	29	1	9	Calama
Telmatobius vilamensis	sapo de Vilama	29	1	8	Licancabur

CÓDIGO	AMBIENTES
1	Pajonal de la Estepa Subdesertica de la Puna de Atacama
2	Pajonal/Tolar de la Estepa Altoandina Altiplánica
3	Pajonal/Tolar de la Estepa Altoandina Subdesértica
4	Tolar de la Estepa Arbustiva Prepuneña
5	Ojalar del Desierto de Aluviones
6	Humedales Altoandinos de El Tatio
7	Humedal Altoandino Lacustre de Laguna Lejía
8	Humedales Riparianos de Guatín
9	Matorral Ripariano del Desierto Absoluto de Calama
10	Cultivos del Oasis de Calama
11	Matorral Ripariano del Desierto Absoluto de Quillagua
12	Cultivos del Oasis de Quillagua

Si observamos, ahora, la conservación de la diversidad desde la perspectiva de las cinco áreas de estudio dos de ellas, Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio, son las que presentan los mayores créditos en una eventual priorización por los siguientes motivos: (a) Si focalizamos sobre la vegetación, Licancabur reúne dos de los ambientes con mayor valor de importancia: el ojalar del desierto de aluviones y el pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica. Ambos contienen la mayor riqueza de especies de plantas (46 y 45 respectivamente), el mayor número de plantas endémicas (ocho y cinco respectivamente) y el mayor número de especies de plantas focales (cuatro y tres respectivamente). (b) Si focalizamos sobre los vertebrados todos presentan una valoración de importancia similar (entre 17 y 21), asimismo en diversidad de especies destacan los géiseres del Tatio ya que en sus ambientes de humedales altoandinos, existe la mayor riqueza de especies (38) con una especie endémica, 12 amenazadas y tres especies focales (Anexo 4-3, 4-4 y 4-5).

Respecto a los filtros medio, los humedales y las quebradas están presentes en las cinco áreas, sin embargo son más frecuentes en el área Alrededores del Volcán Licancabur. Esta misma área también posee el fenómeno de desierto florido, que ocurre, principalmente, en el ojalar del desierto de aluviones (también en el pajonal/tolar), donde florece extensamente *Lupinus oreophilus* (salcarai).

En relación al Valle de Quillagua y Oasis de Calama consideramos que, pese a los argumentos antes desplegados, cada uno de ellos pueden ser objetos de conservación en sí mismos por las prioridades ecológicas que representan. Por un lado, se deben considerar las comunidades naturales asociadas a las formaciones vegetales, las que podríamos reunir en el concepto más amplio de oasis. Y por otro lado, al sistema hídrico río Loa y su zona ribereña. Ambos son sistemas funcionales que transfieren y circulan materia y energía y están inmersos en una matriz hostil como es el desierto absoluto. Finalmente existen especies de alto interés como el anfibio endémico local ya nombrado (*Telmatobius dankoi*) al que se debe agregar *Solanum sitens*, planta de la familia de los tomates, también endémica local, que se distribuye solamente en el borde del desierto absoluto, de la cual no existen más de 500 plantas y que es actualmente usada en el mejoramiento de los tomates de uso agrícola. Es una planta de gran potencial y está considerada como Vulnerable, aunque esta categoría podría revisarse (L. Faundez com. per.).

En conclusión los seis ambientes seleccionados (Tabla 5-29) son de alto valor para la conservación de la biodiversidad y cada una de las cinco áreas de estudio contiene al menos uno de estos ambientes. En el capítulo subsiguiente examinaremos los usos, amenazas y protección legal a que están sometidos los objetos de conservación, lo que permitirá agregar más antecedentes para una propuesta final.

TABLA 5-29. CARACTERIZACIÓN DE LOS SEIS AMBIENTES DE ALTO VALOR DE IMPORTANCIA EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA

AMBIENTE	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales altoandinos del Tatio	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua
Áreas donde está presente	**Licancabur**	**Licancabur Tatio**	**Lejía**	**Tatio**	**Calama**	**Quillagua**
PLANTAS						
Nº especies	42	45	40	25	33	12
Nº especies endémicas	8	5	2	2	0	1
Nº especies amenazadas	1	3	3	0	2	3
Nº especies focales	4	3	2	0	1	1
VERTEBRADOS TERRESTRES						
Nº especies	16	38	26	39	50	21
Nº especies endémicas	2	2	1	0	4	1
Nº especies amenazadas	7	11	5	11	6	3
Nº especies focales	2	0	8	3	4	2
Total especies	58	83	66	64	83	33
Total especies endémicas	10	7	3	2	4	2
Total especies amenazadas	8	14	8	11	8	6
Valor de importancia plantas/vertebrados **FILTRO GRUESO**	21/20	23/18	20/10	18/15	17/18	20/10
Prioridades ecológicas **FILTRO MEDIO**	3	0	0	1	1	1
Total especies focales **FILTRO FINO**	6	3	10	3	5	3

5.4. Objetos de conservación en las cinco áreas

En la Tabla 5-30 se presenta el resumen con los objetos de conservación seleccionados, considerando los filtros grueso, medio y fino.

TABLA 5-30. OBJETOS DE CONSERVACIÓN PARA CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. *= PLANTA, **= VERTEBRADO.

ÁREAS	OBJETOS DE CONSERVACIÓN		
	FILTRO GRUESO (AMBIENTES)	FILTRO MEDIO (PRIORIDADES ECOLÓGICAS)	FILTRO FINO (ESPECIES FOCALES)
Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	*Prosopis spp** *Microlophus theresioides*** *Larus modestus***
Oasis de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	*Prosopis spp** *Microlophus teresioides*** *Falco peregrinus*** *Liolaemus paulinae*** *Telmatobius dankoi***
Laguna Lejía	Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	Humedales altoandinos lacustres de Laguna Lejía	*Calceolaria stellariifolia** *Junellia tridactila** *Ctenomys fulvus*** *Chinchilla brevicaudata*** *Vicugna vicugna*** *Phoenicoparrus spp*** *Phoenicopterus chilensis** *Pterocnemia pennata***
Alrededores del volcán Licancabur	Ojalar del desierto de aluviones Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales ribereños del Guatín Desierto florido Cañones	*Opuntia conoidea** *Trichocereus atacamensis** *Adesmia atacamensis** *Lupinus oreophilus** *Ctenomys fulvus*** *Lagidium viscacia*** *Vicugna vicugna*** *Tinamotis pentlandii*** *Liolaemus barbarae*** *Liolaemus fabiani*** *Liolaemus puritamensis*** *Phrynosaura audituvelata*** *Telmatobius vilamensis***
Géiseres del Tatio	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica Humedales altoandinos del Tatio	Humedales altoandinos	*Azorella compacta** *Lobivia formosa** *Opuntia conoidea** *Trichocereus atacamensis** *Junellia tridáctila** *Lagidium viscacia*** *Vicugna vicugna*** *Tinamotis pentlandii*** *Fulica gigantea*** *Phoenicopterus chilensis** *Pterocnemia pennata*** *Liolaemus barbarae***

5.5. Consideraciones finales

Para implementar programas de conservación de la biodiversidad es fundamental tener claro y presente los mecanismos que pueden extinguir las especies o disminuir sus tamaños poblacionales. Gilpin & Soulé (1986) han propuesto un modelo, del vórtice de extinciones, que señala que: (a) a medida que las poblaciones y su tamaño poblacional efectivo se hace más pequeño, la población se hace más vulnerable a variaciones ambientales y factores de pérdida de variabilidad genética que tienden a reducir aún más el tamaño de la población; (b) las poblaciones reducidas presentan una mayor depresión por autocruzamiento (expresión de genes nocivos por cruces entre individuos emparentados o genéticamente muy similares), menor variabilidad genética y mayor sensibilidad a los cambios ambientales, disminuyendo aún más el tamaño poblacional, en lo que constituye un verdadero vórtice que lleva, finalmente, a la extinción. Por esto deben considerarse en los objetos de conservación, no sólo aquellas especies que cumplen con los “requisitos” para ser priorizadas, como ya vimos, sino que debe prestarse cuidadosa atención a las especies que están en los anillos más externos del vórtice de extinciones; es decir, aquellas que recién comienzan a ingresar a categorías críticas de amenaza. La extinción a que se refiere el modelo es aplicable tanto a la extinción local (en un área o región específica), como a la extinción global (en el ámbito mundial). Los factores ambientales que desencadenan este vórtice son, entre otros: (a) destrucción del hábitat, (b) fragmentación del hábitat, (c) degradación del ambiente, (d) variaciones del ambiente (naturales o inducidas antrópicamente), (e) sobrecaptura y (f) efecto de las especies invasoras. Algunos de estos factores son los que analizaremos en el siguiente capítulo de usos y amenazas.

Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama. Filtro grueso.

Humedales altoandinos lacustres Laguna Lejía. Filtro medio.

Calceolaria stellariifolia. Filtro fino.

Ctenomys fulvus. Filtro fino.

Phoenicopterus chilensis. Filtro fino.

CAPITULO VI
ESTUDIO DE PAISAJE

CAPÍTULO VI ESTUDIO DE PAISAJE

1. INTRODUCCIÓN

El paisaje es la expresión espacial y visual del medio y puede identificarse como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas. Es un recurso natural escaso, valioso y con demanda creciente, fácilmente depreciable y difícilmente renovable, por lo que merece especial consideración al momento de evaluar impactos ambientales negativos en un proyecto determinado. A su vez el estudio del paisaje debe ser considerado dentro de la planificación física, puesto que forma parte de los recursos naturales del medio físico y como tal es de carácter limitado y está expuesto a deterioro. El paisaje visual considera la estética y la capacidad de percepción por un observador.

2. METODOLOGÍA

2.1. Registro de imágenes

Para realizar la evaluación de la calidad visual del paisaje, se registraron imágenes de forma dirigida desde los caminos existentes al interior de los límites del área de estudio, utilizando una cámara fotográfica digital Cannon EOS-Rebel. Los caminos corresponden a la principal ruta de accesibilidad, concentración y flujo de observadores en el área. Para no afectar la posterior percepción del paisaje, se controlaron las condiciones en que se realizó la observación (e.g., posición, movimiento, distancia del observador en relación al paisaje) y las condiciones de visibilidad (véase detalles en Escribano et al. 1991 y Muñoz-Pedreros 2004).

2.2. Definición y asignación de unidades homogéneas de paisaje

Para facilitar la evaluación del paisaje y disponer de una buena base para ordenar el territorio, éste se fragmentó en unidades homogéneas según su contenido paisajístico. Las unidades de paisaje (UP), entendidas como una agregación ordenada y coherente de las partes elementales, fueron definidas como unidades irregulares, según los criterios establecidos por MOPT (1992). Para esto se analizaron las imágenes registradas en función de los descriptores que presentaran (e.g., tipo de relieve y vegetación predominante en primer plano, en segundo orden de importancia el relieve de fondo).

2.3. Análisis de la calidad visual del paisaje

Para determinar la calidad visual del paisaje, se utilizó el método mixto con valoración directa de subjetividad representativa y análisis posterior indirecto, con análisis de componentes desarrollado por Muñoz-Pedreros (2004) y Muñoz-Pedreros et al. (1993, 2000).

TABLA 6-1. LISTA DE ADJETIVOS JERARQUIZADOS (SENSU MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993) Y SU CORRELACIÓN CON LA ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (SENSU FINES 1968). VP= VALOR DEL PAISAJE.

ESCALA DE CALIFICATIVOS (MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993)		ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (FINES 1968)		ESCALA DE CALIFICATIVOS (MUÑOZ-PEDREROS ET AL. 1993)		ESCALA UNIVERSAL DE VALORES (FINES 1968)	
VP	Adjetivo	VP	Categoría	VP	Adjetivo	VP	Categoría
1	Insoportable	0		16	Interesante	4,1	
2	Horrible	0,25		17	Grato	5	
3	Desagradable	0,5	FEO	18	Agradable	6	DISTINGUIDO
4	Pésimo	0,75		19	Conservado	7	
5	Feo	1		20	Singular	8	
6	Triste	1,10		21	Variado	8,1	
7	Pobre	1,25		22	Estimulante	10	
8	Frío	1,50	SIN INTERÉS	23	Bonito	12	FANTÁSTICO
9	Monótono	1,75		24	Hermoso	14	
10	Sin interés	2		25	Precioso	16	
11	Común	2,1		26	Estupendo	16,1	
12	Sencillo	2,50		27	Soberbio	20	
13	Pasable	3,00	AGRADABLE	28	Maravilloso	24	ESPECTACULAR
14	Regular	3,50		29	Fantástico	28	
15	Aceptable	4		30	Espectacular	32	

En el análisis directo, los paisajes registrados fueron expuestos con una cadencia de 20 segundos, a un panel de evaluadores con las características propuestas por Muñoz-Pedreros et al. (2000), es decir; 12 integrantes subdivididos en: cuatro exigentes en paisaje (profesionales relacionados con el sector turismo y gestión de recursos naturales), cuatro transformadores del paisaje (ingenieros y otros profesionales relacionados) y cuatro personas con experiencia en evaluación de paisajes (postgraduados en ciencias ambientales y manejo de recursos naturales), que actuaron como grupo control. Se utilizó como instrumento de evaluación una encuesta desarrollada Muñoz-Pedreros et al. (1993) (véase Anexo 6-3 y 6-4), que consta de dos partes, una que caracteriza al evaluador a través de un cuestionario estructurado, y otra que presenta una lista de adjetivos que califica los paisajes a observar y que permite obtener una valoración nominal. Estos adjetivos están homologados a la escala universal de valores de Fines, lo cual permite asignarle valoración numérica o cuantitativa a la valoración nominal antes mencionada (véanse Tabla 6-1 y 6-2).

TABLA 6-2. ASOCIACIÓN DE LOS VALORES DE CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE (VP) CON VALOR NOMINAL Y VALOR NUMÉRICO (MUÑOZ-PEDREROS 2004).

RANGO DE VP	VALOR NOMINAL	VALOR NUMÉRICO
1– 5	Muy bajo	1
6 – 10	Bajo	2
11 - 15	Medio bajo	3
16 - 20	Medio alto	4
21 - 25	Alto	5
26 - 30	Muy alto	6

2.4. Análisis de la fragilidad visual del paisaje

Con el fin de conocer la vulnerabilidad del paisaje, entendida como su capacidad de respuesta frente a su uso (Bolós 1992), se realizó un análisis de acuerdo al método propuesto por Muñoz-Pedreros (2004). Este método entrega la fragilidad visual intrínseca, al considerar factores biofísicos que ponderan la fragilidad visual del punto, y el carácter histórico-cultural que pondera los valores singulares del paisaje según escasez, valor tradicional e interés histórico.

Los factores biofísicos determinan la fragilidad visual del punto que, sumados a los factores histórico- culturales constituyen la fragilidad visual intrínseca. De este modo la valoración se calcula según la fórmula:

$$VFVP = \Sigma\ S\ f/nf$$

Donde VFVP es el valor de la fragilidad visual del punto, f son los factores biofísicos y n es el número de factores considerados. Los valores de fragilidad fluctúan entre 1 y 3 (Tabla 6-3).

TABLA 6-3. FACTORES PARA EVALUAR LA FRAGILIDAD EN UN PAISAJE (MUÑOZ-PEDREROS 2004).

			VALORES DE FRAGILIDAD	
FACTOR		CARACTERÍSTICAS	NOMINAL	NÚMERICO
D	densidad de la vegetación	67-100	bajo	1
		34-67	medio	2
		0-34	alto	3
E	diversidad de estratos de la vegetación	> 3 estratos	bajo	1
		<3 estratos	medio	2
		1 estrato dominante	alto	3
A	altura de la vegetación	> 3m altura promedio	bajo	1
		> 1m< 3m altura	medio	2
		< 1m	alto	3
ES	estacionalidad de la vegetación	vegetación dominante perenne	bajo	1
		mixta	medio	2
		caducifolia	alto	3
CV	contraste cromático vegetación/ vegetación	manchas policroma ticas sin pauta nítida	bajo	1
		con pauta nítida	medio	2
		manchas monocromáticas	alto	3
CS	contraste cromático vegetación/suelo	contraste visual bajo	bajo	1
		contraste visual medio	medio	2
		contraste visual alto	alto	3
P	pendiente	0-25%	bajo	1
		26-55%	medio	2
		> 55%	alto	3
O	orientación del paisaje	exposición sur-este	bajo	1
		exposición sureste-noroeste	medio	2
		exposición norte-oeste	alto	3
H	valor histórico y cultural	baja unicidad, singularidad y/o valor	bajo	1
		media unicidad, singularidad	medio	2
		alta unicidad	alto	3

TABLA 6-4. ASOCIACIÓN DE LOS VALORES DE FRAGILIDAD DEL PAISAJE (VFVP) CON SU VALOR NOMINAL (SENSU MUÑOZ-PEDREROS 2004).

VFVP	VALOR NOMINAL
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

2.5. Capacidad de uso según características de calidad y fragilidad del paisaje

Finalmente con los valores de fragilidad y calidad del paisaje se proponen categorías de uso del paisaje en el área de estudio basados en la propuesta de Muñoz-Pedreros (2004) que se detalla en la tabla 6-5.

TABLA 6-5 CAPACIDAD DE USO SEGÚN CARACTERISTICAS DE CALIDAD Y FRAGILIDAD DEL PAISAJE (SENSU MUÑOZ-PEDREROS 2004).

CLASE	CARACTERÍSTICAS		USOS RECOMENDADOS
	CALIDAD	FRAGILIDAD	
1	Alta	Alta	Conservación
2	Alta	Media	Turismo /recreación de bajo impacto
3	Alta/media	Baja	Turismo recreación
4	Media	alta/media	Según estudios más profundos puede incorporarse a 2 ó1
5	Baja	alta/ media	Según estudios más profundos puede incorporarse a 6
6	Baja	Baja	Localización de actividades de alto impacto visual

3. RESULTADOS

3.1. Definición de unidades homogéneas de paisaje

Basado en la caracterización del área, las UP fueron definidas como unidades irregulares homogéneas en su contenido. Algunas de las UP, definidas por varias subunidades de paisaje (fotografías), mientras que otras fueron definidas por subunidades únicas presentes en el área de estudio. El componente central en su definición fue la vegetación, que se presentó como de mayor relevancia y seguido por el relieve y las formas geomorfológicas.

3.2. Unidades homogéneas de paisaje

La caracterización de los paisajes y el análisis visual de los descriptores se basó en 87 imágenes registradas en terreno y seleccionadas con posteridad. Al agrupar las UP de acuerdo a sus componentes principales, la vegetación y el relieve, se identificaron siete macrounidades de paisaje, “Sin vegetación plano”, “Sin vegetación ladera”, “Sin vegetación laguna”, “Pajonal muy ralo”, “Pajonal ralo”, “Pajonal semi denso”, y “Laguna Lejía” y 16 unidades de paisaje (ver Tabla 6-6).

TABLA 6-6. UNIDADES DE PAISAJE (UP) PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO. MUP= MACROUNIDAD DE PAISAJE, UP= UNIDAD DE PAISAJE, COD= CÓDIGO UP, F= FRECUENCIA DEL PAISAJE, %= PORCENTAJE FRECUENCIA.

MUP	UP COD	UNIDADES DE PAISAJE (UP)	F	%
Sin vegetación plano	SVCR	Sin vegetación, plano, con pajonal y cerros en segundo plano	4	4,6
	SVC	Sin vegetación, plano, con cordillera en segundo plano	9	10,3
	SVP	Sin vegetación, plano y ondulado	7	8,0
Sin vegetación ladera	SVLC	Sin vegetación, ladera, con cordillera en segundo plano	8	9,2
	OP	Sin vegetación, obstrucción de paisaje	1	1,1
Sin vegetación laguna	LSVL	Sin vegetación, ladera, laguna, con cordillera en segundo plano	5	5,7
	LSVC	Sin vegetación, plano, laguna, cordillera segundo plano	7	8,0
Pajonal muy ralo	PBMR	Vegetación muy rala de paja brava, plano	3	3,4
	PBMRPC	Vegetación muy rala de paja brava, plana, con cordillera en segundo plano	10	11,5
	PBMRLC	Vegetación muy rala de paja brava, ladera, con cordillera en segundo plano	7	8,0
Pajonal ralo	PBRC	Vegetación rala de paja brava, plana y laderas, con cordillera en segundo plano	2	2,3
	PBRL	Vegetación rala de paja brava, ladera con clastos medianos dispersos	2	2,3
Pajonal semi denso	PBSD	Vegetación semidensa de paja brava, plano y ladera	6	6,9
Laguna Lejía	LC	Laguna, plano, con cerros	5	5,7
	LCS	Laguna con bordes salinos, plano y cerros	2	2,3
	LCC	Laguna, plano, con cerros y cordillera en segundo plano	9	10,3
TOTAL			87	100,0

Sobre el total de las 87 imágenes procesadas las unidades con mayor frecuencia fueron de las macrounidades “Pajonal muy ralo” y “Sin vegetación plano”, siendo las de menor frecuencia, las macrounidades “Pajonal semi denso” y “Pajonal ralo”.

Al analizar los paisajes evaluados de acuerdo a la cubierta vegetal se obtuvo que la mayor proporción corresponde a los paisajes sin vegetación con un 65,5%, mientras que los paisajes con vegetación semi densa alcanzan un 6,9% del total (Tabla 6-7).

TABLA 6-7. PROPORCIÓN (%) DE PAISAJES SEGÚN TIPO DE CUBIERTA VEGETAL.

Vegetación semi densa	6,9
Vegetación rala	4,6
Vegetación muy rala	23,0
Sin vegetación	65,5
Total	100,0

De acuerdo a las formas del relieve la mayor proporción correspondió a paisajes planos con un 56,3%, mientras que los mixtos representan un 17,2% del total (Tabla 6-8).

TABLA 6-8. PROPORCIÓN (%) DE PAISAJES SEGÚN TIPO DE RELIEVE.

Planos	56,3
Laderas	26,4
Mixtos	17,2
Total	100,0

3.3. Calidad visual del paisaje

Valoración del paisaje

El rango en que se distribuyen los valores de las UP, según la escala de Muñoz-Pedreros et al. (1993a), va de VP= 10 (DE=0,0) a VP= 21 (DE=0,5). La valoración máxima fue obtenida por las unidad de paisaje ”LCS” (laguna con bordes salinos, plano y con cerros) (VP= 21, DE=0,5) y que corresponde al calificativo “Variado” de la categoría “Fantástico”, categorizado como paisaje de calidad alta. La unidad de paisaje “LCC” (laguna, plano, con cerros y cordillera en segundo plano) con el mismo valor, aunque con una mayor desviación estándar (DE=1,2). Las unidades de paisaje que no presentan desviación estándar son aquellas formadas por sólo una subunidad de paisaje, debido a baja frecuencia de estos paisajes en el área de estudio, como es el caso de la unidad “PBSD” (VP=17) y “OP” (VP=10). Las unidades de paisaje que obtuvieron el menor valor fueron “OP” (VPUP=10, DE=0,0) y “PBRL” (VPUP=12, DE=0,8), correspondientes a paisajes con el calificativo de “común” y “sencillo” respectivamente.

Al agrupar las UP y sus valores de acuerdo a las macrounidades de paisaje que representan, el rango en que se distribuyen los valores fluctúa entre VP= 12 y VP= 21, con los adjetivos “Sencillo” y “Variado”, los que pertenecen a las categorías de “Agradable” y “Fantástico”, respectivamente. La macrounidad mejor evaluada fue “Laguna Lejía” con un VP= 21, considerado como un paisaje “Variado”. Le sigue en valor la macrounidad “Pajonal semi denso” con un VP= 17, considerado como paisaje “Grato”. Por otro lado, la macrounidad “Sin vegetación ladera” obtuvo el menor valor de paisaje (VP= 12), conteniendo a la unidad de paisaje “OP” la que está compuesta por una ladera que obstruye visualmente el paisaje y que fue valorada con un VP=10 (Tabla 6-9).

En general, los paisajes que presentan vegetación y/o la vista de la laguna, obtuvieron un mayor valor de paisaje, que aquellos desprovistos de vegetación. En la Fig. 6-1 se muestran algunas de las imágenes evaluadas y correspondientes a las unidades de paisaje descritas (En Anexos 6-1 y 6-2 véase la base de información tabulada, con sus valores de fragilidad).

TABLA 6-9. VALORES DE CALIDAD VISUAL EN EL ÁREA LAGUNA LEJIA. VP= VALOR DE PAISAJE, UP= UNIDAD DE PAISAJE, MUP= MACROUNIDAD DE PAISAJE, DE= DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

MUP	UP	VP UP	DE	Adjetivo	VP MUP	Adjetivo
Sin vegetación plano	SVCR	16	1,4	Interesante	15	Aceptable
	SVC	15	1,2	Aceptable		
	SVP	13	1,1	Pasable		
Sin vegetación ladera	SVLC	14	2,5	Regular	12	Sencillo
	OP	10	0,0	Común		
Sin vegetación laguna	LSVL	18	2,2	Agradable	18	Agradable
	LSVC	17	2,1	Grato		
Pajonal muy ralo	PBMR	13	1,2	Pasable	15	Aceptable
	PBMRPC	17	1,3	Grato		
	PBMRLC	16	1,0	Interesante		
Pajonal ralo	PBRC	18	1,1	Agradable	15	Aceptable
	PBRL	12	0,8	Sencillo		
Pajonal semi denso	PBSD	17	3,7	Grato	17	Grato
Laguna Lejía	LC	20	1,2	Singular	21	Variado
	LCS	21	0,5	Variado		
	LCC	21	1,2	Variado		

Análisis indirecto

El estudio de las características visuales básicas indicó que estos paisajes responden a dos patrones, poseen por un lado, elementos en común tales como la forma tridimensional, con líneas que marcan bordes claramente definidos en su gran mayoría panorámicos, brillantes y claros posicionados en pies de laderas; y la presencia de elementos únicos como la Laguna Lejía y cordones montañosos.

Unidad de paisaje “LCC” VP=21

Unidad de paisaje “LCC” VP= 21

Unidad de paisaje “PBSD” VP=17

Unidad de paisaje “PBMRPC” VP=117

Unidad de paisaje “SVLC” VP=14

Unidad de paisaje “SVP” VP=13

FIGURA 6-1. UNIDADES DE PAISAJE CON VALORES DE PAISAJE (VP) DECRECIENTES.

3.4. Fragilidad visual del paisaje

Del análisis de los factores biofísicos en las fotografías evaluadas se desprende que los paisajes evaluados posen un valor promedio de fragilidad igual a 2, es decir de fragilidad visual media. Este valor dominante de fragilidad, está dado principalmente por las extensas áreas sin vegetación y por aquellas de escasa cubierta vegetal. La cubierta vegetal está representada por formas herbáceas, lo que disminuye la capacidad de absorción visual en ponderación con los factores considerados. Lo anterior sumado al valor histórico cultural que fue ponderado, considerando para ello la unicidad del paisaje por la presencia de la Laguna Lejía y sitios interesantes desde el punto de vista histórico como los corrales de arreo, los que dan cuenta de las actividades que se realizaba alrededor de la laguna. Las macrounidades de paisaje, por lo tanto, comparten un valor medio de fragilidad al ponderar los valores de fragilidad obtenidos para las unidades de paisaje. Las evaluaciones de fragilidad se muestran en Anexo 6-1.

3.5. Capacidad de uso del paisaje

En la determinación de la capacidad de uso del paisaje, éste debe estudiarse con mayor nivel de detalle incluyendo atributos espaciales y variables ecológicas, para su inclusión en actividades turísticas de bajo o alto impacto y/o conservación. En este sentido, destaca que en el área de estudio, las unidades de paisaje obtuvieron en general, un valor 4 de capacidad de uso, es decir que con estudios más profundos pueden incorporarse a un uso 2 o1; turismo de bajo impacto o conservación, respectivamente; teniendo como factor común la presencia de formaciones geomorfológicas, vistas panorámicas y la Laguna Lejía.

Las unidades de paisaje “LSC” y “LCC” fueron valoradas como las de mayor calidad paisajística, lo que sumado a la fragilidad visual media, se clasifica en una capacidad de uso para el turismo/recreación de bajo impacto, éste valor dado por la presencia de la Laguna Lejía. Por otro lado, la unidad de paisaje “OP”, fue clasificada para una capacidad de uso 5, es decir, que, con estudios más profundos, puede incorporarse para la realización de actividades de alto impacto visual, sin embargo, esta unidad de paisaje mostró un frecuencia muy baja, y sólo representa las obstrucciones al paisaje en el área de estudio, el que, por su morfología ofrece un mayor número de paisajes panorámicos y de variada composición espacial.

Al analizar los valores de capacidad de uso, en cuanto a las macrounidades (MUP) de paisaje, éstos muestran una relación positiva en cuanto a los obtenidos para las UP, demostrando que para el área de estudio, la capacidad de uso del paisaje, se concentra para el turismo de bajo impacto y/o para la conservación.

TABLA 6-10. PONDERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO DEL PAISAJE. VP=VALOR DE CALIDAD, P=PONDERACION DE LA ESCALA DE USO, VF=VALOR DE FRAGILIDAD, CU=CATEGORIA DE USO.

MUP	COD	UNIDAD DE PAISAJE	VP	P	VF	P	CU
Sin vegetación plano	SVCR	Sin vegetación, plano, con pajonal y cerros en segundo plano	16	medio	2	medio	4
	SVC	Sin vegetación, plano, con cordillera en segundo plano	15	medio	2	medio	4
	SVP	Sin vegetación, plano y ondulado	13	medio	2	medio	4
Sin vegetación ladera	SVLC	Sin vegetación, ladera, con cordillera en segundo plano	14	medio	2	medio	4
	OP	Sin vegetación, obstrucción de paisaje	10	bajo	2	medio	5
Sin vegetación laguna	LSVL	Sin vegetación, ladera, laguna, con cordillera en segundo plano	18	medio	2	medio	4
	LSVC	Sin vegetación, plano, laguna, cordillera segundo plano	17	medio	2	medio	4
Pajonal muy ralo	PBMR	Vegetación muy rala de paja brava, plano	13	medio	2	medio	4
	PBMRPC	Vegetación muy rala de paja brava, plana, con cordillera en segundo plano	17	medio	2	medio	4
	PBMRLC	Vegetación muy rala de paja brava, ladera, con cordillera en segundo plano	16	medio	2	medio	4
Pajonal ralo	PBRC	Vegetación rala de paja brava, plana y laderas, con cordillera en segundo plano	18	medio	2	medio	4
	PBRL	Vegetación rala de paja brava, ladera con clastos medianos dispersos	12	medio	2	medio	4
Pajonal semidenso	PBSD	Vegetación semi densa de paja brava, plano y ladera	17	medio	2	medio	4
Laguna Lejía	LC	Laguna, plano, con cerros	20	medio	2	medio	4
	LCS	Laguna con bordes salinos, plano y cerros	21	alto	2	medio	2
	LCC	Laguna, plano, con cerros y cordillera en segundo plano	21	alto	2	medio	2

4. CONCLUSIONES

El rango en que se distribuyen los valores de las Unidades paisajísticas (UP) va de Valor de Paisaje (VP)=10 (DE=0,0) a VP= 21 (DE=0,5). La calidad de los paisajes, en general es media, sobresaliendo el paisaje asociado a la Laguna Lejía y aquellos con cubierta vegetacional.

La calidad predominante del área está dada por sus paisajes que son mayoritariamente panorámicos y de especial singularidad, y están conformados por elementos tales como: (a) vegetación de textura gruesa a media, (b) espacios sin vegetación, (c) alto contraste cromático y brillo, y (d) por parajes panorámicos que incluyen la Laguna Lejía.

El área posee efectivamente en base a sus valores de fragilidad y calidad una capacidad de uso que se orienta hacia el turismo de bajo impacto y a la conservación, usos que deben ser planificados tomando en cuenta los antecedentes físico-biológicos del área de estudio, y las aspiraciones futuras.

El paisaje de Laguna Lejía posee componentes de interés naturales, asociados a la geomorfología, geología y a la Laguna Lejía como tal, la que sustenta vida silvestre, principalmente aves, componentes que atraen visitantes de intereses especiales.

CAPÍTULO VII
USOS Y PROTECCIÓN

CAPÍTULO VII USO Y PROTECCIÓN

Este capítulo aborda dos componentes, el primero está referido a los usos detectados en las áreas de estudio y las amenazas que conllevan estos usos a su conservación y el segundo a los instrumentos legales y jurídicos actualmente vigentes que podrían asociarse al resguardo de su integridad, otorgándole distintos grados de protección.

USOS Y AMENAZAS EN LAGUNA LEJÍA, VOLCÁN LICANCABUR Y EL TATIO

1. INTRODUCCIÓN

Con el propósito de ubicar al lector en la problemática general referida a los usos y amenazas en el sector de la puna y el altiplano que abarcan los tres sitios prioritarios para la conservación (Laguna Lejía, Geisers del Tatio y Alrededores del Volcán Licancabur), dada la continuidad territorial y similitudes de ambientes, entre otras particularidades que comparten, se entregan antecedentes generales en forma conjunta para los tres sitios. Igualmente se entregan los antecedentes de uso provenientes de la aplicación de instrumentos en forma conjunta para las tres áreas. Posteriormente se aborda el análisis general de usos y amenazas para cada sitio prioritario en particular.

Para ello se realizó una recopilación de antecedentes secundarios, observaciones en terreno y la aplicación de dos encuestas de opinión, una cerrada simple dirigida a pobladores locales y otra abierta, dirigida a informantes clave que recogen, cualitativamente, y desde distintos ámbitos, una situación aproximada actual del sitio de interés en relación a sus usos y las presiones a las que está sometido. Cabe destacar que los antecedentes obtenidos de la aplicación de instrumentos tuvo un ámbito de aplicación restringido, no constituyendo un análisis exhaustivo de la situación sino más bien un ejercicio orientador, que complemente la información de línea de base ambiental, a partir de los cuales se puedan plantear los escenarios, actuales y potenciales en función de las presiones identificadas que estén afectando al sitio prioritario de conservación.

En base a todos estos antecedentes se propone una zonificación de usos y orientaciones de manejo que pueda contribuir a la rehabilitación ambiental y conservación del área. Adicionalmente, con el fin de generar información que permita al gobierno regional establecer futuros programas de conservación, que integren más ampliamente otros sitios que se vinculan desde distintos aspectos con el área de interés focal, se tuvo en cuenta también la valoración que la población hace de ellos pudiendo incorporarse como objetos de conservación.

2. ANTECEDENTES SOCIOECONÓMICOS

2.1. Antecedentes comunales

Las poblaciones que habitan este amplio territorio que abarca las tres áreas de estudio, se distribuyen en dos grandes zonas geográficas, conocidas como: la cuenca del río Loa Superior-río Salado y la cuenca del salar de Atacama y pertenecen administrativamente a las comunas de Calama y San Pedro de Atacama respectivamente.

Comuna de Calama. La comuna de Calama pertenece a la provincia de El Loa, junto a las comunas de San Pedro de Atacama y Ollagüe. La superficie del territorio de la comuna de Calama es de 15.567,5 Km2, de los cuales 19,7 km2 corresponden a la actual superficie urbana. Posee una población de 146.635 habitantes (71.710 mujeres y 74.925 hombres), acogiendo al 28,02% de la población total de la región. 1,17% corresponde a población rural y 98,83% a población urbana (Información censal 2002). La comuna cuenta con un servicio de salud primaria, tres consultorios, tres postas rurales y 38 establecimientos de educación municipales. La población comunal cuenta con un promedio de 10,56 años de escolaridad. Con relación a la pobreza comunal, existen 13.218 personas pobres no indigentes, lo que representa el 9,28% de la población total y 935 indigentes (0,66%) (MIDEPLAN encuesta CASEN 2006). Sobre la base de sus recursos, población y grados de desarrollo, la comuna de Calama es la más importante de la provincia de El Loa. En ella se ubica la ciudad de Calama, la capital provincial, es además la segunda ciudad de mayor importancia de la región de Antofagasta y donde se encuentran los principales recursos minerales del país .

Comuna de San Pedro de Atacama. La comuna tiene una superficie de 23.439 km2, de los cuales 2,34 km2 corresponden a la actual superficie urbana e industrial. Posee una población de 4.969 habitantes (2.041 mujeres y 2.928 hombres), acogiendo al 1,01% de la población total de la región. 61% corresponde a población rural y 39% a población urbana (Información censal 2002). La población comunal cuenta con un promedio de 8,6 años de escolaridad (CASEN 2006). De acuerdo al censo 2002 el 58% de la población se reconoce como atacameño y un 3% de otras etnias. La comuna cuenta con posta médica, correos, teléfono, fax, aduana, registro civil, carabineros, policía internacional, bencina, casa de cambio y oficina de información turística. Cuenta además con hoteles, residenciales, campings, restaurantes y numerosas empresas de turismo receptivo. Con relación a la pobreza comunal, existen 197 personas pobres no indigentes, lo que representa el 3,6% de la población total y 33 indigentes (0,6%) (de un total comunal de 5.481 personas) (MIDEPLAN encuesta CASEN 2006). San Pedro es capital municipal y se encuentra en la desembocadura del mayor río que desagua en el salar del mismo nombre. Está considerada la “capital arqueológica” de Chile y se declaró Zona Típica. Fue el principal centro de la cultura atacameña, con una fortaleza defensiva y una población distribuida en quince ayllus (agrupación socioeconómica con lazos de parentesco), que se repartió las tierras cultivables y el agua canalizada del río Grande.

2.2. Actividades económicas y uso del suelo

Minería

En la actualidad, la mayor actividad productiva en la comuna de Calama se basa en la explotación de cobre de las minas de Chuquicamata y Radomiro Tomic, por parte de la división CODELCO Norte y además, por la presencia de la Minera El Abra. Adicionalmente se explotan el azufre y el bórax. En San Pedro de Atacama existen diversos emprendimientos mineros. Dos empresas operan directamente sobre el salar, SQM y Sociedad Minera del Litio; y dos operan fuera de la comuna, extrayendo agua subterránea desde el sur de la misma. Dada la riqueza mineral de la zona se presume que la explotación de yacimientos minerales metálicos y no metálicos está en expansión, pudiendo establecerse a futuro en cualquiera de las áreas.

Actividad silvoagropecuaria

Calama y San Pedro de Atacama son las únicas comunas con actividad agrícola de la región. Ésta se desarrolla a pequeña escala y su relevancia radica en sustentar formas de vida ancestrales asociadas a la cultura y sobrevivencia de las poblaciones altiplánicas. Así, el río Loa y sus tributarios sustentan la actividad agropecuaria que se desarrolla principalmente en el Oasis de Calama y en las comunidades indígenas de Chiu Chiu, Lasana, Ayquina y Caspana, entre otras. En el caso de San Pedro de Atacama la actividad agropecuaria se desarrolla en el oasis de San Pedro de Atacama y varios ayllus junto a los pueblos de Toconao, Talabre, Tomar, Socaire y Peine, ocupando una estrecha faja cordillerana y precordillerana. El uso del suelo en la comuna de San Pedro de Atacama corresponde mayoritariamente a praderas naturales, las que se dedican principalmente al pastoreo de camélidos y caprinos (RIDES 2003). Los suelos, principalmente alcalinos y con contenidos significativos de sales, los hacen no aptos para actividades agrícolas intensivas (e.g. frutales), a excepción de algunas áreas específicas como quebrada de Jere en Toconao. El principal cultivo permanente es alfalfa, seguido de hortalizas, frutales y cereales. La estructura de la propiedad agrícola ha mantenido el patrón prehispánico de numerosas pequeñas chacras de formas irregulares, con un sistema de riego comunitario (RIDES 2003).

De acuerdo a la información proporcionada por SINIM 2007 (Tabla 7-1) el principal uso del suelo comunal son las praderas y matorrales que en la comuna de Calama cubre un 25,55% y en la de San Pedro de Atacama un 44,49%. La superficie comunal desprovista de vegetación es de un 74% y un 55% en Calama y San Pedro de Atacama, respectivamente. Destaca además para esta última comuna una superficie pequeña (0,15%) cubierta de bosques.

TABLA 7-1. SUPERFICIE COMUNAL Y DE DISTINTOS USOS EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA (SENSU SINIM 2007).

Comuna	Superficie total comunal en km²	Porcentaje de áreas urbanas e industriales (%)	Porcentaje de áreas agrícolas (%)	Porcentaje de praderas y matorrales (%)	Porcentaje de bosques (%)	Porcentaje de áreas desprovistas de vegetación (%)
Calama	15.596,90	0,11	0,21	26,55	0	73,79
San Pedro de Atacama	23.438,80	0,01	Sin información	44,49	0,15	55,2

La información proporcionada por el censo agropecuario de 2007 permite caracterizar con mayor detalle la actividad agropecuaria de ambas comunas (Tabla 7-2), en la que se observa la superficie destinada a diferentes usos agropecuarios del suelo a nivel comunal. Si se comparan ambas comunas se aprecia que la aptitud agrícola de San Pedro de Atacama es algo mayor a la de Calama. La primera posee también una pequeña superficie cubierta por vegetación arbórea, ya sea proveniente de plantaciones o bosque nativo. Destaca en esta comuna la extensión de sus praderas naturales, producto de una mayor superficie de vegas y pajonales.

TABLA 7-2. USO DEL SUELO AGROPECUARIO EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA (SENSU CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2007).

TIPOS DE SUELO	CALAMA SUPERFICIE (HA)	SAN PEDRO DE ATACAMA SUPERFICIE (HA)
Cultivos anuales y permanentes	359,87	322,48
Praderas sembradas perm. y de rotación	335,97	749,65
En barbecho y descanso	591,00	620,70
Praderas mejoradas	12,60	251,62
Praderas naturales	93.509,49	263.025,96
Plantaciones forestales	83,26	492,75
Bosques naturales y montes	4,38	33,95
Matorrales	36,66	329,03
De uso indirecto (infraestructura)	3.640,39	44,89
Estériles (áridos, pedreg. y arenales)	539,77	44.597,03

Con respecto a la tenencia de la tierra, en ambas comunas las explotaciones agropecuarias constituyen, en un porcentaje cercano al 90% de los informantes, superficies inferiores a cinco hectáreas (Tabla 7-3). La producción es destinada principalmente al autoconsumo y forraje para el ganado (Tabla 7-4).

TABLA 7-3. SUPERFICIE DE LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS CON TIERRA POR TAMAÑO, Y NÚMERO DE INFORMANTES, COMUNAS DE SAN PEDRO DE ATACAMA Y CALAMA (SENSU CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2007).

	SAN PEDRO DE ATACAMA		CALAMA	
Tamaño de las explotaciones (ha)	Superficie explot. agropecuarias (ha)	Nº informantes	Superficie explot. agropecuarias (ha)	Nº informantes
Menores de 1	209,91	474	140,90	277
De 1 a menos de 5	1.041,38	483	649,22	324
De 5 a menos de 10	552,33	81	296,52	43
De 10 a menos de 20	350,61	27	262,31	20
De 20 a menos de 50	171,25	6	90,02	3
De 50 a menos de 100	138,02	2	65,36	1
De 100 a menos de 200	0	0	0	0
De 200 a menos de 500	204,4	1	1.338,77	4
De 500 a menos de 1000	0	0	0	0
De 1000 a menos de 2000	1.809,96	1	0	0
De 2000 y más	305.990,2	9	96.270,29	4
TOTAL	310.468,06	1.084	99.113,39	676

TABLA 7-4. SUPERFICIE TOTAL SEMBRADA O PLANTADA POR GRUPOS DE CULTIVOS EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA (CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2007).

ESPECIE	CALAMA (ha)	SAN PEDRO (ha)
Cereales	131,41	52,57
Chacras	0,84	3,55
Industriales	0,1	0,0
Hortalizas al aire libre e invernadero	207,73	123,01
Flores	4,02	0,09
Forrajeras anuales y permanentes	336,97	750,65
Frutales caseros y de plantación	4,35	135,30
Viñas y parronales	0,0	6,02
Viveros	0,17	0,0
Semilleros	11,43	1,30
Forestales	83,09	492,75
Total superficie cultivada	665	1.038
Total superficie explotaciones comerciales	780,11	1.565,24

Con respecto a la actividad pecuaria (Tabla 7-5) las principales especies de crianza son los ovinos, caprinos y camélidos andinos, sustentando la comuna de San Pedro de Atacama la mayor masa ganadera del área con 14.215 cabezas.

TABLA 7-5. EXISTENCIA DE GANADO EN LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS POR ESPECIE EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA (SENSU CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2007).

ESPECIE	SAN PEDRO (Nº de cabezas)	CALAMA (Nº de cabezas)
Bovinos	121	152
Ovinos	5.560	4.539
Porcinos	446	984
Equinos (caballares, mulares, asnales)	906	394
Caprinos	3.981	2.070
Camélidos (alpacas, llamas)	3.200	1.777
Conejos	(2.250)	(4.942)
Otros (jabalíes, ciervos)	1	(12)
Total cabezas (excepto conejos y otros)	14.215	9.916

La ganadería se realiza en suelos que reciben aportes hídricos en forma natural, como es el caso de las vegas, sin embargo, las actividades de cultivo requieren necesariamente de riego. Los humedales, en sus formaciones de vegas y bofedales, han constituido el centro de la economía pastoril altoandina. El ciclo anual de pastoreo contempla una tipología de humedales de acuerdo a estacionalidad y tiempo de uso. El tiempo de uso se refiere al tiempo que el ganado puede permanecer en un lugar considerando la percepción de capacidad de carga que posea el pastor. En general, el pastoreo en humedales suele estar asociado con técnicas de conducción y almacenamiento -canales y represas- del agua, con la finalidad de lograr, tanto la reproducción de las especies vegetales que lo conforman como la ampliación de la superficie. En la actualidad en las localidades rurales se señala la existencia de una merma notable de las fuentes de agua subterráneas conllevando una pérdida de superficies proveedoras de forraje, las que sustentaban antiguamente la ganadería.

Turismo

Además de la explotación minera que se realiza en ambas comunas, existe otra actividad que se ha desarrollado fuertemente en los últimos años. Ésta es el turismo, que se ha constituido en una fuente importante de ingresos a los territorios. Un claro indicador de esto es San Pedro de Atacama al convertirse a partir del 2005 en el destino turístico nacional que presenta uno de los mayores índices de pernoctaciones de extranjeros con 107.974 noches/año (SERNATUR 2004). Este destino turístico de carácter nacional e internacional se sustenta en diversos atractivos naturales y culturales (e.g. paisaje, volcanes, géiseres, termas, flora y fauna, valles y oasis), así mismo en la existencia de diversas construcciones y ruinas de alto valor histórico y turístico, de las cuales algunas han sido declaradas monumentos nacionales, como se muestra en la tabla 7-6.

Adicionalmente, la presencia de áreas protegidas también constituye un atractivo importante. Actualmente, la región posee tres unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), la Reserva Nacional Alto Loa, la Reserva Nacional Los Flamencos y el Parque Nacional Llullaillaco. El Parque Nacional Pan de Azúcar también posee parte de su superficie en la región de Antofagasta. Aún cuando un porcentaje relevante del territorio está protegido, no se alcanzan a cubrir todas las áreas representativas de este vasto complejo ecológico que abarca las tres áreas de este estudio.

La actividad turística ha visto reforzado su desarrollo mediante diversas medidas, tales como programas de difusión para inversionistas, la declaración de un área de la comuna de San Pedro de Atacama y de la comuna de Calama como ZOIT (Zona de interés Turístico Nacional “Área de San Pedro de Atacama - Cuenca Geotérmica del Tatio”, según Resolución Exenta Nº 775 del 1 de agosto de 2002), así como también con la implementación de programas que involucran a la población local.

Así, a nivel de la gestión del desarrollo turístico de la zona, se formuló el Plan de Desarrollo Turístico Alto Loa, con el fin de proyectar un desarrollo de esta actividad de manera sustentable y planificada. En ese contexto el Ministerio de Bienes Nacionales ha otorgado concesiones sobre atractivos turísticos a las comunidades del Alto Loa, para su usufructo y administración. Éstas se han realizado sobre los Geisers del Tatio (a favor de las comunidades atacameñas de Caspana y Toconce); de los pukarás de Lasana, Quitor y Chiu Chiu; la habilitación de la ruta Patrimonial del “Oasis del Desierto de Atacama”. Estas concesiones también existen sobre los baños de Puritana; las lagunas Miscanti y Miñiques asociadas a la Reserva Nacional Los

Flamencos y en cogestión con CONAF (en 2005 lograron un ingreso de $ 40 millones por la llegada de 25 mil turistas); las lagunas altiplánicas de Céjar, de Piedra, Pozo 5 y Tebenquiche, terrenos administrados por la comunidad de Solor, entre otras.

TABLA 7-6. MONUMENTOS NACIONALES Y ZONAS TIPICAS EN LAS COMUNAS DE CALAMA Y SAN PEDRO DE ATACAMA.

MONUMENTO	DECRETO MINISTERIO EDUCACIÓN	FECHA
CONSTRUCCIÓN/ LUGAR		
Iglesia de Caspana	Nº 5058	6-7-51
Iglesia de Chiu-Chiu	Nº 5058	6-7-51
Pukará de Chiu-Chiu	Nº 36	7-1-82
Pueblo de Ayquina	Nº 862	27-8-74
Pukará de Turi	Nº 36	7-1-82
Iglesia de Conchi Viejo	Nº 274	14-5-96
Aldea de Tulor (Monumento Arqueológico)	Ley 17.288	
Callejón de Larache en Sitio de Larache (Monumento Arqueológico)	Ley 17.288	
Tambo de Catarpe (Monumento Arqueológico)	Ley 17.288	
Iglesia de San Pedro de Atacama	5058	06/07/1951
Campanario de Toconao	5058	06/07/1951
Ruinas de la capilla de misiones de Peine Viejo	D.S. 5058	06/07/1951
Pueblo Antiguo de Peine	36	07/01/1982
Pukara de Quitor	36	07/01/1982
Tambo Incaico de Peine	171	21/01/1982
Pueblo de Ayquina y campos de cultivo	Nº 0862	27-8-74
Caserío de Conchi Viejo	Nº 274	14-5-96
Pueblo de San Pedro de Atacama	D.S. 2344	28/03/1980
SANTUARIO DE LA NATURALEZA		
Valle de La Luna y parte de la sierra de Orbate	37	07/01/1982

Aparentemente estas concesiones turísticas se han transformado en una de las principales fuentes de ingresos para las poblaciones locales, especialmente en aquellos sectores donde las prácticas agrícolas y ganaderas se han visto afectadas en su productividad por la disminución de la disponibilidad de aguas (Claudio López comunicación personal).

2.3. Antecedentes socioculturales de las áreas

La movilidad poblacional y social

Las poblaciones andinas se han desarrollado desde hace miles de años en un entorno ecológico que presenta particularidades distintivas en relación al surgimiento de otras sociedades agrarias como las europeas o las asiáticas. Lo que caracteriza el desarrollo agrario en el mundo andino es la gran diversidad de condiciones ecológicas en un territorio de espacios muy reducidos y no contiguos entre sí, de forma tal que las sociedades desplegaron una producción agropecuaria adaptada a las variaciones de la naturaleza. Estas limitaciones del entorno fueron sobrellevadas a partir de una estrategia de complementariedad y de "un máximo control de pisos ecológicos" (Murra 1972). Esto significa utilizar nichos ecológicos espacialmente distanciados entre los cuales se articula una producción complementaria. En consecuencia, es el conjunto de las actividades distribuidas espacialmente en forma de archipiélagos el que permite el desarrollo de sus partes. El control de un territorio con este carácter requirió históricamente de la formación de un tipo de sociedad capaz de administrar mecanismos de cooperación para su manejo (Golte 2001).

Una de las formas de administración del territorio identificada para poblaciones prehispánicas en los Andes Centro Sur es la que Núñez & Dillehay (1979) denominaron como de "movilidad giratoria", la cual consistiría en movimientos articulados por el tráfico de caravanas de llamas, que dibujan formas circulares en el espacio, como imperativo para el control y cooperación entre espacios ecológicamente diferenciados y espacialmente dispersos. A partir de estas prácticas de movilidad ancestrales, se ha argumentado más recientemente que la movilidad atacameña ha permitido la conformación de una "interdigitación multiétnica", como resultado de la vinculación de distintos grupos sociales a través del parentesco y otras instituciones sociales localizadas geográficamente en forma discontinua (Martínez 1998).

La complementariedad territorial de las sociedades surandinas habría estado marcada por un modo de vida móvil que transitó desde los cazadores recolectores a sociedades agropastoriles que practicaron el caravaneo. De esta forma, fue fundamental la formación de "ejes" o asentamientos sedentarios que permitieron la complementariedad de recursos especializados formando una fisonomía social de "señoríos" políticamente autónomos pero imbricados económicamente. Esta forma de complementación sufrió transformaciones como consecuencia de la dominación colonial española así como posteriormente la ejercida por los estados boliviano y chileno. Nuevas disposiciones territoriales en los últimos 20 años han transformado las prácticas de la población atacameña, producto de la implementación tanto de elementos institucionales como de la generación de una geografía económica, de la cual los atacameños no están marginados.

Movilidad atacameña en la actualidad

En los últimos 20 años se ha desarrollado con fuerza un movimiento de la población atacameña hacia las ciudades, en correspondencia a una “nueva geografía económica”, marcada por lo que Imilan (2007) denomina como tres “focos”: minería, turismo y pastoreo-agricultura tradicionales. A la clásica minería industrial de tipo metálica orientada a la extracción de cobre en explotaciones a cielo abierto desarrollada desde principios del siglo pasado, se ha sumado en los últimos años una minería no metálica cuyas explotaciones -extracción de litio, cadmio, etc.- se localizan al interior de los salares (principalmente en el de Atacama pero también en el

de Ascotán). Las empresas que poseen explotaciones en la cuenca del salar de Atacama comprenden la subcontratación de servicios como uno de los principales ejes de gestión. Esto ha significado que los antiguos campamentos mineros administrados por las compañías que dotaban de servicios a los trabajadores han tendido a desaparecer y ser remplazados por los asentamientos tradicionales. De esta forma, el suministro de alojamiento, alimentación y esparcimiento que requieren los trabajadores de la minería, antiguamente provistos por las compañías a través de sus propios campamentos, hoy en día han sido transferidos a localidades como Peine o Toconao. Sin duda, la presencia masiva de trabajadores asalariados es una fuente de cambio social fundamental en las localidades del Salar de Atacama, fenómeno que sólo recientemente ha llamado la atención de los investigadores sobre la dimensión de tal impacto.

Otro foco de transformación reciente de la geografía económica de la zona es la consolidación de una industria turística internacional con asiento en San Pedro de Atacama. Esta industria ha expandido las actividades económicas hacia el sector servicios. En los últimos cinco años la conformación de una Red de Turismo Rural y la incorporación aparentemente exitosa de comunidades atacameñas a la administración de Áreas Protegidas han permitido incrementar significativamente la participación de fuerza de trabajo de origen étnico local en la industria turística.

La tercera actividad que completa la geografía económica son el pastoreo y la agricultura tradicional desarrollada en oasis y quebradas. Fueron justamente estas actividades, junto a la recolección de algarrobo, de carácter tradicional, las que promovieron desde tiempos ancestrales la construcción de redes de circulación tanto de productos como de personas que abarcaron incluso el actual territorio argentino. Esto último es aún hoy observable en la localidad de Talabre, la cual mantiene relaciones con la zona de Catua (Argentina) que posibilita el comercio de camélidos, sosteniendo de esta forma inmemoriales circuitos de circulación en los Andes Centro Sur (Morales 1997). No obstante, hay que precisar que la movilidad sustentada por esta articulación de redes ancestrales resulta en la actualidad ser más bien excepcional, ya que los sistemas de producción industrial y turístico juegan un rol mucho más fuerte que los tradicionales en la movilidad atacameña.

Las prácticas económicas recientes trazan una circulación permanente entre las localidades del Salar, San Pedro de Atacama y Calama. Este circuito de movilidad es producto no tan sólo de la geografía económica ya reseñada sino también por una serie de dispositivos institucionales. Entre ellos destaca la localización del poder estatal (Municipalidad y Gobernación Provincial), la distribución de servicios (principalmente vinculados a la educación y salud) y la construcción de infraestructura vial. Si el rol que juega la minería en la formación de la geografía económica es preponderante, se puede plantear que, en el caso de los dispositivos institucionales, la política indígena llevada a cabo por el estado desde mediados de la década de 1990 es también fundamental en la actualidad. El desarrollo de esta política que ha permitido alinear a otros actores sociales, como son organizaciones de la sociedad civil y la empresa privada, está habilitando nuevos circuitos de movilidad al impulsar obras de infraestructura y desarrollar servicios específicamente orientados a la población atacameña (Imilan 2007).

Los circuitos de movilidad atacameña entre las localidades del Salar y San Pedro de Atacama tienen un carácter muy visible. La capital comunal ha experimentado en años recientes el crecimiento de suburbanizaciones donde se asientan migrantes de las localidades. Si bien estas suburbanizaciones poseen un núcleo de residentes permanentes, también son utilizadas como asentamientos temporales por los miembros de la familia extensa. Si bien cada localidad

establece una forma relativamente diferenciada de relacionarse con San Pedro de Atacama, entre ellas vale la pena destacar el caso de la comunidad de Machuca por su aparente radicalidad, ya que sus miembros residen casi en su totalidad en San Pedro de Atacama.

Desde hace un par de años las reuniones de la comunidad indígena de Machuca se llevan a cabo periódicamente en la sede social construida en la periferia de San Pedro de Atacama. En tales reuniones se deciden proyectos y acciones para ser realizadas en la localidad distante 40 km en dirección noreste. La construcción de una sede comunitaria en San Pedro de Atacama responde al hecho de que para la mayoría de los machuqueños resulta más fácil encontrarse en San Pedro de Atacama que en el propio Machuca, ya que la mayoría de ellos han abandonado las actividades tradicionales de la localidad para asentarse en San Pedro de Atacama atraídos por actividades asalariadas. De esta forma, la comunidad se reconstituye en San Pedro de Atacama movilizada por la posibilidad de restablecer bases de desarrollo colectivo en su localidad original. Así, ambos asentamientos se conectan a través de un movimiento permanente que dispone a la población machuqueña al desarrollo de una práctica de multirresidencia.

En efecto, lo que observamos en este caso se ajusta más a ser denominada como una práctica de movilidad que de migración. Frente a este caso resulta inadecuado insistir en el carácter unidireccional de la migración en el orden campo-pueblo-ciudad, tal como se comprendieron en un primer momento los procesos de migración. La discusión actual denomina como movimiento pendular el tipo de migración que circula por varios puntos de un itinerario a partir de un movimiento de "ir y venir".

En un intento de generalización y resguardando de las diferencias entre cada comunidad-localidad atacameña, la práctica de un movimiento de tipo pendular es la fisonomía preponderante del movimiento de la sociedad atacameña, entendido como un tipo de movilidad exigida para el control territorial actual. Una nueva geografía económica dispondría las actividades de turismo, minería y servicios institucionales en nuevos "pisos ecológicos", cuya administración actual o participación en ellos es posible por el establecimiento de múltiples residencias conectadas por un movimiento pendular (Imilan 2007).

2.4. Uso ancestral de recursos naturales

Las comunidades altoandinas han heredado un modo ancestral de comprender su ambiente, lo que le permite integrar múltiples facetas de su realidad y experienciar la naturaleza como cultura (Castro 2002).

Conocimiento vernáculo del paisaje

Los estratos vegetacionales son reconocidos por los habitantes locales con nombres que aluden a la fisionomía y utilización de este paisaje (Tabla 7-7). El piso más alto, que corresponde a la cima de los cerros y volcanes, casi sin vegetación, recibe el nombre de panizo, por su condición de criar minerales. Los estratos inmediatamente inferiores son llamados pajonal, aludiendo a las duras gramíneas o pajas bravas que dominan la cobertura del paisaje. Más abajo está el tolar, nombre vernáculo colectivo que designa a las variadas especies arbustivas que dominan este estrato junto a las cactáceas. El límite inferior de la vegetación, cuando el tolar es más ralo y menos variado y el paisaje se torna en una llanura, se denomina

pampa, palabra quechua que alude a una extensa llanura (Aldunate et al.1981). Cuando los habitantes locales se refieren a la forma en que utilizan este paisaje, usan la nomenclatura de cerro, campo y chacra, que a veces comprenden varios pisos vegetacionales. El cerro comprende el panizo y el pajonal y está asociado a elementos sagrados, religiosos y al forrajeo de camélidos. El campo comprende el tolar y la pampa, formados por arbustos que son la base de la alimentación de los rebaños pastoriles de camélidos, ovinos y caprinos. Asociadas a los poblados hay otras unidades económicas de fundamental importancia: las chacras, terrazas artificiales con sistemas de irrigación, donde se cultiva maíz, alfalfa, habas, quínoa y tubérculos (Aldunate et al.1981).

Según Castro et al. (2004) los lugareños en Ayquina y Toconce, poseen un alto conocimiento de la vegetación, reconociendo al 89% del total de 134 especies de la flora nativa registradas en el área. Los usos que mayoritariamente dan a las plantas son forrajero (61,9%), medicinal (27,6%), alimentación (14,9%), combustible (11,2%) y usos rituales (3%). Gran parte de las plantas forrajeras pertenecen al piso tolar, destinado al pastoreo, que tiene la mayor variedad de especies vegetales. Las medicinales están representadas en todos los pisos, pero especialmente forman la base de la vegetación del cerro. A medida que se asciende en altura crece el valor medicinal de las plantas. Así, de las nueve especies que crecen en el panizo, hay seis a las que se atribuye el más alto poder curativo. Con las plantas utilizadas para los rituales y ceremonias ocurre otro tanto. Aquellas especies usadas como alimentos o combustibles, se distribuyen más o menos armónicamente entre todos los pisos (Aldunate et al. 1981).

TABLA 7-7. ZONAS FISIONÓMICAS Y DISTINCIONES NATIVAS EN AYQUINA Y TOCONCE (SENSU CASTRO 2002).

PERCEPCIÓN LOCAL	PISOS FISIONÓMICOS
Etnounidades del paisaje	Etnounidades ecológicas
Utilización. A. Chacra (unidad hecha por el hombre) B. Campo 1. Pampa 2a. Tolar 2b. Médano C. Cerro 3. Pajonal 4 a. Hoyada 4 b. Panizo	 B. 1. Pre Puna 2. Puna C. 3. Piso Alto andino 4. Piso Subnival

Esta forma de comprensión vernácula del paisaje contribuye a la construcción de un paisaje social en donde la naturaleza se transforma en cultura. Sobre este ambiente, se escogen los espacios para la ocupación humana y la instalación de los asentamientos (Castro et al. 2004).

Uso de la flora nativa

Según Castro (2002) los pobladores de Toconce asignan usos al 89% de un total de 134 especies silvestres nativas del área, distinguiendo ocho principales categorías de utilización de éstas. El uso de las plantas de acuerdo a las unidades ecológicas a las que pertenecen, muestra la profunda vinculación que existe en el modo de explotación de los recursos naturales por los habitantes originarios.

La mayoría de las especies que sirven de forraje se presentan en el tolar, mantención de llamas (*Lama glama*), especialmente en años lluviosos. Sin embargo, durante la mayor parte del año las llamas consumen preferentemente las plantas del pajonal y particularmente los pastos de las vegas (Villagrán & Castro 1999). El número de plantas forrajeras disminuye con la altitud, y aumenta la proporción de plantas medicinales en los pisos altitudinales más altos. Entre las plantas medicinales, una de las más apreciadas es la *Lampaya medicinalis* (lampaya). Alrededor del 75% de las plantas silvestres usadas como alimento se encuentran en el tolar y en el médano. La pasakana, fruto de *Trichocereus atacamensis* y otras cactáceas, es consumida por los pastores. Las sichas, un fruto dulce que proviene del engrosamiento radical de la planta subterránea *Ambrophyton subterraneum* que vive asociada a las raíces de varios arbustos del tolar e.g. *Adesmia spinosissima, Baccharis incalum, Fabiana densa*, entre otras (Aldunate et al 1981) son también populares. Éstas se recolectan después de las lluvias para consumirlas frescas. Parte de la sicha se almacena seca, para confeccionar harina que se ofrece en ceremonias tradicionales, como un signo de gratitud hacia la tierra, el agua, las montañas sagradas y los ancestros.

Las plantas son también una fuente de combustible muy significativa. Aunque varias especies leñosas se incluyen dentro de esta categoría, la yareta (*Azorella compacta*) es la más valorizada de todas.

Varias especies poseen un rol ceremonial. La planta ritual más importante en las comunidades del área de estudio y para gran parte de los indígenas de las tierras altas del norte de Chile, Bolivia y el noroeste argentino es la koa (*Fabiana bryoides*), la que se quema como incienso durante las ceremonias del calendario tradicional anual. Particularmente significativa en relación con los ritos de la muerte es la planta alma tola (*Fabiana denudata*) (Castro 1997).

En usos artesanales y de construcción es utilizada la madera del cactus columnar gigante o cardón (*Trichocereus atacamensis*), espinas de cactus para el tejido "a palillo" de calcetas, guantes, gorros y bolsas de lana. Para la construcción la mayoría de las viviendas se utiliza la paja brava (*Festuca crysophilla*) para techar y las ventanas, puertas y estructuras de soporte de las viviendas están hechas de la madera de cardón.

Captura de fauna silvestre

La captura de fauna silvestre se señala en la actualidad como una práctica en desuso. Ésta se centraba en la captura de 12 especies. Sin embargo al menos nueve (75%) de ellas presentan actualmente problemas de conservación. Dentro de ellas destacaba la captura de avifauna acuática y particularmente las tres especies de flamencos, las cuales se reproducen en los salares de los Andes de Antofagasta y posteriormente migran a sitios más benignos de los Andes de Perú y Argentina durante el otoño. Respecto de las causas que motivan la disminución de las poblaciones de flamenco, las comunidades lo asocian a las actividades mineras que se desarrollan en el Salar de Atacama, lo que implica ruido, caminos y tránsito de

vehículos cercanos a sitios de reproducción y alimentación, mayor presencia del hombre y actividades vinculadas al turismo. La comunidad de Peine indica que las poblaciones de flamencos fueron mucho más abundantes en la década de los años 1960 y 1970. Así en el período de primavera se escuchaban, durante la noche, a cientos de flamencos que provenían de la cordillera, los cuales se establecían y anidaban en las lagunas ubicadas frente a esta localidad. En cuanto a los productos obtenidos de la fauna silvestre de las localidades de San Pedro de Atacama (Toconao, Camar, Talabre, Socaire, Peine y San Pedro de Atacama), se extraían principalmente en primavera y verano: fibra, piel y carne de vicuña (*Vicugna vicugna*); piel y carne de guanaco (*Lama guanicoe*) y chinchilla (*Chinchilla brevicaudata*); plumas y carne de suri o ñandú (*Pterocnemia pennata*); pieles de zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) y gato montés (*Leopardus colocolo*); carne de vizcacha (*Lagidium viscacia*) y chululo o tuco tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), varias especies de patos, perdiz de la puna (*Tinamtis pentlandii*) y plumas de cóndor (*Vultur gryphus*) y flamencos (*Phoenicopterus* spp.).

Las comunidades reconocen que además se cosechaban huevos de al menos siete especies de avifauna, los cuales eran destinados en su mayor parte al autoconsumo, excepto los huevos de flamencos que eran comercializados eventualmente en la misma localidad, San Pedro de Atacama y Calama. Por otro lado el Salar de Atacama (lagunas Barros Negros, Salada, Saladita e Interna) y Tara, surgen como los humedales utilizados en la colecta de huevos de flamencos (*Phoenicopterus* spp.)., en tanto que de las lagunas de Miscanti y Miñique, se recogen huevos de tagua (*Fulica* spp.) y, en menor escala, de patos, ñandú (*Pterocnemia pennata*) y gaviota andina (*Larus serranus*). Los residentes locales señalan que la práctica de cosecha de huevos de avifauna silvestre, no se efectúa en el presente, debido a la escasa magnitud del recurso y a la prohibición legal que existe sobre esta actividad. Sin embargo, esta práctica tuvo alguna importancia en las comunidades atacameñas, al menos hasta mediados de la década del ‘80, período en que se inician los proyectos de creación de áreas silvestres protegidas y de conservación de fauna silvestre.

2.5. Otras presiones sobre los ecosistemas de las áreas de estudio

Turismo

El turismo es una actividad que mantuvo un nivel de desarrollo más bien reducido y casi sin grandes variaciones hasta la década de 1970, período en el cual se advierte un rápido y sostenido crecimiento de la actividad, situación que se mantiene en el presente, gracias a los atractivos turísticos diversos, tanto naturales, arqueológicos y culturales en el área. Estas potencialidades para el desarrollo del turismo, han sido aprovechadas por agencias privadas, que actualmente realizan circuitos turísticos desde la ciudad de Calama y el poblado de San Pedro de Atacama, hacia las zonas de atractivos culturales y naturales más representativos de la zona. En general, se trata de circuitos realizados en vehículos menores y medianos con capacidad para seis a doce personas (minibuses y camionetas), que generalmente no cuentan con guía especializado. El turismo de naturaleza es ofertado en San Pedro de Atacama por 14 tour-operadores, mientras que el poblado dispone de unos 330 alojamientos entre hoteles, residenciales y camping, y de 12 restaurantes.

En la actualidad, los humedales más visitados por los turistas son: Salar de Atacama (laguna Burro Muerto), lagunas de Miscanti y Minique, y Salar de Tara. Otros humedales visitados son salar de Aguas Calientes II y las vegas de Jauna, Putama, del Tatio y Tambillo y Geisers del Tatio.

Cabe señalar que en general, las comunidades locales perciben como muy marginal los beneficios que deja la actividad turística en el sector, por cuanto virtualmente éstas no participan en el ofrecimiento de servicios como alojamiento, comida y transporte, limitándose en el mejor de los casos a la venta de artesanía y fruta.

La actividad turística no controlada provoca, entre otros, los siguientes efectos negativos: perturbación de la fauna y dispersión de basura. El estudio “Capacidad de carga turística en San Pedro de Atacama” (EuroChile 2006) abarcando el Área de Desarrollo Indígena Atacama La Grande y las comunidades de Caspana, Lasana, Chiu Chiu, Toconce, Ayquina y Turi al sur del Área de Desarrollo Indígena Alto de El Loa, identificó 64 sitios de visita (de los cuales el 39% corresponde a asentamientos humanos, el 20% a sitios de visita culturales y el 41% a sitios de visita naturales). En este mismo estudio se estableció que sólo el 10% posee las condiciones de gestión, administración e infraestructura óptimas para soportar la carga turística que hoy llega al destino. Así, del total de sitios de visita existe un 34% cuya capacidad de carga es cero, considerándose que debieran excluirse de la visitación turística regular, dado que no cuentan con las condiciones de gestión y administración adecuados a su uso. Dentro de ellos se encuentran el río Puritana, el valle de la Muerte, la Laguna Lejía, los testigos de la Pacana, y el salar de Tara, los que sin embargo, están recibiendo visitación turística, con lo cual perjudicaría la calidad y estado de sus recursos en un corto plazo. Sólo un 53% de los sitios de visita presentan condiciones aceptables pero con restricciones, lo que implica, la necesaria implementación de medidas correctivas en su funcionamiento, diseño de planes de manejo y planes de sitio, etc. (EuroChile 2006).

Presión por uso del recurso hídrico

Los recursos hídricos disponibles en la región de Antofagasta, son escasos y varían en magnitud y distribución tanto espacial como temporalmente, en tanto que la cantidad total y distribución de las precipitaciones es extremadamente variable, lo que crea condiciones de vulnerabilidad y de fragilidad en el medio natural. Por otro lado en los últimos años se han agregado a las fluctuaciones climáticas naturales normales, la amenaza del cambio climático cuyo efecto es todavía incierto sobre la zona en estudio pero que podría tener profunda influencia tanto sobre la cantidad de recursos hídricos, las precipitaciones y la aridez de la zona, con consecuencias impredecibles para la vida natural y las personas.

En la zona de estudio el régimen de precipitaciones sufrirá modificaciones aún inciertas. Según los modelos disponibles existe una mayor probabilidad de que el calentamiento global intensifique la aridez en lugar de atenuarla, por lo que extensos sectores de la zona árida, que es donde se localiza este estudio, podrían ver significativamente reducido el escurrimiento superficial y la recarga de las napas freáticas con las consecuente reducción de las disponibilidades de agua para los sistemas naturales y necesidades de las comunidades locales.

En el contexto indicado, es evidente que uno de los factores de amenaza que causa mayor impacto sobre los humedales es la utilización de los recursos hidrológicos superficiales y/o subterráneos con fines urbanos domésticos e industriales, situación que en la última década se ha incrementado notablemente. Lo expuesto es extremadamente crítico pues parte de los recursos que se están explotando o solicitando utilizar constituyen aguas fósiles. Específicamente en el salar de Tara, la mayor demanda de recursos hídricos la impone la

Empresa de Servicios Sanitarios de Antofagasta (ESSAN), quien se adjudicó los derechos de aprovechamiento de las aguas del río Zapaleri, pero que aún no los ejerce.

La explotación energética geotérmica en Geisers del Tatio

El interés de explotar la energía geotérmica es antiguo. En 1922 se constituyó la “Comunidad Minera del Tatio”, que después se transformó en la “Sociedad Minera Explotadora del Tatio”, la cual durante 1923 financió diversas exploraciones, practicando tres perforaciones en el terreno del sector para identificar sus cualidades energéticas.

Más adelante, en el año 1952, la Universidad Técnica Federico Santa María, encargó un estudio de las características de la energía geotérmica al ingeniero Angelo Filipponi. En 1956, la Universidad de Chile amplió los antecedentes de Filipponi y bajo esos estudios se efectuaron tres nuevas exploraciones en la región del Tatio los que continuaron hasta comienzos de la década del sesenta. En 1962 se constituyó la “Sociedad Geotérmica del Tatio S.A.” que no sólo se concentró en la exploración de la energía geotérmica, sino también de las sustancias minerales existente en el sector. Durante el año 2005 la “Sociedad Geotérmica del Tatio S.A.” recibió una oferta de compra de la concesión por parte de una nueva empresa del rubro: “Geotérmica del Norte S.A.”, constituida con aportes de CODELCO y la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), quienes desde un tiempo a esta parte se encuentran desarrollando los trámites exigidos por la legislación para comenzar nuevas prospecciones y explotaciones en la zona de El Tatio, Apacheta y cerro La Torta.

De esta forma, se ha iniciado una fuerte disputa entre las comunidades indígenas de la zona, los actores turísticos y estas empresas mineras, que ha dado origen a un nuevo movimiento reivindicatorio atacameño cuyos planteamientos han sido dados a conocer a través de diversos medios de comunicación nacional, sin que hasta la fecha se hayan logrado resultados favorables.

3. USO ACTUAL DE LOS TRES SITIOS

Con el propósito de establecer las amenazas actuales y potenciales a la conservación de la biodiversidad de los sitios prioritarios objeto de este estudio, se efectuó un estudio de los usos actuales que se realizan en las áreas y un análisis de los eventuales impactos que éstos generan.

3.1. Metodología

Descripción de las técnicas utilizadas

Para el levantamiento de información respecto de los usos e impactos se utilizaron los siguientes elementos metodológicos: (a) revisión bibliográfica, (b) reconocimiento y observación en terreno, y (c) encuesta a la población aledaña y entrevistas a informantes claves. Este procedimiento aporta los antecedentes de usos y amenazas actuales y potenciales a la conservación de las áreas de estudio.

Análisis bibliográfico

Se recurrió a información secundaria, desde la cual se proporciona la información de uso de suelo a nivel de comuna. El análisis de fuentes secundarias incluyó informes de consultorías, documentos proporcionados por servicios públicos y publicaciones científicas, entre otras existentes en relación al territorio.

Reconocimiento y observación en terreno

En terreno se individualizaron unidades territoriales en las que pudieran identificarse diferentes destinos de uso en los sitios mencionados. El reconocimiento en terreno se efectuó en forma paralela y complementaria al levantamiento de la línea de base de biodiversidad, mediante la visita a los lugares de muestreo y el registro de los siguientes aspectos: cubierta vegetal presente en el área, usos productivos, presencia de construcciones y otros elementos que releven ocupación y usos del suelo. Los caminos inmediatos al área de estudio fueron recorridos con el propósito de localizar viviendas y familias de lugareños que pudieran estar ejerciendo presiones de uso sobre las áreas de estudio. Paralelamente se realizaron observaciones sistemáticas del entorno con el propósito de percibir otros aspectos de interés a evaluar. También se aprovecharon eventos locales que congregaron a representantes de diversas organizaciones indígenas provenientes de las comunidades de Alto el Loa y del Salar Atacama. En el Segundo Congreso Atacameño, organizado por el Consejo de Pueblos Atacameños y por la Comunidad Lickan Antay de Toconao (12 y 13 de enero de 2008), se pudo obtener una visión complementaria a las prospecciones de terreno, posibilitando un contacto ampliado hacia diversos grupos humanos que poseen protagonismo en las actividades habituales que hace la población de los sitos de interés.

Actores identificados e instrumentos utilizados

Los antecedentes se recabaron mediante una entrevista cerrada, dirigida a habitantes del área (actores aledaños o insertos en el sitio) y una entrevista abierta dirigida a personas externas que pueden intervenir directa o indirectamente y actual o potencialmente en el territorio (a los que llamamos informantes clave). Así, la prospección consideró la aplicación de instrumentos a dos tipos de actores; (a) los usuarios directos de las áreas de estudio, y (b) informantes clave, conformados por representantes de organizaciones, funcionarios de servicios públicos y privados. Todos ellos fueron contactados personalmente por el equipo de trabajo a través de visitas y también se les explicó el marco del estudio y el propósito específico de la entrevista. La información recabada por las entrevistas fue sometida a análisis de tipo cualitativo y cuantitativo según procedía.

Encuesta a población aledaña y entrevistas a informantes claves

Los antecedentes se recabaron mediante una entrevista cerrada, dirigida a habitantes del área que en este caso correspondió a actores aledaños a los sitios y una entrevista abierta dirigida a los informantes clave. Así, la prospección consideró la aplicación de instrumentos a dos tipos de actores; (a) los usuarios directos del área, y (b) representantes de organizaciones indígenas, privados que se relacionan con el área y representantes de servicios públicos.

En el primer caso la encuesta se centró en determinar la actividad productiva del entrevistado, la identificación de sitios con algún valor especial, la identificación de cambios ambientales en el último tiempo y las causas de los cambios ambientales negativos. En el segundo caso la entrevista tipo “sondeo de opinión” pretendió conocer los planteamientos de los diferentes actores ante la conservación del área, aportando con aspectos como la determinación de las actividades de mayor impacto, las amenazas presentes y potenciales, la necesidad de estudios y programas a desarrollar, la definición de áreas de restauración o de protección, entre otros aspectos.

En el caso de los residentes aledaños a los sitios de estudio, éstos constituyeron la escasísima población que reside en las áreas de estudio. La encuesta aplicada se estructuró en base a preguntas mayoritariamente semi-estructuradas en torno a cuatro grandes ítems. El primero recoge datos personales del entrevistado, el segundo permite una caracterización económica (actividades productivas, propiedad de terreno, venta de productos y uso de recursos naturales). El tercer ítem recoge la percepción de sitios con algún valor asignado y su destino de uso. La última parte se relaciona con la percepción de cambios ambientales detectados y la causa de éste (véase instrumento en Anexos). Se debe destacar que el propósito de esta encuesta no fue un levantamiento exhaustivo de antecedentes sino más bien posibilitar un contacto más sistemático con lugareños que aporten información de interés y complementaria al trabajo de terreno. Algunas de las dimensiones evaluadas en dicha entrevista se resumen en la siguiente tabla.

TABLA 7-8. DIMENSIONES EVALUADAS EN LA ENCUESTA REALIZADA A RESIDENTES ALEDAÑOS A LAS ÁREAS DE ESTUDIO. 2008.

DIMENSIONES	ALGUNAS VARIABLES
Antecedentes personales	Sexo Edad Escolaridad
Antecedentes socioeconómico-culturales	Actividad u ocupación Actividad productiva Superficie y titularidad de la propiedad Uso de recursos naturales Ingreso mensual Productos que se comercializan Cantidad y estado de la tierra
Redes sociales	Organizaciones sociales adhesión Acceso a servicios
Percepción	Sitios de valor especial Cambios ambientales y otro tipo Motivo de los cambios

En relación con la entrevista a informantes clave, ésta estuvo constituida por actores externos al área que intervienen directa o indirectamente y actual o potencialmente en ella (asociados a la conservación de los sitios, a su explotación turística u otras actividades) e incluyó tres tipos de actores: dirigentes sociales, guías o administradores de empresas turísticas y guardadores (personal de CONAF y carabineros). La encuesta contuvo una identificación del entrevistado y preguntas que abordaron diferentes temáticas desde la función institucional que cumple el actor y su relación con temas de conservación y planificación del área. El sondeo incluyó preguntas mayoritariamente abiertas, la identificación de los principales problemas ambientales en la comuna y en los sitios de estudio, grado de conocimiento de los mismos y sus límites, importancia que atribuye la población al área, impactos sobre ésta y su conservación, actividades productivas asociadas, necesidad de protección y mecanismos de conservación, entre otras (véase instrumento en Anexos).

Para efectos del capítulo de uso de suelo y amenazas, se incluye aquí el análisis de las preguntas vinculadas a éste.

3.2. Resultados y discusión

Actores entrevistados

Población aledaña al área

El número de entrevistados fueron dos en el sector Guatín (asociado a alrededores volcán Licancabur), dos en el sector Talabre (asociado a la Laguna Lejía) y uno en el sector de Caspana (asociado al sitio Geisers del Tatio).

El reducido número de encuestas aplicadas refleja la situación de despoblamiento de las áreas rurales no asociadas a poblados. Como se mencionó, el propósito fue complementar los resultados de las prospecciones visuales del equipo de trabajo, para ello se identificó a las personas que evidenciaran alguna relación de uso con superficies de terreno. En los sectores Guatin, Talabre y Caspana se entrevistó a los únicos residentes más cercanos a las áreas de estudio. Corresponden en su mayoría (tres de los cinco entrevistados) a familias de adultos mayores de uno o dos miembros, como es el caso de las entrevistadas de Guatín y Caspana. Los otros dos entrevistados corresponden a dos familias de seis integrantes cada una. Todos ellos declaran pertenecer a la etnia atacameña y desarrollan actividades agrícolas (alfalfa y maíz) y ganaderas (llamos o cabras), productos de las cuales obtienen ingresos económicos, aun cuando un aporte importante proviene de pensiones asistenciales.

Informantes clave

Se contactaron 13 informantes clave, vinculados con instituciones públicas y privadas, así como de organizaciones indígenas. Los primeros seis encuestados se contactaron durante el Segundo Congreso Atacameño. Los representantes de organizaciones indígenas se entrevistaron en sus lugares de trabajo, ya sea por estar vinculados a concesiones para la administración de sitios de interés turístico (Reserva Nacional Los Flamencos, Geisers del Tatio). Los carabineros del retén Tocorpuri constituyen un grupo humano residente en el área

del Tatio. En la Tabla 7-9 se muestra su identificación, perfil profesional, adscripción institucional y lugar de residencia.

Así, a nivel de la gestión del desarrollo turístico de la zona, se formuló el Plan de Desarrollo Turístico Alto Loa, con el fin de proyectar un desarrollo de esta actividad de manera sustentable y planificada. En ese contexto el Ministerio de Bienes Nacionales ha otorgado concesiones sobre atractivos turísticos a las comunidades del Alto Loa, para su usufructo y administración. Éstas se han realizado sobre los geisers del Tatio (a favor de las comunidades atacameñas de Caspana y Toconce); de los pukarás de Lasana, Quitor y Chiu Chiu; la habilitación de la ruta Patrimonial del "Oasis del Desierto de Atacama". Estas concesiones también existen sobre los baños de Puritana; las lagunas Miscanti y Miñiques asociadas a la Reserva Nacional Los Flamencos y en cogestión con CONAF (en 2005 lograron un ingreso de $ 40 millones por la llegada de 25 mil turistas); las lagunas altiplánicas de Céjar, de Piedra, Pozo 5 y Tebenquiche, terrenos administrados por la comunidad de Solor, entre otras.

Aparentemente estas concesiones turísticas se han transformado en una de las principales fuentes de ingresos para las poblaciones locales, especialmente en aquellos sectores donde las prácticas agrícolas y ganaderas se han visto afectadas en su productividad por la disminución de la disponibilidad de aguas (Claudio López comunicación personal).

TABLA 7-9. IDENTIFICACION DE INFORMANTES CLAVE ENTREVISTADOS. 2008.

NOMBRE	PERFIL ENTREVISTADO	RESIDENCIA
Víctor Magna	Empresario y guía turístico	San Pedro
Antonio Cruz	no menciona su actividad ni profesión	San Pedro
Gonzalo Martínez	Administrador de Termas de Puritana	Puritama
Rodrigo Araya Ayabire	Técnico Mecánico. Guardaparque de CONAF	San Pedro
Oscar Díaz	Guía turístico, expediciones	San Pedro
Carmen Chocobar	Técnico en turismo. Red de Turismo Rural Lican. Red de Turismo Indígena Lican Huasi	San Pedro
Marisol Gonzalez	Dueña de casa y secretaria de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao.	Toconao
María Mondaca	Coordinadora avanzada de la Reserva Nacional Los Flamencos, 2007-2008 y miembro de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao.	Toconao
Ernesto Cerda	Ingeniero en prevención de riesgos y medioambiente. Ex guardaparque de CONAF. Director y Encargado de la Comisión de Medioambiente de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao.	Toconao
Juan Mancilla Rodríguez	Ingeniero Ambiental, Master en Auditoria Ambiental. Asesor CONADI Proyecto Tatio.	Calama
Claudio Andrés López Cereceda	Administrador de empresas. Administrador Concesión Geisers del Tatio de Comunidades Indígenas de Caspana y Toconce.	Calama
Wilfredo Hernández Godoy	Carabinero Jefe del Retén Tocorpuri	Tocorpuri (El Tatio)
Meter Jaime Sagua	Carabinero del Retén Tocorpuri	Tocorpuri (El Tatio)

Uso de Suelo

De acuerdo a la recopilación de antecedentes bibliográficos y las prospecciones realizadas en terreno se ha podido constatar el bajísimo grado de uso productivo del suelo, el cual se restringe al uso agrícola de algunos pequeños predios y el pastoreo de rebaños de camélidos y cabras. La información obtenida de las encuestas a la población aledaña a las áreas de estudio reafirma este hecho. Como se aprecia en la tabla siguiente, la población entrevistada señala poseer entre una y cinco hectáreas de terreno. Los usos agrícolas consisten en la producción de alfalfa, señalada por dos de los entrevistados y maíz (uno de los entrevistados), ambos en el sector de Guatín, aledaño al sitio volcán Licancabur. El uso productivo más relevante es el ganadero, ya que todos los entrevistados señalaron poseer ganado caprino o llamos. El forrajeo de estos animales se realiza en los propios predios y en las áreas adyacentes. La entrevistada de Caspana señaló específicamente utilizar las vegas del Tatio para estos fines. Otro uso que se hace de los recursos naturales locales es material para hacer leña y carbón, para el abastecimiento doméstico (e.g. tolas en camino a Guatín y azufrera Sasiel).

TABLA 7-10. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y USO DE RECURSOS NATURALES EN SECTORES ALEDAÑOS A LOS SITIOS GÉISERS DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

Sector	Actividad productiva	Superficie propiedad agrícola	Tipo de ganado y cantidad	Uso de recursos naturales	Productos que comercializa	Concepto mayores ingresos
Guatin (alrededores volcán Licancabur)	Agrícola ganadera	1,5 ha	Ovino (5) Caprino (80) Burro (2)	Forraje Leña/ carbón	Alfalfa Chivos	Ventas de productos, Pensión asistencial
	Agrícola ganadera	1 ha	Caprino (50)	Leña/ carbón Forraje	Alfalfa, maíz Chivos	Ventas de quesos, chivos, Pensión asistencial
Talabre (Laguna Lejía)	Agrícola ganadera	0-1 ha	Llamas (30)	Leña/ carbón Forraje	Llamas	Ventas de productos, Salario
	Agrícola ganadera	0-1 ha	Llamas (40)	Forraje Leña/ carbón	Llamas	Pensión asistencial
Caspana (Tatio)	Agrícola ganadera	1-5 ha	Llamas (más de 100)	Forraje	Llamas	Pensión asistencial

Con respecto a los antecedentes que entregan los informantes clave, como se aprecia en la siguiente tabla, éstos consignan como usos actuales que efectúa la población aledaña en los sitios de estudio los siguientes: 1) ganadería, 2) agrícola de pequeña escala, 3) turismo, 4) obtención de leña y madera de cactus, y 5) ceremonial. Uno de los entrevistados señala además la extracción de agua y las faenas mineras, acciones que no son atribuibles a la población local, sino a empresas.

Del análisis de estas respuestas se recoge que los usos son principalmente ganaderos y en una menor escala agrícolas. Es relevante la percepción del turismo como actividad productiva realizada en los sitios, lo que fue señalado por cinco de los entrevistados. Este hecho destaca dado que varios de los más relevantes atractivos turísticos que se localizan, ya sea dentro de los sitios (Geisers del Tatio) como en sus inmediaciones (Reserva Nacional Los Flamencos), son gestionados por las comunidades locales.

TABLA 7-11. USOS IDENTIFICADOS POR INFORMANTES CLAVE EN LOS SITIOS GÉISERES DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. 2008.

Perfil entrevistado	Usos detectados de la población aledaña a los sitios
Víctor Magna	Ganadería, “pero muy lejano”
Antonio Cruz	Turismo
Gonzalo Martínez	Obtención de leña, madera de cactus Antiguamente caza de vicuñas
Rodrigo Araya Ayabire	Ganadera. Turística Ceremonial (asociada a volcanes y cerros)
Oscar Díaz	Ganadería (llamas) Pequeños cultivos (alfalfa).
Carmen Chocobar	Ganadería, agricultura.
Marisol González	Ganadería
María Mondaca	Ganadería: bajo impacto por bajo número de animales.
Ernesto Cerda Candia	Extracción de agua, depósito de relaves; prospección minera (caminos, tránsito de vehículos, otros).
Juan Mancilla Rodríguez	Agrícola
Claudio A. López Cereceda	Turismo
Wilfredo Hernández Godoy	Turismo
Meter Jaime Sagua	Turismo

Percepción actual de amenazas sobre los tres sitios

Amenazas declaradas por encuestados e informantes

Las amenazas detectadas por la encuesta a la población aledaña y entrevistas a informantes clave son las que se listan a continuación: (a) disposición inadecuada de basuras, (b) tránsito de turistas y visitantes, c) accesos y tráfico vehiculares, (d) caza ilegal, (e) obtención de madera, (f) obtención de leña y (g) obtención de agua (Tabla 7-12 a 7-14). Se debe notar que el impacto que cada una de estas actividades tiene en el área no ha sido evaluado y es distintamente valorado por los entrevistados. La mayoría de ellas se ha realizado de manera histórica y sin ningún tipo de control.

TABLA 7-12. INFORMACIÓN RELATIVA A CONEXIÓN ENTRE USOS Y AMENAZAS DE LOS SITIOS GÉISERS DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008. (LAS PREGUNTAS PUEDEN VERSE EN EL ANEXO 7-1. (*) ESTE ENTREVISTADO NO SE REFIRIÓ A LAS ÁREAS DE ESTE ESTUDIO, SINO APARENTEMENTE AL OASIS DE CALAMA, POR LO TANTO SU RESPUESTA NO ES CONSIDERADA EN ESTE ANÁLISIS.

Perfil entrevistado	Usos detectados de la población aledaña a los sitios (pregunta 13)	Efectos negativos de los usos de la población en los sitios (pregunta 14)	Identificación del origen/ responsable del efecto negativo
Víctor Magna	Ganadería	No. Muy pequeña escala (subsistencia)	Población local
Antonio Cruz	Turismo	El turismo no controlado puede afectar gravemente estos paisajes, con senderos y residuos.	Población flotante (Turistas)
Gonzalo Martínez	Obtención de leña, madera de cactus Antiguamente caza de vicuñas.	No. “Porque el indígena sabe en que época, cómo y cuánto obtener de la tierra”.	No ve efecto negativo
Rodrigo Araya	Ganadera. Turística. Ceremonial (asociada a volcanes y cerros).	No detecta efectos negativos. Aunque respecto a la “ganadería, se puede sanitizar y hacer manejo”.	Asociado a población local.
Oscar Díaz	Ganadería (llamas) Pequeños cultivos (alfalfa).	No.	No ve efecto negativo.
Carmen Chocobar	Ganadería, agricultura.	No. “Porque tienen sus propios potreros y mantienen ahí a sus animales”.	No ve efecto negativo.
Marisol González	Ganadería	No. “No más pastoreo cerca de Talabre”	No corresponde.
María Mondaca	Ganadería: bajo impacto por bajo número de animales.	No. Por bajo número de animales.	
Ernesto Cerda	Extracción de agua, depósito de relaves; prospección minera (caminos, tránsito de vehículos, otros).	Sí, por el uso no controlado de agua, los relaves en superficie, el material es trasladado por el viento y es nocivo.	Mineras.
Juan Mancilla (*)	Agrícola	“El oasis ha ido perdiendo paulatinamente la vegetatividad por escasez de agua, construcción de viviendas y lugar de microvertedero clandestino”.	Distintos actores: población en general, externa al área.
Claudio López	Turismo	“Porque los estudios de capacidad de carga y la explotación energética afectan al ecosistema en algun grado, e impacto visual y sonoro”.	Vinculados a empresas (proyectos de geotermia en Tatio).
Wilfredo Hernández G.	Turismo	No percibe efectos negativos.	
Meter Jaime Sagua	Turismo	No percibe efectos negativos.	

En cuanto a los usos que se dan a los sitios, del total de 13 informantes clave, seis mencionan la ganadería (especificando uno de ellos que se refiere a llamas; y señalando otro que ésta se ejerce lejos de los sitios priorizados y un tercero que ésta sería de bajo impacto); cinco señalan el turismo como uso relevante; dos señalan la agricultura (pequeña escala); uno menciona la práctica de recolección de leña y madera de cactus, uno señala actividad relacionada al ámbito ceremonial (en el marco de la ritualidad andina asociada a volcanes y montañas). Es importante destacar también que se señala la caza de vicuñas, pero como actividad del pasado. Dos informantes enfatizan la importancia de la actividad minera, cuya utilización indiscriminada del agua y depósito de relaves resultan especialmente nocivos para el sector, aunque sin asociarlos a un sitio en particular. Igualmente se señala como efecto negativo la potencial explotación energética del Tatio.

TABLA 7-13. AMENAZAS ESPECÍFICAS SOBRE LA BIODIVERSIDAD DE LOS SITIOS GÉISERS DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. (PREGUNTAS 37 A 40). ENERO 2008. (*) ESTE ENTREVISTADO NO SE REFIRIÓ, A LAS ÁREAS DE ESTE ESTUDIO, SINO APARENTEMENTE AL OASIS DE CALAMA, POR LO TANTO SU RESPUESTA NO ES CONSIDERADA EN ESTE ANÁLISIS.

Perfil entrevistado	Actividades que afectan a la fauna	Actividades que afectan a la vegetación	Problemas de conservación de especies (vegetación/ animales)	Percepción de desaparición de especies (vegetación/ animales)	Causa de disminución/ desaparición de especies (vegetación/ animales)
Víctor Magna	Paso de vehículos y personas	Mucho tránsito, hay que restringir	Sí.	Fauna: flamencos, gaviota andina, vizcacha.	Turismo, minería (humanos).
Antonio Cruz	Sí. Caza ilegal, la pequeña minería utiliza a camélidos como fuente de carne.	Sí. Proyectos mineros y necesidades hídricas de éstos.	Sí.	Fauna: chinchilla, guanacos.	Fauna: chinchilla: caza guanacos: caza (pirquineros para obtención de carne).
Gonzalo Martínez	No.	No.	Sí.	Fauna: vicuña.	“Antes era cazada por personas que venían de afuera”.
Rodrigo Araya	Sí. “Introducción de animales produce desplazamiento” .	Sí. “Turismo, salirse del camino. Ganadería afecta poco, sólo sobre pajonales”.	Sí, pato andino.	Fauna: pato andino (mencionado en preg, 39) Flora: cactus, llareta.	Pato andino: no menciona causa. Flora: artesanía, construcción, combustible.
Oscar Díaz	No.	Sí, “extracción de llareta (volcán Licancabur) y cardón (Tatio)”	Sí.	Para Volcán Licancabur Flora: llareta, cactus.	Flora: Llareta: calefacción. Cactus: Construcción y artesanía.

Carmen Chocobar	Sí. “Caza de las vicuñas”.	No sabe.	Sí.	Sí. Fauna: vicuña.	Fauna: Vicuña: caza.
Marisol González	No.	No.	Sí.	Sí. Fauna: vicuña.	Vicuña: caza.
María Mondaca	No. Muchos años atrás se cazaba mucho la vicuña y extraían huevos.	No.	Sí.	Vicuña.	Caza en la antigüedad.
Ernesto Cerda	Sí. Caza ilegal, desconocimiento, falta de estudios en terreno. Manejo de influencias. (Se han capturado flamencos vivos para llevarlos al zoológico particular en barrio alto de Santiago.	Sí. Proyecto ALMA. Miles de Cáctaceas fueron removidas para la construcción de camino particular en sector altoandino. Esto es visible usando esa ruta.	Sí. Fauna: chinchilla, kiula, suri, cóndor, gato andino, otros. Flora: llareta, cactáceas (en San Pedro) otros.	Sí. Especie: el 1) Suri 2) Kiula (perdiz de la puna)	1) Intervención del hábitat, caza ilegal. 2) Caza ilegal, excepto en sector el Tatio. Estas especies han aumentado la presencia diaria de turistas, que evita la caza ilegal.
Juan Mancilla (*)	Sí. “Depósito de basura, quema de vegetación, acceso de vehículos, perros”	Sí (no detalla)	Sí (no detalla)	Sí (no detalla)	(No detalla)
Claudio López	Sí. “La no recogida o retorno de la basura a San Pedro de Atacama o Calama, afecta a los zorros, quienes podrían, perder la capacidad de cazar”	Sí “El acceso de vehículos y los caminos que no poseen los adecuados pasos de agua”.	No sabe (preg. 39)	Sí Especies: Flora: Llareta Fauna: Quirquinchos vizcachas.	Llareta: Explotación industrial (años 50-60) para abastecer a Chuquicamata de leña) Quirquinchos: Caparazón Vizcachas: carne y piel.
Wilfredo Hernández	Sí, “las personas que llegan al lugar”	Sí. “El ingreso de personas”	Sí.	No sabe.	No sabe.
Meter Jaime Sagua	Sí, “las personas que llegan al lugar”	Sí. “El ingreso de personas”	Sí.	No.	No sabe.

En este ítem asoman amenazas asociadas a usos culturales de los recursos naturales, que no fueron mencionados o lo fueron en forma más sutil en el anterior.

En el caso de las amenazas concretas a la fauna, la mayoría (13) de los entrevistados menciona que ésta se ve afectada por las actividades humanas. Vemos que el tema de la caza de vicuñas se enuncia como práctica común en el pasado (entrevistado 3) y aparentemente todavía vigente (entrevistada 6). Por su parte, el entrevistado 2 menciona la existencia de caza ilegal, practicada por mineros, que usan la carne de camélidos para alimentarse. También se señala la estaría afectando la llegada de personas y vehículos a los sitios. La disminución de fauna es considerada por siete de los 13 entrevistados. Entre las especies que se considera afectadas, los entrevistados destacan la disminución de aves: flamencos y gaviota andina, considerando a la actividad minera como responsable del daño. Otro entrevistado menciona la disminución (no queda claro en que cantidad) del “pato andino”, sin dar causas para ella. El entrevistado 9 menciona un hecho de captura de fauna para proveer zoológicos particulares con fauna local. Señala además la caza ilegal de suri (ñandú andino) y kiula (perdiz de la puna). Otras especies que se considera afectadas son chinchilla, cóndor, gato andino, zorro, quirquincho y vizcacha.

En cuanto a la flora, los entrevistados señalan efectos adversos generales sobre ésta, provocados por el flujo de visitantes y el tránsito de vehículos que se salen de los caminos y, señalado por uno de los informantes, por la explotación de los recursos hídricos que abastecen a las mineras. En términos específicos sólo se señala la disminución de llareta, utilizada como recurso energético, y de cactus, utilizado en artesanía y construcción. La extracción de llareta y cactus se refiere en el área del volcán Licancabur, y la extracción de cardón (cactus), en la zona del Tatio. Estas especies también se mencionan con problemas de conservación en el sector de San Pedro de Atacama. Otro informante (9) señala un impacto negativo sobre la flora, causada por la construcción de un camino particular asociado al proyecto ALMA.

En general, y salvo casos específicos que se relatan (tales como hechos puntuales vinculados al proyecto ALMA, o las explotaciones históricas que afectaron a la llareta para proveer de combustible a las faenas mineras), los informantes coinciden en la percepción de un efecto dañino en el medioambiente, causado por “las personas”, especialmente asociadas al turismo, dadas las características de los sectores en estudio. Sólo un informante (9) atribuye a la llegada de turistas, en el sector del Tatio, un efecto beneficioso sobre la fauna en términos de que la presencia de éstos evitaría la caza furtiva.

Acerca de los elementos que se perciben con un mayor impacto producto de las actividades humanas, la mayoría de los informantes (7) se refiere al paisaje, cuyas causas de modificación son atribuidas principalmente a la apertura de caminos y el tráfico de vehículos como consecuencia del flujo turístico como de la explotación minera. El otro recurso que se percibe afectado es el agua, tanto en su calidad como en su abundancia, lo que se atribuye principalmente a la explotación minera y al abastecimiento de las ciudades.

TABLA 7-14. OTROS ELEMENTOS DEL ECOSISTEMA AFECTADOS NEGATIVAMENTE POR USOS DEL ÁREA. ENERO 2008. (PREGUNTA 41). LAS PREGUNTAS PUEDEN VERSE EN EL ANEXO 7-1. (*) ESTE ENTREVISTADO NO SE REFIRIÓ, A LAS ÁREAS DE ESTE ESTUDIO, SINO APARENTEMENTE AL OASIS DE CALAMA, POR LO TANTO SU RESPUESTA NO ES CONSIDERADA EN ESTE ANÁLISIS.

Informante	Elementos modificados	Causas de modificación
Víctor Magna	a) Paisaje	a) "Vehículos"
Antonio Cruz	Al principio aparece "(Todos)" a) Dunas b) Terrazas c) Paisaje d) Fuentes de agua	No menciona
Gonzalo Martínez	a) Paisaje	a) Muchos caminos
Rodrigo Araya Ayabire	a) Paisaje	a) Extracción de áridos
Oscar Díaz	a) Paisaje	a) Mineras (Talabre, Volcán Licancabur). Gasoducto.
Carmen Chocobar	a) Ninguno	No menciona
Marisol González	No responde	No responde
María Mondaca	No responde	No responde
Ernesto Cerda Candia	Fuentes de agua Paisaje	Minería Minería- Militar
Juan Mancilla Rodríguez (*)	Calidad del agua Paisaje	No menciona causas
Claudio A. López Cereceda	Paisaje general	Caminos llareteros; tuberías de explotación energía geotérmica.
Wilfredo Hernández Godoy	Agua	Extracción (in)discriminada (sic), (Minería)
Meter Jaime Sagua	Agua	Extracción, Minería.

3.3. Clasificación de perturbaciones/impactos

Marco teórico y conceptual

Perturbaciones o disturbios

Desde el punto de vista ecológico una perturbación puede ser definida como un evento que provoca el despeje de una porción de sustrato que puede ser colonizado por ciertos organismos (Dayton 1971). Por otro lado, Forman & Godron (1986) definen la perturbación (también llamada disturbio) como un evento que causa un cambio significativo del patrón normal de un ecosistema. Finalmente van Andel & van den Bergh (1987) explican la perturbación como un cambio de condiciones que interfiere con el funcionamiento normal de un ecosistema. La alteración del ecosistema dependerá de la extensión, intensidad y frecuencia de esas perturbaciones. De acuerdo al tamaño, pueden clasificarse en: (a) grandes disturbios cuando

exceden las 10 hectáreas, (b) medianos de una a 10 hectáreas y (c) pequeños cuando son menores de una hectárea. Según la intensidad o daño que ocasionan se pueden clasificar en: severos, medianos y leves.

Se distinguen dos tipos de perturbaciones (sensu Sousa 1984): las naturales y las antrópicas (generadas por el ser humano). La primera incluye el vulcanismo, los deslizamientos, los movimientos tectónicos, etc., y las segunda la agricultura, la silvicultura, la ganadería, la actividad minera, la expansión urbana, etc. Por otro lado los ecosistemas pueden estar sometidos a factores tensionantes, que son estímulos externos que pueden dañar los sistemas naturales. Cuando esto ocurre hablamos de un ecosistema tensionado (sensu Brown & Lugo 1994), ya que ese sistema no puede funcionar normalmente por estar sometidos a estímulos externos (factores tensionantes).

Un ecosistema perturbado

Un ecosistema tensionado producto de las perturbaciones a que está sometido puede alterarse de diferentes maneras. Por ejemplo (a) disminuyendo su diversidad biológica, (b) perdiendo y/o alterando su suelo (e. g., pérdida de nutrientes, contaminación), (c) cambiando su microclima (e. g., humedad, precipitación), (d) disminuyendo el reclutamiento de organismos con disminución del tamaño de las poblaciones, (e) alteración de los cuerpos de agua.

Un ecosistema perturbado ha perdido total o parcialmente sus funciones (productividad, interacciones, polinización, regulación hídrica) y su estructura (organización espacial de las especies, número de especies, estado de las poblaciones). Barrera-Cataño & Valdés-López (2007) describen varios ejemplos: (a) áreas perturbadas por la extracción de materiales a cielo abierto, afectándose todos los componentes del ecosistema (e.g., suelo, vegetación y fauna) y las condiciones microclimáticas; (b) áreas perturbadas por tala selectiva afectándose parcialmente los componentes de la biota, suelo, y condiciones microclimáticas; (c) áreas perturbadas por uso y expansión agropecuaria, alterando todos los compartimentos del ecosistema y las condiciones microclimáticas; (d) áreas perturbadas por expansión y uso urbano, afectando drásticamente todos los componentes ecosistémicos y las condiciones microclimáticas; (e) áreas perturbadas por especies exóticas, alterando todos los compartimentos, en especial la diversidad de especies nativas; (f) áreas perturbadas por procesos erosivos hídrico y/o eólicos, afectando todos los compartimentos, pero principalmente el suelo; (g) áreas perturbadas por descargas de sedimento, afectando, principalmente, el suelo y el agua; (h) áreas perturbadas por descarga de contaminantes, afectando todos los componentes del ecosistema, pero fundamentalmente el agua y el suelo.

Perturbaciones asimiladas como impactos ambientales

Se entiende por impacto ambiental a la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. Dicho de otro modo un impacto ambiental es la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes, de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo. Así, si tomamos estos conceptos sensu lato podemos asimilar el

concepto de perturbación antrópica, con su marco teórico ecológico, al de impacto ambiental. De este modo podemos evaluar, ponderar y clasificar esas perturbaciones, más allá que los ecólogos también lo hacen (véase Sousa 1984), pero al vincular ambos conceptos orientamos el análisis de las perturbaciones/impactos a un problema claramente enfocado al tema de la biodiversidad, que necesita un refuerzo teórico ecológico. Aclarado esto podemos asumir que las actividades humanas, que se realizan en el área de estudio, y que se relacionan con el uso y aprovechamiento de sus recursos naturales, ya sea que éstas se ubiquen dentro de los límites del área de interés o en su zona de influencia, suelen generar impactos que exceden los rangos naturales de variación y con ello pueden afectan la integridad ecológica del sitio. Así, el área de interés puede afectarse por impactos directos o indirectos y en ambos casos el resultado es exceder la capacidad de uso sustentable o sostenible, conduciéndolos a su eventual colapso. Cuando un área de conservación deja de ser funcional requerirá manejo o restauración ecológica (Granizo et al. 2006).

3.4. Impactos sobre los tres sitios

Mapas conceptuales

Un mapa conceptual es una representación gráfica de información, entendida como una red de conceptos circunscritos a círculo u óvalos que se interrelacionan con flechas. Este resumen esquemático es una estructura de proposiciones, que contienen las ideas más importantes del tema en cuestión. En un mapa conceptual elaborado, los conceptos más importantes los ubicamos arriba (causas u orígenes de las perturbaciones/impactos), desprendiéndose hacia abajo los efectos, es decir las perturbaciones/impactos propiamente tales. Todos los componentes fueron unidos con líneas ya que representan factores interconectados. Los mapas conceptuales se elaboraron en base a: (a) el análisis bibliográfico, (b) el reconocimiento y observación en terreno, (c) los resultados de las encuestas a población aledaña y (c) las entrevistas a informantes claves.

Caracterización y valoración de los impactos ambientales sobre los sitios Laguna Lejía, Geisers del Tatio y Alrededores del Volcán Licancabur

Una vez identificados los impactos ambientales negativos, se describieron en forma cualitativa los efectos que potencialmente pueden afectar el área de estudio y los impactos que los procesos identificados pueden generar en los componentes receptores.

Los diferentes impactos identificados y caracterizados, se cuantificaron en forma separada y se contrastaron, con normas, estándares o criterios de protección para cada componente ambiental. Para medir el efecto o impacto de las actividades humanas sobre los factores ambientales del área de estudio, se calificó el impacto mediante los criterios que se definen a continuación: se calculó la (a) importancia, (b) la probabilidad y (c) la magnitud de cada impacto, aplicando la metodología adaptada para la matriz causa-efecto de acuerdo a Conesa (1995):

Importancia del impacto. Se calculó según la siguiente fórmula cuyos componentes se describen en la Tabla 7-15.:

$$Im = (S)\ (I + E + M + T + R + In + P + Re)$$

Probabilidad del impacto. Se estimó la Probabilidad del impacto de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia del impacto, jerarquizando en tres rangos:

1 = Improbable: el impacto ocurrirá con una probabilidad < 0,4
2 = Probable: el impacto ocurrirá con probabilidad entre 0.4 y 0.8
3 = Cierto: el impacto ocurrirá con probabilidad > 0,8

Magnitud del impacto. Se estimó la Magnitud (Mg) del impacto, que califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental generado. Se compara el valor impactado de cada recurso, con el valor total del recurso, expresado en porcentaje.

1 = baja (30 – 0 %)
2 = media (31 – 69 %)
3 = alta (70- 100%)

TABLA 7-15. FACTORES PARA ESTIMAR LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

S	Signo		+ = benéfico o positivo - = dañino o negativo d = neutro o desconocido
I	Intensidad	grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa).	1 = acción mínima 2 = destrucción media 3 = destrucción total
E	Extensión	área de influencia teórica del impacto, en relación del proyecto	1 = puntual 2 = parcial 3 = total
M	Momento	tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto	1 = largo plazo (> 5 años) 2 = mediano plazo (1 –5 años) 3 = inmediato (< 1 año)
T	Temporalidad	tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado volvería a condiciones iniciales	1 = fugaz (< 1 año) 2 = temporal (1- 10 años) 3 = permanente (> 10 años)
R	Reversibilidad	posibilidad de restauración del factor afectado	1 = a corto plazo 2 = a mediano plazo 3 = irreversible
In	Interacción	interacción de dos o más efectos simples	1 = indiferente 2 = aditiva 3 = sinérgica
P	Periodicidad	regularidad de manifestación del efecto en el tiempo	1 = indiferente 2 = periódico 3 = continuo
Re	Recuperabilidad	posibilidad de restauración del factor afectado mediante medidas correctoras	1 = inmediata (< 1 año) 2 = mitigable (1 – 5 años) 3 = irrecuperable

La valoración de cada uno de los factores antes mencionados se efectuó utilizando el método Delphi (descrito en MIDEPLAN 1994) donde cada carácter fluctuó entre los valores 1 y 3 el cual se asigna del consenso y sapiencia del panel de expertos conformado por especialistas de las áreas de: limnología, humedales, ecología, ciencias ambientales, vida silvestre, recursos naturales y estudios de impacto ambiental. Los valores obtenidos se ubicaron frente a cada actividad evaluada para el factor ambiental valorado.

Una vez obtenida la importancia del impacto se procedió a calificar cada impacto, según la fórmula: Calificación del Impacto Ambiental (CIA)

CIA= Im (Importancia del Impacto) x p (Probabilidad del Impacto).

El valor obtenido, promedio del total de evaluadores, fue finalmente ubicado en la matriz de importancia. Luego se localiza en la matriz el promedio de los evaluadores, en el cálculo de la Magnitud (Mg). Finalmente para obtener el Valor del Impacto Ponderado Total (VIPT) se multiplicó el valor de la Calificación del Impacto Ambiental (CIA) y el valor de la Magnitud (Mg), correspondiendo el valor final al Impacto Negativo Total, de esta forma el impacto evaluado es el que se ubica en la matriz.

Amenazas y perturbaciones registradas sobre los tres sitios

Según el análisis de la información proporcionada por los actores locales, el reconocimiento y observaciones en terreno se pueden identificar dos amenazas mayores, no evaluadas, en el área de Laguna Lejía: (a) Gestión turística poco planificada; (b) Actividades extractivas no controladas. Las perturbaciones registradas, no jerarquizadas ni evaluadas asociadas a estas amenazas son: (a) Disposición inadecuada de basuras, (b)Tránsito de turistas y visitantes, (c) Accesos y tráfico vehiculares, (d) Caza ilegal, (e) Extracción de madera, (f) Extracción de leña, y (g) Extracción de agua. Estas perturbaciones están presentes en la mayoría de las áreas de estudio, sin embargo, se presentan diferencias en la ponderación de los impactos en cada sitio. Por lo cual, una vez clasificados como factores tensionantes, perturbaciones asociadas e impactos ambientales se evalúa su manifestación específica en cada sitio en estudio (Tabla 7-16).

Clasificación de perturbaciones/impactos sobre los tres sitios

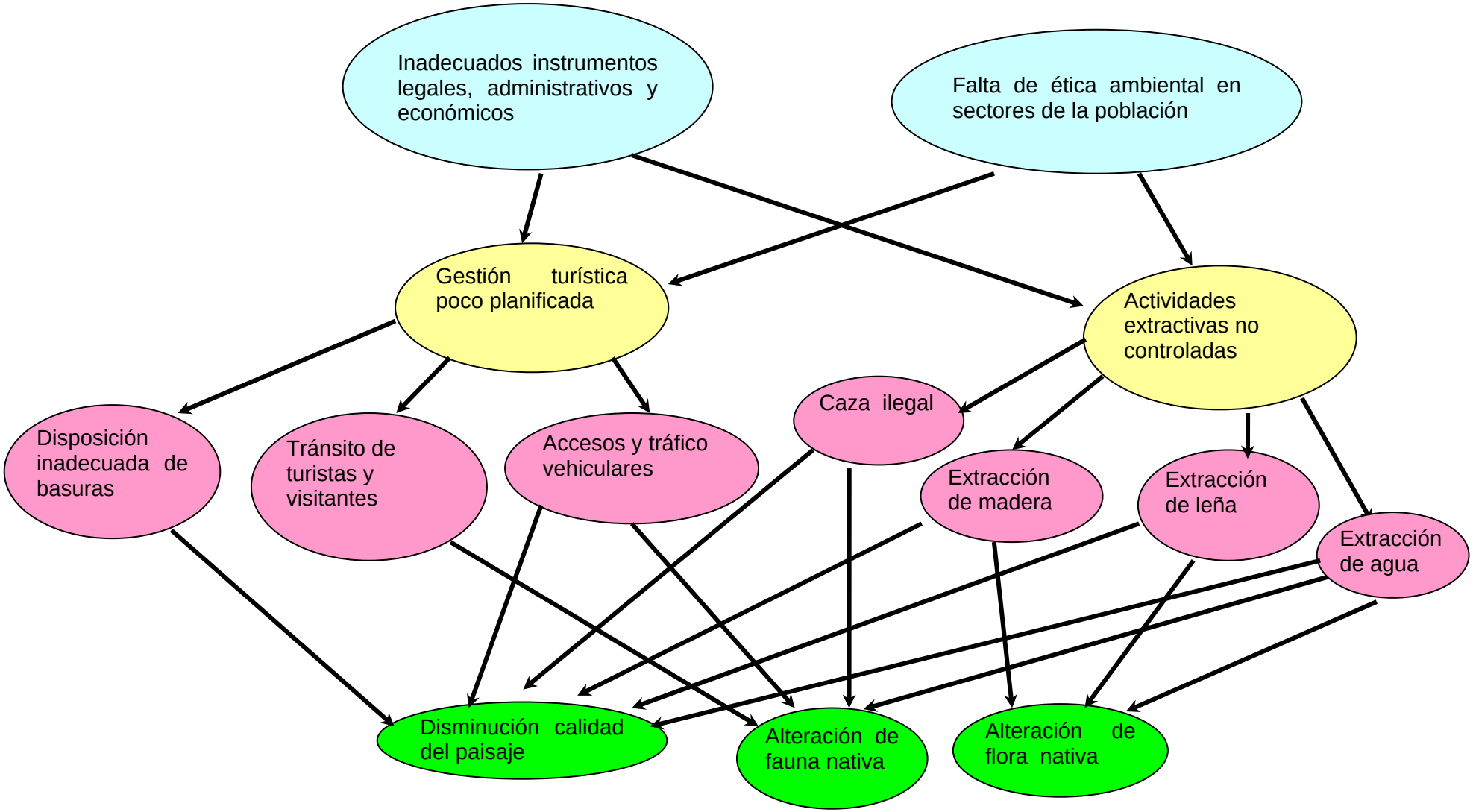
TABLA 7-16. CLASIFICACIÓN DE FACTORES TENSIONANTES, PERTURBACIONES E IMPACTOS EN LOS SITIOS GÉISERES DEL TATIO, LAGUNA LEJÍA Y ALREDEDORES DEL VOLCÁN LICANCABUR. ENERO 2008.

FACTORES TENSIONANTES	PERTURBACIÓN	IMPACTO AMBIENTAL
Gestión turística poco planificada	Disposición inadecuada de basuras	disminución de la calidad del paisaje
	Tránsito de turistas y visitantes	alteración de fauna nativa
	Accesos y tráfico vehiculares	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de fauna nativa
Actividades extractivas no controladas	Caza ilegal	alteración de fauna nativa
		disminución de la calidad del paisaje
	Extracción de madera	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de la flora nativa
	Extracción de leña	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de la flora nativa
	Extracción de agua	disminución de la calidad del paisaje
		alteración de la fauna nativa
		alteración de la flora nativa

Mapa conceptual de factores tensionantes, perturbaciones e impactos ambientales identificados

Para una mejor comprensión, se presenta en el siguiente diagrama el mapa conceptual de factores tensionantes (óvalos de color amarillo), sus perturbaciones derivadas y a evaluar posteriormente (óvalos morados) y los impactos ambientales relevantes (óvalos verdes). En la parte superior se presentan las causas determinantes que explican el mapa conceptual en su conjunto (óvalos celestes).

MAPA CONCEPTUAL



Folio008176

4. VALORACIÓN DE LAS PERTURBACIONES AMBIENTALES EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA

a) Tránsito de turistas y visitantes

Esta perturbación solo generaría impactos sobre la fauna, atribuyéndosele un grado muy bajo (< 43). El componente de la fauna que se considera afectado son las aves acuáticas, dada la asociación de estas especies a la laguna, y los artiodáctilos que ocupan el área (Fig. 7-1). En ambos casos son los ruidos asociados al desplazamiento de personas lo que se considera la mayor perturbación para las especies. Dado que el tránsito hacia la laguna es en la actualidad muy bajo esta perturbación podría incrementar su impacto en la medida que se mejore el acceso al sitio y se incorpore dentro de los circuitos turísticos establecidos.

Tránsito de turistas y visitantes															
		Impacto muy bajo		0	43										
		Impacto bajo		44	86										
		Impacto medio		87	130										
		Impacto alto		131	173										
		Impacto muy alto		174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**Σ**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**	
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. Vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FAUNA	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aves acuáticas. Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	1	1	2	3	1	13	3	39	1	39	
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pequeños mamíferos. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	1	1	2	3	1	13	3	39	1	39	
	Carnívoros. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA															
	Calidad del paisaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Uso recreacional y turístico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

FIGURA 7-1. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN TRÁNSITO DE TURISTAS Y VISITANTES EN EL SITO LAGUNA LEJÍA.

Folio008177

b) Accesos y tráfico vehiculares

Esta perturbación generaría impactos sobre la fauna, atribuyéndosele un grado muy bajo (< 43). El componente de fauna que se considera afectado son las aves acuáticas por su relación con la laguna. Esta perturbación se asocia al ruido que generan los vehículos motorizados, que es la forma más utilizada para llegar a lugares de difícil acceso por parte de los visitantes y que en este caso se restringe al borde de la laguna. Asociado a lo anterior existiría un impacto, igualmente de nivel muy bajo sobre la calidad del paisaje, que se propiciaría por el efecto visual que ejercen los vehículos (Fig 7-2).

Accesos y tráfico vehiculares														
Impacto muy bajo	0	43												
Impacto bajo	44	86												
Impacto medio	87	130												
Impacto alto	131	173												
Impacto muy alto	174	216												
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	1	1	2	2	1	12	2	24	1	24
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	1	1	3	1	1	2	2	1	12	2	24	1	24
	Uso recreacional y turístico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIGURA 7-2. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN ACCESOS Y TRÁFICO VEHICULARES EN EL LAGUNA LEJÍA.

Folio008178

c) Caza ilegal

Esta perturbación genera impactos sólo sobre la fauna. Se consideran afectados en un grado muy bajo las aves acuáticas (< 43) y en un grado bajo artiodáctilos (> 44 < 86). Esta evaluación se sustenta en que la práctica de la caza, aunque a muy baja escala, persiste en sectores aislados, siendo las especies más cotizadas las de mayor tamaño. La caza ha sido históricamente una de las actividades productivas más intensamente desarrollados por las poblaciones locales. En el ámbito de las funciones y servicios del ecosistema esta perturbación se considera de muy bajo impacto sobre la calidad del paisaje, ya que la pérdida de especies ocasionaría una disminución de la perceptibilidad de la fauna (Fig. 7-3).

Caza ilegal

Impacto muy bajo	0	43												
Impacto bajo	44	86												
Impacto medio	87	130												
Impacto alto	131	173												
Impacto muy alto	174	216												

FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cauce/superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAUNA	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	2	1	2	1	2	13	2	26	1	26
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia (%)	1	1	3	2	1	2	1	2	13	3	39	2	78
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	1	1	3	2	1	2	1	1	12	2	24	1	24
	Uso recreacional y turístico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIGURA 7-3. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN CAZA ILEGAL EN EL SITO LAGUNA LEJÍA.

d) Extracción de agua

Esta perturbación sería la de mayor impacto tanto en los componentes del ecosistema como en sus funciones y servicios. A nivel del recurso agua se afectarían en un grado medio tanto los usos para vida silvestre como la superficie del espejo de agua y el volumen de agua de la laguna (> 87 < 130). Con respecto a la vegetación también se afectarían en un grado medio la composición de las asociaciones vegetacionales acuáticas ocasionándoles una degradación y una pérdida de cobertura. Aves y artiodáctilos se afectarían en un grado bajo (> 44 < 86). La calidad de paisaje y el uso recreacional y turístico igualmente se afectaría en un grado medio (> 87 < 130) (Fig. 7-4).

Extracción de agua		Impacto muy bajo	0	43										
		Impacto bajo	44	86										
		Impacto medio	87	130										
		Impacto alto	131	173										
		Impacto muy alto	174	216										
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA		**I**	**E**	**M**	**T**	**R**	**In**	**P**	**Re**	**∑**	**Probabilidad**	**CIA**	**Magnitud**	**VIPT**
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	2	2	3	3	2	2	2	2	18	2	36	3	108
	Cauce/superficie	2	2	3	3	2	2	2	2	18	2	36	3	108
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	2	2	3	3	2	2	2	2	18	2	36	3	108
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	2	2	3	3	2	2	2	2	18	2	36	3	108
FAUNA	Reptiles Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aves acuáticas Diversidad (S) y abundancia (%)	1	2	3	3	1	2	2	2	16	2	32	2	64
	Aves terrestres Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pequeños mamíferos Diversidad (S) y abundancia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Artiodáctilos (camélidos) Diversidad (S) y abundancia	1	2	3	3	1	2	2	2	16	2	32	2	64
	Carnívoros Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA														
	Calidad del paisaje	2	3	3	2	2	2	3	2	19	2	38	3	114
	Uso recreacional y turístico	2	3	3	2	2	2	3	2	19	2	38	3	114
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Productividad pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIGURA 7-4. EVALUACIÓN DE LA PERTURBACIÓN EXTRACCIÓN DE AGUA EN EL SITO LAGUNA LEJÍA.

Ponderación de las amenazas

La Laguna Lejía posee, en términos generales, en la actualidad, amenazas de nivel bajo a su conservación, las que, sin embargo, podrían verse incrementadas en la medida que se mejoren sus accesos y con ello aumente el flujo vehicular y turístico hacia el sitio. Los componentes del ecosistema que mayormente se verían afectados son la fauna y la calidad paisajística y recreacional del área (Fig. 7-5). Las perturbaciones que se perfilan de mayor riesgo son la caza que tendría como especie objetivo a los camélidos y la extracción de agua. Esta última afecta los componentes flora y fauna que viven estrechamente asociados al ecosistema acuático así como la calidad del paisaje y su uso turístico. Dada las tendencias que afectan a la demanda de recursos hídricos en la zona norte, es factible considerar que ésta es la mayor amenaza potencial a la conservación del sitio. Los factores tensionantes que se vincularían a estos procesos son una gestión turística poco planificada y actividades extractivas no controladas.

IMPACTOS LAGUNA LEJÍA		Tránsito de turistas y visitantes	Accesos y tráfico vehiculares	Caza ilegal	Extracción de agua
FACTORES EVALUADOS DEL ECOSISTEMA					
AGUA	Características físico-químicas	0	0	0	0
	Usos para vida silvestre	0	0	0	108
	Cauce/superficie	0	0	0	108
VEGETACIÓN	Pérdida de cobertura de la vegetación terrestre	0	0	0	0
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas terrestres	0	0	0	0
	Pérdida de cobertura de la vegetación acuática	0	0	0	108
	Degradación de las asoc. vegetac. nativas acuática	0	0	0	108
FAUNA	Reptiles. Diversidad (S) y Abundancia (%)	0	0	0	0
	Aves acuáticas . Diversidad (S) y abundancia (%)	39	24	26	64
	Aves terrestres. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0
	Pequeños mamíferos. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0
	Artiodáctilos (camélidos). Diversidad (S) y abundancia (%)	39	0	78	64
	Carnívoros. Diversidad (S) y abundancia (%)	0	0	0	0
FUNCIONES Y SERVICIOS DEL ECOSISTEMA					
	Calidad del paisaje	0	24	24	114
	Uso recreacional y turístico	0	0	0	114
	Agua para uso doméstico	0	0	0	0
	Productividad pecuaria	0	0	0	96

Impacto muy bajo	0	43
Impacto bajo	44	86
Impacto medio	87	130
Impacto alto	131	173
Impacto muy alto	174	216

FIGURA 7-5. EVALUACIÓN DEL VALOR DE IMPACTO PONDERADO TOTAL (VIPT) DE CUATRO PERTURBACIONES QUE ACTÚAN EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA.

5. OBJETOS NATURALES DE CONSERVACIÓN Y SU GRADO DE AMENAZA EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA

En Laguna Lejía hemos identificado dos ambientes que la caracterizan, estos son el pajonal de la estepa altoandina y el humedal altoandino lacustre. Según se expuso en el capítulo precedente, el primero se ha definido como objeto de conservación de filtro grueso y el segundo como objeto de conservación de filtro medio, incorporándose además ocho especies focales, dos de flora *Calceolaria stellariifolia* y *Junellia tridáctila* y seis de fauna *Ctenomys fulvus, Chinchilla brevicaudata, Vicugna vicugna, Phoenicoparrus* spp, *Phoenicopterus chilensis* y *Pterocnemia pennata*.

Los objetos de conservación cumplen con los requisitos de representar toda el área de estudio, reflejar las amenazas en el área y reflejar la escala a la que se está trabajando, de este modo, una vez conocidas y valoradas las amenazas establecidas sobre la conservación de la biodiversidad de estas áreas se podrán proponer medidas para enfrentarlas y conservar la salud de este frágil ecosistema.

Atendiendo a los dos componentes ambientales del área de estudio se explicitan sobre ellos las amenazas ya valoradas. Sobre éstos se expresará el nivel de amenaza en la cartografía. Los sistemas son:

I.- Pajonal de la estepa altoandina
II.- Humedales altoandino lacustre

En la Tabla 7-17. Se muestra el número total de amenazas por sistema, el nivel de amenaza y el número de especies focales del objeto de conservación que son afectadas.

TABLA 7-17. CLASIFICACIÓN TOTAL DE AMENAZAS, NIVEL Y ESPECIES FOCALES DEL OBJETO DE CONSERVACIÓN AFECTADAS, DISGREGADO SEGÚN AMBIENTE EN LAGUNA LEJÍA.

SISTEMA	CÓDIGO	Nº AMENAZAS TOTALES	Nº AMENAZAS NIVEL MEDIO	Nº AMENAZAS NIVEL BAJO	Nº ESPECIES FOCALES QUE AFECTA
Pajonal de la estepa altoandina	I	7	0	7	5
Humedal altoandino lacustre	II	4	4	0	3

El humedal altoandino presentaría un nivel de amenaza medio en relación con el pajonal de la estepa altoandina cuyo nivel de amenaza sería bajo. El sistema pajonal de la estepa altoandina presenta siete amenazas, todas de nivel bajo, sin embargo éstas actúan sobre cinco de las especies focales del objeto de conservación de grano fino, *Calceolaria stellariifolia* y *Junellia tridáctila*, *Ctenomys fulvus, Chinchilla brevicaudata* y *Vicugna vicugna.* Por su parte el sistema humedal altoandino lacustre presenta cuatro amenazas, todas de nivel medio actuando sobre tres de las especies focales, las aves acuáticas *Phoenicoparrus* spp, *Phoenicopterus chilensis* y *Pterocnemia pennata.* En la Fig. 7-6 se representa cartográficamente la síntesis de las amenazas que se detectaron y evaluaron en el área de estudio.

6. CONCLUSIONES

En el sitio Laguna Lejía los objetos de conservación, sobre los cuales debe focalizarse la conservación de la biodiversidad y la integridad ecosistémica son a) el pajonal de la estepa altoandina y b) los humedales altoandinos lacustres asociados a la laguna del mismo nombre.

De los resultados anteriormente expuestos y las observaciones realizadas se concluye que, dada las circunstancias ambientales actuales, las presiones de uso sobre el sitio Laguna Lejía son de nivel bajo, ponderándose una amenaza de grado muy bajo en el pajonal de la estepa altoandina y de grado medio en los humedales altoandinos lacustres asociados a la laguna.

El nivel de amenaza a que están sometidas ambas unidades podría incrementarse en caso de un aumento en el flujo turístico y de visitantes hacia el lugar, pero sobre todo si llegasen a existir demandas de uso del agua que pudieran afectar el volumen y la calidad de las aguas de la laguna.

Los componentes del ecosistema que presentan la mayor vulnerabilidad son las aves acuáticas.

Igualmente generan impactos puntuales sobre ciertos componentes del ecosistema actividades como la caza la que afectarían principalmente a la fauna de artiodáctilos.

Las funciones y servicios ecosistémicos más sensibles a los impactos ambientales son la calidad del paisaje y el uso recreacional y turístico. Esto requerirá, ante un eventual aumento de la demanda de visita de este sitio, la implementación de herramientas de gestión adecuadas de modo que se garantice su conservación.

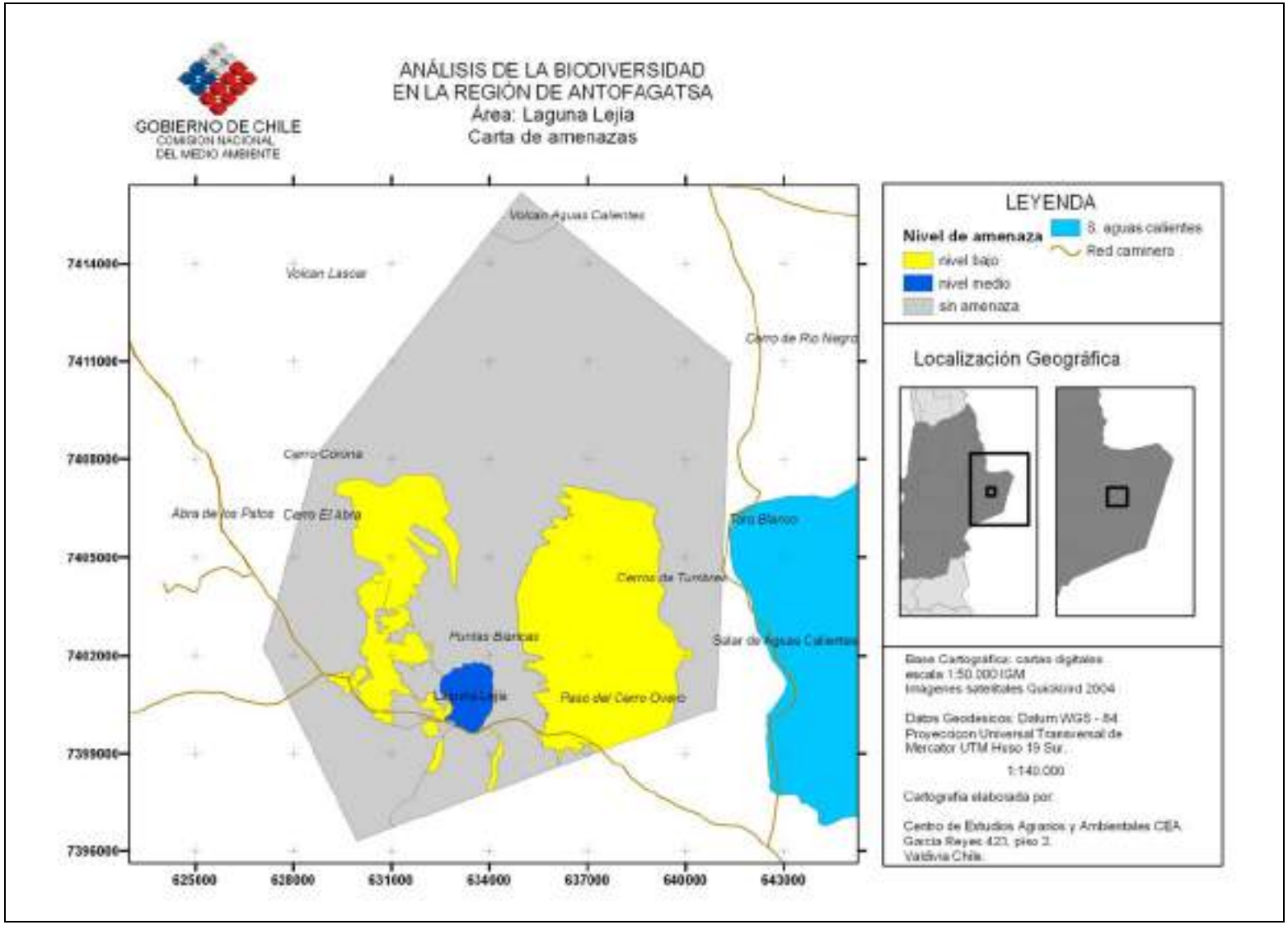


FIGURA 7-6. CARTA DE SÍNTESIS DE AMENAZAS EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA.

ANÁLISIS JURÍDICO E INSTITUCIONAL APLICABLE AL SITIO LAGUNA LEJÍA

1. INTRODUCCIÓN

Si entendemos por legislación ambiental la que reconoce como bien jurídico protegido el resguardo de la integridad de los sistemas ambientales en cuanto a tales, regulando el manejo de los factores que lo componen con una perspectiva global e integradora, veremos que la legislación ambiental en nuestro país no aborda los sistemas ambientales con un enfoque global e integrador.

La existencia de un gran marco regulatorio único que trate la biodiversidad en forma explicita, especifica y orgánica, debiera contarse dentro de las tareas pendientes en la elaboración de un proyecto de ley en la materia. Existen en la actualidad diversas regulaciones, las que tienen en común que ninguna de ellas ha sido dictada tras el objetivo básico de la conservación misma de la diversidad biológica, siendo sus propósitos centrales el desarrollo de una actividad económica ligada a la explotación de un recurso natural. Recordemos que el término conservación implica el uso de un recurso en un marco de sustentabilidad, por el contrario, la preservación implica el no uso.

Por otro lado, mientras se mantenga el actual régimen de protección y garantías del derecho de propiedad en Chile, por sobre el bien común, Hermosilla (2004) estima que ello no contribuirá a la efectiva protección y conservación de la biodiversidad. Para que esto ocurra en la realidad, debiera contarse necesariamente con normativas de rango constitucional y de legislación básica del ordenamiento jurídico chileno, que llenen vacíos o modifiquen normas existentes. Ello implica reformas de la Constitución Política del Estado y de Códigos fundamentales como el Civil, de Minería y de Aguas.

Pese a esto existen numerosas normas jurídicas aplicables a la biodiversidad y los objetos de conservación descritos en el capítulo anterior. Por esto se realizó una revisión bibliográfica con un análisis y selección de la normativa legal, acotándola a las características del objeto de conservación y la aplicabilidad al área de estudio son sus sistemas. Con una metodología poco difundida se entregan cartas temáticas para las normativas jurídicas seleccionadas, para proporcionar, en estas cartas de amenaza, una visión panorámica del nivel de protección de los sistemas estudiados y así, poder contrastarlos. Esto proporcionará una idea espacial de ambos aspectos, para orientar las posteriores propuestas de preservación y conservación de la biodiversidad.

Tipos de normas jurídicas

El Código Civil de Chile, en su artículo 1° expresa que la Ley es: "Una declaración de la voluntad soberana que, manifestada en la forma prescrita por la Constitución, manda, prohíbe o permite". La expresión "Ley" comprende distintos tipos de normas jurídicas y según su grado de importancia son:

- *La Constitución Política*. Es la ley fundamental del Estado. Ella establece la forma de gobierno, los poderes públicos, sus atribuciones y determina los derechos y garantías de las personas.
- *Las leyes propiamente tales*. Son las normas aprobadas por el Poder Legislativo, según el procedimiento que la Constitución establece, pudiendo ser de distinta clase según la cantidad de votos que necesita para ser aprobada, modificada o derogada.

- *Los decretos con fuerza de ley*. Son normas dictadas por el Presidente de la República sobre materias propias de ley, en virtud de una autorización que le confiere el Congreso Nacional para ello, la que no puede exceder de un año y debe expresar las materias sobre las cuales versa la delegación. Asimismo, el Presidente de la República está autorizado para dictar DFL, para fijar el texto refundido, coordinado y sintetizado de las leyes cuando sea conveniente para su mejor ejecución.
- *Los decretos leyes*. Son normas dictadas por el Presidente de la República sobre materias propias de ley, sin autorización alguna del Congreso Nacional.
- *Los tratados internacionales*. Son acuerdos, pactos o contratos, de carácter internacional, que rigen situaciones jurídicas establecidas de común acuerdo por dos o más estados soberanos.
- *Normas de inferior jerarquía que las leyes*. La potestad reglamentaria le permite al Presidente de la República y otras autoridades dictar un conjunto de normas de inferior jerarquía que las leyes, como los reglamentos, los simples decretos, las instrucciones, los decretos supremos y las resoluciones.

Toda esta legislación se clasificó, de acuerdo con su nivel jerárquico en: (a) normas constitucionales, (b) normas legales y (c) normas reglamentarias:.

2. METODOLOGÍA

2.1. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica de la legislación vigente en relación a los temas de biodiversidad, humedales y recursos hídricos, incluyendo normas jurídicas, documentos de análisis, descripción y caracterización de normas así como estudios éditos e inéditos (e.g., Maldonado & Chacón 2001, Environmental Law Institute et al. 2003, Hermosilla 2004). Se recopilaron textos legales (leyes, reglamentos, etc.) de los que se extrajeron los documentos que se refieren a los temas ya indicados. En los trabajos desarrollados por la CONAMA (e. g., CONAMA 1996a, 1996b, 1996c, 1996d, 1997a, 1997b) se describen las competencias ambientales de las diferentes reparticiones del Estado, los procedimientos administrativos, la legislación punitiva y sancionatoria ambiental, y se incluye un diagnóstico del ordenamiento jurídico aplicable a la protección de la diversidad biológica, entre otras. También se consideraron los estudios de diversos autores (e. g., Gallardo 1985, 1989, Ortiz 1986, 1990, Castillo 1994, Valenzuela 1994, Hermosilla 2004).

2.2. Análisis y selección

Posteriormente se realizó un análisis y selección de la normativa legal, acotándola a las características de interés en el área de estudio (e. g., flora, fauna, paisaje, recursos hídricos, humedales, cuencas). Se seleccionaron las normas orientadas a proteger y conservar en el área de estudio. Se ordenaron jerárquicamente siguiendo la propuesta de Gallardo (1985, 1989) y se describieron y comentaron utilizando la bibliografía recopilada. La legislación ambiental seleccionada se analizó desde un punto de vista de su aplicación en el área Laguna Lejía para describir los factores tensionantes, sus perturbaciones e impactos ambientales relacionados.

2.3. Cartografía

Siguiendo y modificando la metodología usada por Pellet et al. (2005), la legislación seleccionada se expresó cartográficamente, obtenidos de los atributos específicos que la legislación define, generando así tres tipos de cartas:

Carta de normativas jurídicas. Sobre la carta base de cada área se representa la legislación siguiendo las recomendaciones de King (1993), en sistemas de información geográficos visualizando así todos los espacios del territorio que están protegidos desde la perspectiva legal. Como fundamento para la interpretación de la ley, se siguieron los artículos 19 al 24 contenidos en el número 4, Título Preliminar, del código civil chileno.

Carta de competencias institucionales. Se considera la elaboración de un diagrama de instituciones públicas y privadas que proporcionan protección a las áreas de estudio. Con esta información se confeccionará una carta con diferentes niveles de protección, ponderando la superposición de competencias.

Carta de Protección. La carta de síntesis de protección se genera integrando: la carta de normativas jurídicas con la carta de competencias institucionales. Se discrimina en al menos tres niveles de protección según una matriz de ponderación *ad hoc* para este proyecto.

3. RESULTADOS

3.1. Normas constitucionales

Son aquellas normas contenidas en la Constitución Política del Estado. La Constitución Política es importante porque toda norma que se dicte o haya sido dictada debe estar supeditada a sus mandatos (Gallardo 1985). Entre éstos destacan, por estar referidos al ambiente, primero, que es deber del Estado velar porque las personas vivan en un ambiente libre de contaminación y, segundo, tutelar la preservación de la naturaleza.

- El *Artículo 19 Nº 8.* Asegura a todas las personas "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza. La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente".
- El *Artículo 19 Nº 24.* Garantiza el derecho de propiedad y considera entre las funciones sociales de la propiedad la conservación del patrimonio ambiental.
- El *Artículo 21 inciso 1º*. Otorga el "derecho a desarrollar cualquiera actividad económica que no sea contraria a la moral, al orden público o a la seguridad nacional, respetando las normas legales que la regulen".
- El *Artículo 20 inciso 2º.* Consagra el recurso de protección para los casos en que "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación sea afectado por un acto arbitrario e ilegal imputable a una autoridad o persona determinada".

3.2. Normas legales

Son aquellas normas contenidas en las leyes, las que también pueden consistir en leyes aprobatorias de Convenciones Internacionales, de Códigos, de Decretos con Fuerza de Ley y de Decretos Leyes. Dentro de esta categoría se encuentran la mayoría de las leyes más conocidas en especial la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que a su vez, se haya supeditada a la Constitución Política de la República.

Ley de Bases Generales del Medio Ambiente

Ley Nº 19.300 (D.O. 09/03/94) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente. Contiene las normas generales que regulan las materias relacionadas con “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental” (Artículo 1°, Ley N° 19.300 (D.O. 09/03/94). Esta ley y su reglamento son los pilares del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, constituyen el principal instrumento preventivo de gestión ambiental del país y, a través de su aplicación, es posible detectar los impactos ambientales negativos o positivos de los diversos proyectos o actividades, y al mismo tiempo, tomar las medidas necesarias para evitarlos, minimizarlos, repararlos o potenciarlos.

Tratados internacionales

D.S. Nº 531 (23/08/ 1967) del Ministerio de Relaciones Exteriores, referido a La Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América (Convención de Washington). Esta convención fue firmada en Washington el 12 de octubre de 1940, y aprobada por el Congreso Nacional de Chile, fue ratificada por el Presidente de la República, don Eduardo Frei Montalva, y publicada en el Diario Oficial para su cumplimiento como ley de la República en virtud de Decreto Supremo Nº 531 de 23 de agosto de 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores. La Convención está destinada a “proteger y conservar en su medio ambiente natural, ejemplares de todas las especies y géneros de flora y fauna nativas, en número suficiente y en regiones lo bastante vastas para evitar su extinción por cualquier medio al alcance del hombre”. También se orienta a proteger y conservar los paisajes de incomparable belleza, las formaciones geológicas extraordinarias, las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor histórico o científico, y los lugares donde existen condiciones primitivas, en los casos a que esta Convención se refiere.

D.S. Nº 141 (D.O. 25/03/75) del Ministerio de Relaciones Exteriores referido a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Esta convención tiene como objetivo regular el comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestre. Los países que lo suscriben se comprometen a cooperar internacionalmente, adoptando las medidas administrativas y técnicas necesarias para que la explotación de estas especies no afecte su supervivencia. Se clasifica a las especies amenazadas en tres apéndices que poseen mayor o menor grado de exigencias para autorizar su exportación o importación. En Chile las actividades más relevantes que se han desarrollado en el marco de este convenio son la Ley 19.473 (Ley de caza) y el Nuevo Reglamento de la Ley de Caza (17 de noviembre de 1998).

D.L. Nº 3.485 (11/11/1981) y D.S. Nº 971 del Ministerio de Relaciones Exteriores de 1986. Referidos a la Convención Relativa a Los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención de Ramsar). La Convención sobre los Humedales es un tratado intergubernamental que se adoptó en la ciudad iraní de Ramsar en 1971, entró en vigencia a finales de 1975 y es el único tratado ambiental mundial que trata de un ecosistema en particular. Los

países miembros de la Convención abarcan todas las regiones geográficas del planeta y su misión es “la conservación y el uso racional de los humedales, a través de la acción nacional y mediante la cooperación internacional, a fin de contribuir al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo”. Las Partes Contratantes (países miembros) se han comprometido a: (a) Designar por lo menos un humedal que cumpla los criterios para ser inscrito en la Lista de Humedales de Importancia Internacional y a asegurar el mantenimiento de las características ecológicas de cada uno de ellos. (b) Promover el uso racional de todos los humedales de su territorio mediante la planificación nacional del uso del suelo, incluidas la conservación y el manejo de los humedales. (c) Promover la capacitación en materia de investigación, manejo y uso racional de los humedales. (d) Celebrar consultas con otras Partes acerca de la aplicación de la Convención, principalmente con respecto a los humedales transfronterizos, los sistemas hídricos compartidos, las especies compartidas y los proyectos de desarrollo que pudieran afectar humedales (véanse más detalles en Davis 1994, Muñoz-Pedreros 2004). Esta Convención fue ratificada por Chile mediante D.L. Nº 3.485, publicado en el Diario Oficial el 11 de noviembre de 1981. Posteriormente se aprobó un protocolo para enmendar la citada Convención, suscrito en París el 3 de diciembre de 1982, ratificado por Chile mediante Decreto Supremo Nº 971 del Ministerio de Relaciones Exteriores de 1986.

Decreto Nº 1963 (6/5/1995) del Ministerio de Relaciones Exteriores referido a la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB). Durante el mismo año en la Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, este convenio fue firmado por 152 países y la Unión Europea. Los objetivos del Convenio son: (a) la conservación de la biodiversidad biológica, (b) la utilización sustentable de sus componentes y (c) la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. La CDB fue adoptada en 1992 y entró en vigencia internacional en diciembre de 1993, después de la ratificación de 30 Estados. Chile la ratificó en 1994, pasando a constituir ley de la República desde su publicación en el Diario Oficial el 6 de mayo de 1995.

D.S. Nº 868 de 1981 (D.O. 12/12/81) del Ministerio de Relaciones Exteriores. Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Salvaje (CMS). Esta convención fue celebrada en Bonn, Alemania el 23 de junio de 1979 y fue ratificada por Chile el 12 de diciembre de 1981. Su propósito es proteger a aquellas especies de animales salvajes que migran a través de los límites nacionales. Esta Convención protege a las especies migratorias, principalmente a aves, secundariamente a mamíferos marinos y finalmente a peces y tortugas marinas. Categoriza a las especies migratorias en dos anales. El Anal I incluye especies en peligro y el Anal II a especies vulnerables. De la fauna continental chilena, 17 especies de aves, 7 de mamíferos, todas las tortugas marinas, y ninguna de anfibios o peces aparecen en la lista de la CMS.

Decreto Nº 2 de 2006 (D.O. 02/01/2006). Este decreto fue promulgado por el Ministerio de Relaciones Exteriores y norma la creación del Comité Nacional CMS, con el objeto de asesorar al Ministro de Relaciones Exteriores y servir de instancia de coordinación entre los distintos órganos del Estado vinculados a la conservación de especies migratorias de la fauna salvaje. Este comité está integrado por representantes de los siguientes órganos del Estado: a) Ministerio de Relaciones Exteriores, que lo preside; b) Servicio Agrícola y Ganadero, quien actúa como Secretaría Técnica; c) Ministerio Comisión Nacional del Medio Ambiente; d) Corporación Nacional Forestal; e) Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas; f) Servicio Nacional de Pesca; g) Subsecretaría de Marina; h) Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de la Armada de Chile; i) Museo Nacional de Historia Natural; j) Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica.

D.L. Nº 3530 de 1980 del 16 de diciembre de 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores. Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña. Esta Convención internacional fue celebrada entre Chile, Bolivia, Perú, Argentina y Ecuador, suscrita en Lima, Perú el 29 de Diciembre de 1979, y

cuyo objeto es establecer un conjunto de normas jurídicas para la conservación y manejo de la vicuña, especie de fauna que habita las regiones andinas.

Decreto Nº 212 (DO 19.05.1981) Ministerio de Relaciones Exteriores. Promulga Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña, suscrito en Lima, el 29 de Diciembre de 1979. Convenio suscrito por los gobiernos de las Repúblicas de Bolivia, Chile, Ecuador y Perú, con el propósito de la conservación y el manejo de la vicuña. Se reconoce que la conservación de la vicuña constituye una alternativa de producción económica en beneficio del poblador andino y se comprometen a su aprovechamiento gradual bajo estricto control del Estado (Art. 1°). Los gobiernos signatarios prohíben la caza y la comercialización ilegales de la vicuña, sus productos y derivados en el territorio de sus respectivos países. Comprometiéndose a mantener y desarrollar los parques y reservas nacionales y otras áreas protegidas con poblaciones de vicuñas y a ampliar las áreas de repoblamiento bajo manejo en su forma silvestre prioritariamente y siempre bajo control del Estado (Art. 5°).

Leyes y Decretos Leyes

Ley N° 19.473 de 1996. Ley de Caza, del Ministerio de Agricultura. Sustituye la Ley Nº 4.601, sobre caza, y el Artículo 609 del Código Civil. Establece la prohibición de caza y captura para todos los vertebrados nativos de Chile, con la excepción de peces, reptiles marinos, pingüinos y mamíferos marinos (ballenas, delfines, focas, elefantes, lobos y nutrias), los que están protegidos por normas derivadas de la Ley General de Pesca y Acuicultura, bajo tuición de la Subsecretaría de Pesca y del Servicio Nacional de Pesca. Fue implementada mediante el Decreto Supremo N°05, de enero de 1998. La fauna de vertebrados terrestres que viven en Chile, nativos o exóticos asilvestrados, se agrupan en: (a) Especies cuya caza y captura está prohibida, cuya nómina está contenida en el artículo 4° del Reglamento de la Ley de Caza. (b) Especies de caza autorizada para cazadores con permiso de caza vigente, cuyo listado se señala en el artículo 5° del Reglamento de la Ley de Caza y (c) Especies calificadas como perjudiciales o dañinas cuya nómina se señala en el artículo 6° del Reglamento de la Ley de Caza. Las especies protegidas son aquellas para las cuales se han dictado normas de conservación (prohibición de caza y definición de vedas o cuotas, entre otros), es decir aquellas especies contenidas en los artículos 4° y 5° del Reglamento de la Ley de Caza.

Ley Nº 18.362 de 1984 del Ministerio de Agricultura, crea el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) administrado por CONAF, para la conservación (planes de manejo y administración) de los ambientes naturales, terrestres o acuáticos dentro de esas áreas. Está formado por: Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales. Dentro de algunos de estos sitios del norte se encuentran vegas y bofedales andinos en la II Región: Parque Nacional Llullaillaco y Reserva Nacional Los Flamencos.

Ley Nº 17.288 (D.O. 04/02/70) del Ministerio de Educación, Sobre Monumentos Nacionales. Esta ley señala que el Estado guardará y protegerá los monumentos nacionales a través del Consejo de Monumentos Nacionales; organismo técnico que depende directamente del Ministerio de Educación. Entre otros, pertenecen a la categoría de monumentos nacionales “las piezas u objetos. de formación natural, que existan bajo o sobre la superficie del territorio nacional o en la plataforma submarina de sus aguas jurisdiccionales y cuya conservación interesa a la historia, al arte o a la ciencia” (Artículo 1°, Ley N° 17.288 (D.O. 04/02/70); y también, los santuarios de la naturaleza. El concepto de *Santuarios de la Naturaleza* es definido por el artículo 31º de la misma ley, donde se señala que son "todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o

que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado". El Artículo 29º establece también la categoría de Zonas típicas o Pintorescas, para el efecto de mantener el carácter ambiental y propio de ciertas poblaciones o lugares donde existieren ruinas arqueológicas, o ruinas y edificios declarados Monumentos Históricos.

D.L. Nº 1.939 (Ministerio de Bienes Nacionales) D.O. 10.11.1977 Normas sobre adquisición, administración y disposición de bienes del Estado (Con su ultima modificación Ley 20.062 29.10.2005). Faculta la adquisición, administración y disposición sobre los bienes del Estado o fiscales al Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación. Artículo 15.- Las reservas forestales, parques nacionales y los terrenos fiscales cuya ocupación y trabajo en cualquier forma comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse o concederse en uso a organismos del Estado o a personas jurídicas regidas por el Título XXXIII del Libro I del Código Civil, para finalidades de conservación y protección del medio ambiente. Artículo 16.- En los contratos de compraventa de terrenos fiscales rústicos y en los decretos o resoluciones que concedan arrendamientos, actas de radicación o títulos gratuitos de dominio, deberán contemplarse, previo informe del Ministerio de Agricultura, las prohibiciones y obligaciones tanto de índole forestal como de protección o recuperación de terrenos a que se someterá el beneficiario. Cuando procediere, podrán imponerse obligaciones para la protección del medio ambiente. Artículo 21.- El Ministerio, con consulta o a requerimiento de los Servicios y entidades que tengan a su cargo el cuidado y protección de bosques y del medio ambiente, la preservación de especies animales y vegetales y en general, la defensa del equilibrio ecológico, podrá declarar Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines. Estos terrenos quedarán bajo el cuidado y tuición de los organismos competentes. Los predios que hubieren sido comprendidos en esta declaración no podrán ser destinados a otro objeto ni perderán esta calidad, sino en virtud de decreto del Ministerio, previo informe favorable del Ministerio de Agricultura.

D.F.L. Nº 725/67 del Ministerio de Salud, Código Sanitario. Artículo 73º. Prohíbe descargar las aguas servidas y los residuos industriales o mineros en ríos o lagunas, o en cualquiera otra fuente o masa de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o para balneario, sin que antes se proceda a su depuración en la forma que se señale en los reglamentos. La autoridad sanitaria podrá ordenar la inmediata suspensión de dichas descargas y exigir la ejecución de sistemas de tratamientos satisfactorios destinados impedir toda contaminación.

D.F.L. Nº 1.122/81 del Ministerio de Obras Públicas, Código de Aguas. A continuación se cita el texto completo de los artículos que se considera más relevantes para los fines de este informe.

Art. 58º. Cualquiera persona puede explorar con el objeto de alumbrar aguas subterráneas, sujetándose a las normas que establezca la Dirección General de Aguas. Si dentro del plazo establecido en el inciso primero del artículo 142 se hubieren presentado dos o más solicitudes de exploración de aguas subterráneas sobre una misma extensión territorial de bienes nacionales, la Dirección General de Aguas resolverá la adjudicación del área de exploración mediante remate entre los solicitantes. Las bases de remate determinarán la forma en que se llevará a cabo dicho acto, siendo aplicable a su respecto lo dispuesto en los artículos 142, 143 y 144, en lo que corresponda. Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, y siempre que se haya otorgado el permiso para explorar aguas subterráneas, para los efectos de lo señalado en artículo 142 inciso primero, se entenderá que la fecha de presentación de la solicitud para constituir el derecho de aprovechamiento sobre aguas subterráneas, será la de la resolución que otorgue tal permiso. El suelo ajeno sólo se podrá explotar previo acuerdo con el dueño del predio, y en bienes nacionales con la autorización de la Dirección General de Aguas. No se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales en

las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta, sino con autorización fundada de la Dirección General de Aguas, la que previamente deberá identificar y delimitar dichas zonas.

Art. 61º La resolución que otorgue el derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas establecerá el área de protección en la cual se prohibirá instalar obras similares (área de protección de los pozos).

Art. 62º Si la explotación de aguas subterráneas por algunos usuarios ocasionare perjuicios a los otros titulares de derechos, la Dirección General de Aguas, a petición de uno o más afectados, podrá establecer la reducción temporal del ejercicio de los derechos de aprovechamiento, a prorrata de ellos. Esta medida quedará sin efecto cuando los solicitantes reconsideren su petición o cuando a juicio de dicha Dirección hubieren cesado las causas que la originaron.

Art. 63º La Dirección General de Aguas podrá declarar zonas de prohibición para nuevas explotaciones, mediante resolución fundada en la protección de acuífero, la cual se publicará en el Diario Oficial. La declaración de una zona de prohibición dará origen a una comunidad de aguas formada por todos los usuarios de aguas subterráneas comprendidos en ella. Las zonas que correspondan a acuíferos que alimenten vegas y los llamados bofedales de las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores extracciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa. La Dirección General de Aguas deberá previamente identificar y delimitar dichas zonas. Sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso anterior, la Dirección General de Aguas podrá alzar la prohibición de explotar, de acuerdo con el procedimiento indicado en el artículo siguiente.

Art. 65º Serán áreas de restricción aquellos sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en los que exista el riesgo de grave disminución de un determinado acuífero, con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él. Cuando los antecedentes sobre la explotación del acuífero demuestren la conveniencia de declarar área de restricción de conformidad con lo dispuesto en el inciso anterior, la Dirección General de Aguas deberá así decretarlo. Esta medida también podrá ser declarada a petición de cualquier usuario del respectivo sector, si concurren las circunstancias que lo ameriten. Será aplicable al área de restricción lo dispuesto en el artículo precedente. La declaración de un área de restricción dará origen a una comunidad de aguas formada por todos los usuarios de aguas subterráneas comprendidas en ella.

Art. 67º Los derechos de aprovechamiento otorgados de acuerdo al artículo anterior, se podrán transformar en definitivos una vez transcurridos cinco años de ejercicio efectivo en los términos concedidos, y siempre que los titulares de derechos ya constituidos no demuestren haber sufrido daños. Lo mismo ocurrirá cuando el dueño de los derechos provisionales ejecute obras de recarga artificial que incorporen un caudal equivalente o superior a la extracción que efectúe. La Dirección General de Aguas declarará la calidad de derechos definitivos a petición de los interesados y previa comprobación del cumplimiento de las condiciones establecidas en el inciso precedente. De esta manera, los acuíferos que alimentan los humedales altoandinos quedaron protegidos según la forma que se señala en los artículos 58 a 67 que establece que “las zonas que correspondan a acuíferos que alimentan vegas y bofedales de las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores explotaciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa”. Así, “no se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten vegas y bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta sino con autorización fundada de la DGA”.

Art. 92º Prohíbe botar a los canales substancias, basuras, desperdicios y otros objetos similares, que alteran la calidad de las aguas. Será responsabilidad de las Municipalidades respectivas, establecer las sanciones a las infracciones de este artículo y obtener su aplicación.

D.L. Nº 19.821/02 del Ministerio de Obras Públicas, Deroga la Ley Nº 3.133 y modifica la Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales. Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas. Ordena y simplifica los procedimientos administrativos, fortalece las potestades fiscalizadoras y traslada la preocupación estatal desde la gestión de los administrados hacia los resultados que éstos logran alcanzar, en razón de las normas de emisión que deben cumplir.

3.3. Normas reglamentarias

Son aquellas normas contenidas básicamente en Decretos Supremos, donde también se incluyen los reglamentos

D.S. Nº 30 (D.O. 03/04/97). Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Refundido en el D.S. Nº 95 de 2001 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Este reglamento "establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la Participación de la Comunidad, de conformidad con los preceptos de la Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente" (Artículo 1). Entre otras, identifica los proyectos y actividades que deben ser objeto de una declaración o estudio de impacto ambiental y señala los criterios que permiten definir esta situación. También se refiere a los contenidos mínimos que debe incluir un estudio de este tipo, así como el procedimiento para su presentación ante los organismos competentes. Incluye, además, un título completo referido a la participación de la ciudadanía en estos casos.

D.S. 02 de 2005 Ministerio de Agricultura. Declara Monumento Natural las especies de fauna silvestre huemul (*Hippocamelus bisulcus*), chinchilla lanígera, costina o chilena (*Chinchilla lanigera*), chinchilla cordillerana (*Chinchilla brevicaudata*), cóndor (*Vultur gryphus*), picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) y picaflor de Juan Fernández (*Scephanoides fernandensis*).

Norma Chilena Nº 1.333 de 1987 del Instituto Nacional de Normalización. Requisitos de Calidad de Agua para Diferentes Usos. Esta norma chilena regula la calidad del agua para diferentes usos, y es emitida por el Instituto de Normalización.

D.S. N° 75 de 2005 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. El Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres, establece las disposiciones que regirán el procedimiento para la clasificación de especies de flora y fauna silvestres en las distintas categorías de conservación a las cuales alude la ley Nº19.300.

D.S. N°148 de 2003 Ministerio de Salud: *Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos*. Este reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.

D.S. Nº 93 de 1995 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión. Procedimiento para la dictación de normas de calidad ambiental primarias y secundarias y el procedimiento y los criterios para la revisión de dichas normas, se sujetarán a las disposiciones del presente reglamento.

D.S. N° 94 de 1995 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reglamento que fija el Procedimiento y Etapas para Establecer Planes de Prevención y de Descontaminación. El procedimiento para la elaboración de los Planes de Prevención y de Descontaminación, y su proposición a la autoridad para su establecimiento, conforme a lo dispuesto en el inciso final del artículo cuarenta y cuatro de la Ley 19.300, se sujetará a las normas del presente reglamento.

D.S. Nº 90 de 2000 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. Esta norma tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de los contaminantes asociados a los residuos líquidos que descargan a estos cuerpos receptores. En ella se establece la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos industriales líquidos descargados por las fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile. Establece que será la Dirección General de Aguas quien determinará el caudal disponible para dilución en un cuerpo receptor, el contenido de captación y el contenido natural del cuerpo receptor. La norma clasifica las aguas en cuatro clases: -Clase excepción: por su extraordinaria pureza y escasez forma parte del patrimonio ambiental; -Clase 1: Muy buena calidad. Apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3; -Clase 2: Buena calidad. Agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la clase 3.; -Clase 3: Regular calidad. Agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

D.S. Nº 46 de 2002 Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas. Esta norma de emisión tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, mediante el control de la disposición de los residuos líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero, contribuyendo a mantener la calidad de las aguas subterráneas. En ella se determinan las concentraciones máximas de contaminantes permitidas en los residuos líquidos que son descargados por la fuente emisora, a través del subsuelo, a las zonas saturadas de los acuíferos, mediante obras destinadas a infiltrarlo. Establece que será la Dirección General de Aguas quien determinará la vulnerabilidad del acuífero y el contenido natural del cuerpo receptor. Para esos efectos podrá solicitar los antecedentes que estime conveniente al responsable de la fuente emisora.

Normas Secundarias de Calidad Ambiental. Es aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza. Los objetivos de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental son: (a) Mantener o recuperar la calidad de las aguas para proteger y contribuir a la conservación de las comunidades acuáticas. (b) Proteger la calidad de las aguas para la bebida de animales sea que vivan en estado silvestre o bajo el cuidado y dependencia del hombre. (c) Proteger la calidad de las aguas para riego de manera de contribuir a la conservación de los suelos y la flora silvestre o cultivada. (d) Proteger cuerpos o cursos de agua de extraordinaria calidad que constituyen parte del patrimonio ambiental.

Ley 19.253 del 5 de octubre de 1993 (Ministerio de Planificación). Promulga la Ley sobre Protección, Fomento y Desarrollo de los Indígenas (Ley Indígena), por medio de la cual el Estado reconoce a los mapuche, aymará, rapa nui, atacameños, quechuas y collas y a los kawéskar y yaganes de los canales australes, estableciendo normas sobre protección, fomento y desarrollo de los indígenas. La ley consagra, entre otras garantías, el derecho a la tierra, su protección y ampliación, la protección de las culturas indígenas y sus lenguas, el derecho a la educación intercultural bilingüe y el derecho a la participación y al desarrollo. Junto a ello, se crea la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.

DS N°70 del 10 de marzo de 1997. MIDEPLAN. Declara área de Desarrollo Indígena II Región, el espacio territorial denominado "Atacama la Grande", que integra casi la totalidad de la comuna de San Pedro de Atacama. Esta declaración del Área de Desarrollo Indígena, tiene por finalidad la focalización de la acción que corresponde desarrollar a los organismos de la administración del Estado en beneficio del desarrollo armónico de los indígenas y sus comunidades.

3.4. Análisis de la aplicabilidad de la legislación seleccionada

Atendiendo a las características del área de estudio, se han definido dos unidades como sistemas relevantes sobre los cuales se aplicarían las normas jurídicas (Fig.7-7). Estos son los dos componentes ambientales que reúnen la biodiversidad el sitio y constituyen los objetos de conservación definidos con anterioridad y sobre los cuales se expresó el nivel de amenazas. A continuación se analizará sobre ellos la aplicación de las normas jurídicas con su expresión cartográfica. Los sistemas son:

I.- Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama
II.- Humedal altoandino lacustre

TABLA 7-18. LEGISLACIÓN AMBIENTAL REFERIDA A LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Norma Constitucional	
Artículo 19, Nº 8	Derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.
Artículo 19, Nº 24	Derecho de propiedad.
Artículo 20, inciso 2º	Consagra el Recurso de protección.
Artículo 21, inciso 1º	Derecho a desarrollar cualquiera actividad económica.
Norma Legal	
Ley Nº 19.300	Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.
Ley Nº 17.288	Sobre Monumentos Nacionales.
D.S. Nº 141	Aprueba Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).
D.L. Nº3.485	Aprueba convención relativa a las zonas de importancia internacional, especialmente como hábitat de las aves acuáticas, firmada en Ramsar, Irán, el 2 de febrero de 1971
Ley N° 19.473	Ley de Caza
Ley Nº 18.362	Sistema Nacional de Áreas Silvestres del Estado
D.F.L Nº 725/67	Código Sanitario
D.F.L Nº 1.122	Código de Aguas
DL Nº 1.939/77	Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado

DL Nº 19.821/02	Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales. Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas
D.S. Nº 868 /81	Convención sobre la conservación de especies migratorias de la fauna salvaje (CMS).
D Nº 2 de 2006	Promulga creación del Comité Nacional CMS
D.S. Nº 3530 /80	Convenio para la Conservación y manejo de la Vicuña.
Norma Reglamentaria	
D.S. Nº 30/97	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
D.S. Nº 531	Convención de Washington. Dispone que se cumpla y lleve a cabo la "Convención para la protección de la flora la fauna y las bellezas escénicas naturales de América", firmada en Washington el 12 de octubre de 1940.
D.S. Nº 771	Promulga la Convención sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitats de las aves acuáticas, suscrito en Irán el 02 de febrero de 1971.
D.S. Nº 971	Protocolo para enmendar la convención sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitats de las aves acuáticas.
D.S. N° 75/05	Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres
DS 02/05	Declara Monumento Natural las especies de fauna silvestre Huemul, Chinchilla lanígera, costina o chilena, Chinchilla cordillerana, Cóndor, Picaflor de Arica y Picaflor de Juan Fernández
Ch Nº 1.333/87	Regula la calidad del agua para diferentes usos
D.S. N°148/03	Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos
D.S. Nº 93/95	Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión
D.S. Nº 95/01	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
D.S. 90/00	Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales
D.S. 46/02	Norma de Emisión Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas
Normas Secundarias de Calidad Ambiental.	Norma Secundaria de Calidad Ambiental

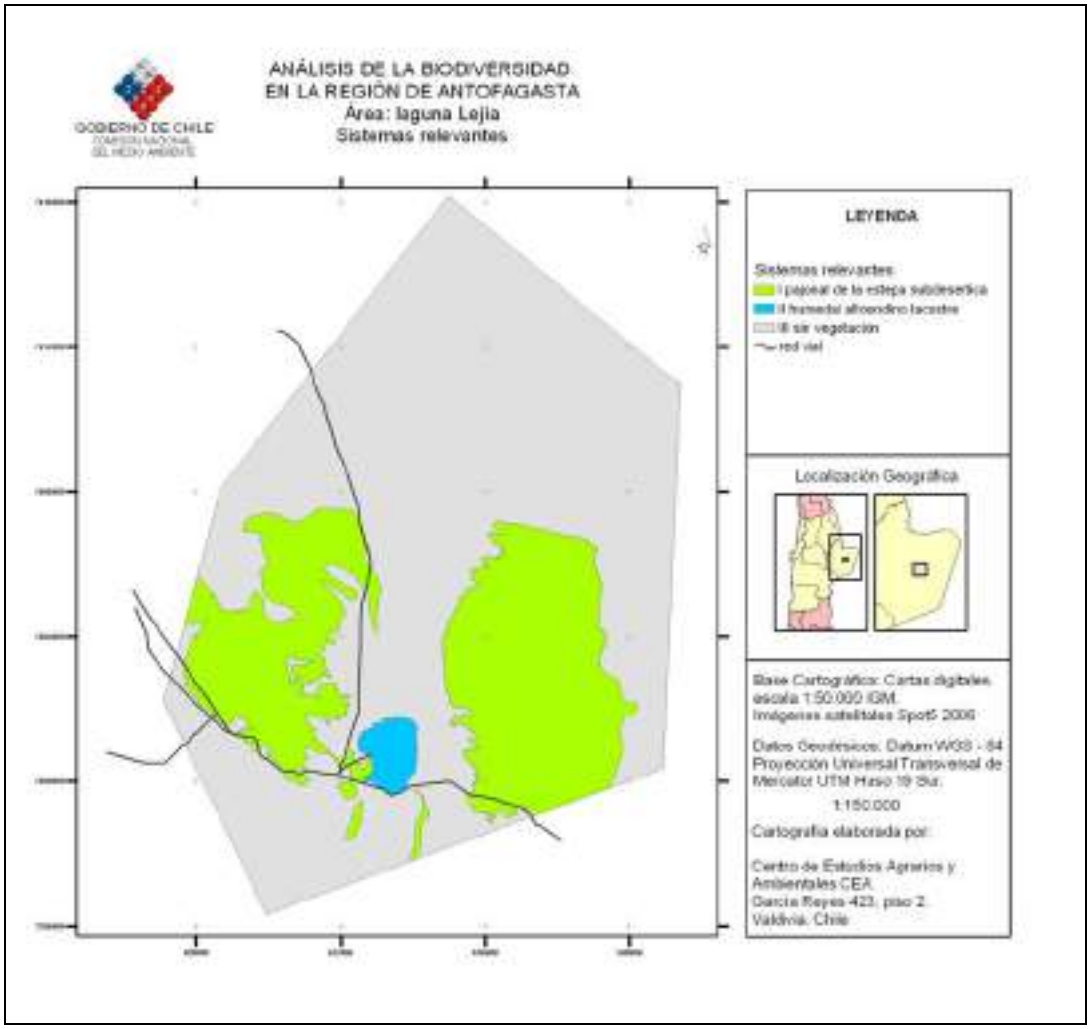


FIGURA 7-7. SISTEMAS RELEVANTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA.

Normas constitucionales

La constitución no alude en forma explícita a la biodiversidad, lo cual contrasta con el tratamiento que ella da a los componentes ambientales minerales e hídricos, respecto de los cuales existen normas específicas (Valenzuela 1994). Esto es importante porque la constitución también asegura la propiedad privada y la posibilidad de desarrollar cualquier actividad económica (Artículo 19, números 24 y 21, respectivamente). De este modo, como afirma Valenzuela (1994), en la práctica la diversidad biológica constituye "un objetivo ajeno a la Constitución de 1980" y se puede adquirir libremente la propiedad de sus diversos componentes. En consecuencia, ello abre espacios para hacer un "uso, goce y disposición" de estas propiedades que con mucha frecuencia contrastan con los intereses superiores, más generales y de largo plazo del país (véase Pellet 2005). Reiterando lo dicho, mientras se mantenga el actual régimen de protección y garantías del derecho de propiedad en Chile, por sobre el bien común, Hermosilla (2004) estima que ello no contribuirá a la efectiva

protección y conservación de la biodiversidad. Para que esto ocurra en la realidad, debiera contarse necesariamente con normativas de rango constitucional y de legislación básica del ordenamiento jurídico chileno, que llenen vacíos o modifiquen normas existentes. Ello implica forzosamente reforma de la Constitución Política del Estado y de Códigos fundamentales como el Civil, de Minería y de Aguas.

Aplicabilidad de los tratados internacionales

En general no existe una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios. Dentro de este contexto, se aprecia la ausencia, en el ordenamiento jurídico actual, de manifestaciones concretas del Principio de Precaución, al que obliga, por ejemplo, la adhesión al Convenio sobre Diversidad Biológica (Hermosilla 2004).

Convención de Washington

En la Convención de Washington, la norma más directamente vinculada a la biodiversidad establece que “los límites de los parques nacionales no serán alterados ni enajenada parte alguna de ellos sino por acción de autoridad legislativa competente” disposición que entra en claro conflicto con la normativa nacional que indica que “las unidades de manejo serán creadas, alteradas o reclasificadas mediante sendo decretos supremos expendidos por intermedio de los ministerios que señala” agregando que “la pérdida de su condición de tal quedará sujeta a igual procedimiento administrativo”. Aunque, si bien es cierto esta ley no entra en vigencia aún, queda la incertidumbre de que cobre tal aplicación una vez que se defina la suerte de la nueva CONAF. La otra disposición conflictiva, dispone que “las riquezas existentes en parques nacionales no se explotarán con fines comerciales” así como sus disposiciones en el sentido que los monumentos naturales deben ser considerados “inviolables”, con las excepciones establecidas en beneficio de las “investigaciones científicas” debidamente autorizadas o para efectuar inspecciones gubernamentales. Según Hermosilla (2004) el punto crítico radica en que la legislación nacional, para compatibilizar sus normas con los compromisos internacionales asumidos por el país, debiera prohibir la realización de actividades mineras en los parques nacionales o dictar una ley especial para cada caso y con respecto a los monumentos naturales, protegerlos efectivamente asegurando su inviolabilidad. Esta convención también se orienta a proteger y conservar los paisajes de incomparable belleza, las formaciones geológicas extraordinarias, las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor histórico o científico, y los lugares donde existen condiciones primitivas, todos aspectos que podrían conjugarse en el sitio en estudio.

Convención de Ramsar

El estado de los humedales en la región de Antofagasta es crítica en los oasis, así como en la zona desértica de altura (Comité Nacional de Humedales de Chile, 2000). Los factores tensionantes son las descargas de aguas residuales (domésticas e industriales) sin tratamiento; la falta de una adecuada planificación y ordenamiento territorial, y uso de aguas sin criterios de sustentabilidad ecológica. Algunas normas han significado un relativo avance en resguardo de estos ecosistemas, tales como las disposiciones de protección de vegas y bofedales de las zonas altiplánicas, como también las recientes normas regulatorias de descargas de residuos líquidos industriales a sistemas

de alcantarillado y la que se refiere a los cuerpos de aguas superficiales. Sin embargo, el cumplimiento de la Convención no es adecuada (véase Muñoz-Pedreros 2004) ya que el peso del sistema privilegia el ejercicio del derecho de dominio sobre las aguas y el beneficio de la actividad minera, por sobre consideraciones de protección a estos ecosistemas (Hermosilla 2004). Así, por ejemplo, el derecho de uso de las principales fuentes de agua superficiales y subterráneas han sido entregadas en la región de Antofagasta conforme a los procedimientos legales vigentes, no respetándose varias recomendaciones de la Convención, como los caudales ecológicos. La utilización de esta agua, principalmente por las demandas del sector minero, ha producido cambios en los ecosistemas. Así el uso de esta Convención no es alta por la inexistencia de una política nacional operativa, normativa nacional específica en Chile que regule con un enfoque integral los humedales, como asimismo, por falta de un solo organismo estatal que se encargue de su manejo y protección (Montenegro et al. 2001).

En la región de Antofagasta existen dos sitios Ramsar, el Sistema Hidrológico Soncor y el salar de Tara, ambos pertenecen a la Reserva Nacional Los Flamencos, aunque no son parte de una misma extensión territorial continua.

Convención de Biodiversidad

En una de sus partes la Convención dispone: "la Conferencia de las Partes examinará sobre la base de estudios que se llevarán a cabo, la cuestión de la responsabilidad y reparación, incluso el reestablecimiento y la indemnización por daños causados a la diversidad biológica, salvo que esa responsabilidad sea una cuestión puramente interna". Existe falta de claridad sobre la materia y el ámbito de los estudios a los que alude el artículo 14 y que estima que éstos deben referirse sólo a materias como la biotecnología o los impactos ambientales que produce la lluvia ácida. Es decir, busca restringir el ámbito de aplicación de un sistema de responsabilidad en esta materia como posición que no necesariamente se condice con la que tradicionalmente sostienen los países en desarrollo. También es patente la ausencia, dentro de nuestro Derecho Interno, de normativas que recojan el principio de la precaución. La idea central del principio de precaución es que tanto los intereses privados como los públicos debieran actuar de manera de prevenir el daño ambiental antes que este ocurra; en contraste con las políticas de mitigación y remediación que adoptan una aproximación reactiva.

Aplicabilidad de normas legales generales

Aplicabilidad de la normativa referente a los humedales y recursos hídricos

Utilizando como base las normas ya señaladas en los puntos anteriores, se puede describir la situación actual del recurso agua desde el punto de vista de la aplicación de la legislación ambiental; al tiempo que se construye su expresión cartográfica.

Áreas de protección

Acuíferos protegidos que alimentan vegas y bofedales de la I y II Región

Las áreas de protección son sectores protegidos por ley, éstas están asociadas a ciertas áreas que son de importancia para la flora y fauna o bien para el consumo humano o animal de localidades indígenas. Dentro de ellas se pueden distinguir: Acuíferos Protegidos de la I y II Región. La relación

de la Dirección General de Aguas con el tema indígena comienza en concreto en el año 1992, cuando a la luz de las políticas de Gobierno impulsadas por el Presidente Aylwin, se modificaron los artículos 58 y 63 del Código de Aguas en el sentido de prohibir la exploración y explotación de aguas subterráneas en los acuíferos alimentadores de las vegas y bofedales de las ex I y II regiones, que son el sustento de las actividades agroganaderas y de sobrevivencia de las comunidades andinas, como una medida de protección de estos ecosistemas únicos y del manejo y uso ancestral que las comunidades habían hecho de ellos. A partir del año 1993 la DGA comenzó a realizar estudios para identificar y ubicar áreas de vegas y bofedales y delimitar sus acuíferos alimentadores. Es así entonces que en 1996 se dictó la Resolución DGA N° 909 que prohibió la exploración y explotación de las aguas subterráneas antes mencionadas. En la región de Antofagasta se protegieron 167 humedales con una superficie asociada de 2.798 km^2, equivalentes al 2.22% de la superficie total de la región. En el 2006 mediante Resolución DGA Nº 87 se modificó la delimitación de estos acuíferos para la II Región, quedando protegidos 228 humedales y una superficie de 5.149 km^2 equivalentes al 4.07% de la superficie total regional.

Aunque estas medidas aparentemente protegen las aguas subterráneas la interpretación que hizo la Contraloría General de la República (véase Muñoz 2003) de la norma ha establecido que la disponibilidad de las aguas subterráneas se comprueba sólo a través de las correspondientes pruebas de bombeo y que la autoridad no está facultada para denegar un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas cuando no existe disponibilidad de agua a nivel de fuente (a nivel de acuífero). Dicha interpretación establece en síntesis, que la Administración no tiene la facultad de denegar un derecho de aprovechamiento de agua subterránea por falta de disponibilidad de agua en el acuífero y que la protección de terceros y del acuífero, está dada sólo por el área de protección de los pozos (art. 61 del Código de Aguas), por la declaración de áreas de restricción (art. 65, 66 y 67 del Código de Aguas), por la declaración de Zonas de Prohibición (art. 63 del Código de Aguas), y por el establecimiento de Reducción Temporal del ejercicio de los derechos (art. 62 del Código de Aguas). Además señalan que dichas declaraciones tienen efecto sólo sobre los derechos que se soliciten después de su dictación, es decir no es de aplicación retroactiva desde el momento en que se produce el efecto nocivo que permitiría hacer dichas declaraciones.

En la práctica, hoy día, la Autoridad está imposibilitada de adoptar alguna medida que tienda a la protección general de los derechos otorgados y del acuífero, salvo que exista una petición expresa en ese sentido por parte de los usuarios. Este hecho obliga a una adecuación de la normativa vigente que permita reflejar la situación existente en los acuíferos del país, de acuerdo con los resultados de las evaluaciones técnicas existentes.

De acuerdo a lo anterior existen restricciones a la aplicación de esta normativa, la que, sin embargo, podría ser un buen instrumento para la conservación de recursos hídricos. Con respecto al sitio de Laguna Lejía, y dados sus antecedentes geomorfológicos (véase Capítulo II), su cuenca estaría hidrológicamente interconectada con una o más cuencas circundantes (Messerli et al 1997), lo que obligaría a integrar el sitio con las lagunas adyacentes (e.g. salar de Aguas Calientes II), eventualmente incluso las áreas Ramsar y las lagunas Miscanti y Miñiques.

Política Nacional de Humedales (PNRH)

La propuesta para una Política Nacional de Recursos Hídricos fue elaborada por la Dirección General de Aguas, recogiendo los resultados de numerosos estudios y la experiencia del Servicio adquirida a lo largo de 30 años y sometida a un amplio debate. En ella se identifican los principales desafíos a enfrentar en el futuro próximo, los que se identifican con la demanda, los temas

ambientales y la variabilidad climática. En el ámbito ambiental la gestión de los recursos hídricos se centra en los requerimientos hídricos para fines ambientales, para la protección de los ecosistemas y de los valores paisajísticos y turísticos asociados; y la contaminación de las aguas.

Los principales objetivos de la PNRH son: Asegurar la disponibilidad de agua para el abastecimiento de las necesidades básicas de la población y mejorar la eficiencia de uso; localizar los recursos hídricos en aquellas demandas que presentan el mayor beneficio económico, social y medio ambiental para el país; maximizar el aporte de los recursos hídricos al crecimiento del país, a través del desarrollo de las fuentes no utilizadas y del reuso; disminuir el impacto de la variabilidad hidrológica en la actividad del país; recuperar el pasivo ambiental existente y; minimizar los niveles de conflicto relacionados con el agua. En materia ambiental los principales problemas de contaminación que es necesario resolver se refieren a la contaminación por aguas servidas domésticas, la proveniente de efluentes mineros y residuos industriales líquidos (RILes) y la contaminación agrícola y difusa de aguas subterráneas. Las líneas de acción que se propone implementar están referidas a i) Naturaleza jurídica de los derechos de aprovechamiento y acondicionamiento del marco legal. ii) Estructura institucional, gestión integrada y planificación. iii) Medio ambiente y contaminación. iv) Aprovechamiento de los recursos hídricos. v) Administración del agua y organizaciones de usuarios. vi) Evaluación y conocimiento de los recursos hídricos y sistemas de información. vii) Formación técnica y educación al público.

Protección de vegas y bofedales

La Ley Nº19.300, de Bases del Medio Ambiente, de 1994, a través del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, contempla cuatro artículos relativos a las vegas y bofedales, y humedales en general.

Art. 3.- Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:

a) Presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas. Se entenderá que estos proyectos o actividades son significativos cuando se trate de: a.2. Drenaje o desecación de vegas y bofedales ubicados en las Regiones I y II, cualquiera sea su superficie.

Art. 6.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire. A objeto de evaluar los efectos adversos significativos a que se refiere el inciso anterior, se considerará: n) el volumen, caudal y/o superficie, según corresponda, de recursos hídricos a intervenir y/o explotar en: n.1. vegas y/o bofedales ubicados en las Regiones I y II, que pudieren ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas;

Art. 77.- En el permiso para efectuar exploraciones de aguas subterráneas en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales, en las Regiones de Tarapacá y Antofagasta, a que se refiere el inciso tercero del artículo 58 del D.F.L. 1.122/81, Código de Aguas, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo. En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para la preservación del bofedal o vega, en consideración a: sus características, su régimen de

alimentación, el caudal máximo de agua que se pretende alumbrar, los aprovechamientos existentes de las aguas superficiales y subterráneas que se encuentran en la zona que se va a explorar y la ubicación de los terrenos donde se realizarán los trabajos y la extensión que se desea explorar.

Art. 78.- En el permiso para realizar nuevas explotaciones o mayores extracciones de aguas subterráneas que las autorizadas, en zonas de prohibición, a que se refiere el artículo 63 del D.F.L. 1.122/81, Código de Aguas, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo. En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para la preservación de acuíferos que alimenten vegas y bofedales en las regiones indicadas, de acuerdo a: las características del acuífero, su régimen de alimentación, el caudal máximo de agua que se pretende explotar y los efectos sobre la recarga artificial del acuífero.

Aplicabilidad de la normativa referente a la flora y vegetación

Respecto de las especies vegetales, existen varias normas que se refieren desde reglamentar su explotación hasta asegurar la conservación de algunas de ellas.

Ley de bases del Medio Ambiente (Ley Nº19.300, D.O. 09/03/94)

Indica que los organismos competentes del Estado "confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerables, raras e insuficientemente conocidas" (Artículo 38º).

D.S. Nº 4.363 Ley de bosques. El elemento más destacable de esta ley se encuentra en el artículo 10º, según el cual el Presidente de la República puede establecer "Reservas de Bosques" y "Parques Nacionales de Turismo", dos figuras cuyos objetivos centrales serían "regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje" (Artículo 10º.).

Aplicabilidad de la normativa referente a la fauna silvestre

Ley de bases del Medio Ambiente (Ley Nº19.300, D.O. 09/03/94) Indica que los organismos competentes del Estado "confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medidas tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerables, raras e insuficientemente conocidas" (Artículo 38º).

Ley N° 19.473 Ley de Caza Aplicada a todos las especies protegidas, aquellas para las cuales se han dictado normas de conservación (prohibición de caza y definición de vedas o cuotas, entre otros), es decir aquellas especies contenidas en los artículos 4° y 5° del Reglamento de la Ley de Caza.

Decreto Nº212 (DO 19.05.1981) Promulga Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña, suscrito en Lima, el 29 de Diciembre de 1979. Convenio suscrito por los gobiernos de las Repúblicas de Bolivia, Chile, Ecuador y Perú, con el propósito de la conservación y el manejo de la vicuña. Se reconoce que la conservación de la vicuña constituye una alternativa de producción económica en beneficio del poblador andino y se comprometen a su aprovechamiento gradual bajo estricto control del Estado (Art. 1°). Los gobiernos signatarios prohíben la caza y la comercialización ilegales de la vicuña, sus productos y derivados en el territorio de sus respectivos países. Comprometiéndose a mantener y desarrollar los parques y reservas nacionales y otras áreas protegidas con poblaciones de vicuñas y a ampliar las áreas de repoblamiento bajo manejo en su forma silvestre prioritariamente y siempre bajo control del Estado (Art. 5°).

Aplicabilidad de la normativa referente al paisaje

Convención de Washington

Este acuerdo internacional para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América, incorpora la protección y conservación de los paisajes de incomparable belleza, las formaciones geológicas extraordinarias, las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor histórico o científico, y los lugares donde existen condiciones primitivas, todos componentes del paisaje asociables al sitio en estudio, aunque como se mencionó esta convención no ha entrado en vigencia.

Resumen de aplicabilidad de normas legales en Laguna Lejía

En la Tabla 7-19 se resume la aplicabilidad de las diferentes normas jurídicas a la conservación del sitio Laguna Lejía. Sólo se consideraron aquellas regulaciones que tienen expresión sobre los sistemas relevantes anteriormente descritos y que fueron seleccionados como objeto de conservación.

TABLA 7-19. APLICABILIDAD DE LAS DIFERENTES NORMAS JURÍDICAS A LA CONSERVACIÓN DE LOS SISTEMAS DEFINIDOS COMO OBJETO DE CONSERVACIÓN EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA. I= PAJONAL DE LA ESTEPA SUBDESÉRTICA DE LA PUNA DE ATACAMA, II= HUMEDAL ALTOANDINO LACUSTRE DE LAGUNA LEJÍA.

NORMAS JURÍDICAS	DESCRIPCIÓN	SISTEMA INVOLUCRADO	APLICABILIDAD POTENCIAL
Ley Nº 19.300	Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.	I, II,	Alta
DL Nº 3.485 DS Nº 971	Convención de Ramsar. Promueve el uso racional de todos los humedales de su territorio	II	Baja
D.S. Nº 141	Aprueba Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).	I	Alta
D.S. Nº 531	Convención de Washington. Dispone que se cumpla y lleve a cabo la “Convención para la protección de la flora la fauna y las bellezas escénicas naturales de América”, firmada en Washington el 12 de octubre de 1940.	II	Baja
D.S. Nº 868 /81	Convención sobre la conservación de especies migratorias de la fauna salvaje (CMS)	II	Baja
Ley Nº 18.362	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado	I y II	Alta
Ley Nº 17.288	Sobre Monumentos Nacionales.	II	Alta
DS Nº 4.363 Art. Nº 10	Ley de bosques. Podrán establecerse "Reservas de Bosques" y "Parques Nacionales de Turismo", con fines de regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje"	I y II	Baja
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	Faculta la adquisición, administración y disposición sobre los bienes del Estado o fiscales al Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación. Artículo 15.- Las reservas forestales, Parques Nacionales y los terrenos fiscales cuya ocupación comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse para finalidades de conservación y protección del medio ambiente. Artículo 16.- En los contratos de compraventa o concesiones de terrenos fiscales rústicos podrán imponerse al beneficiario obligaciones para la protección del medio ambiente. Artículo 21.- Podrán declararse Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines.	I y II	Alta
Ley Nº 19.473/96	Ley de Caza. Establece prohibición de caza y captura de todos los vertebrados nativos de Chile.	I y II	Alta
D Nº 212/81	Promulga Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña.	I	Alta

DS 02/05	Declara Monumento Natural las especies de fauna silvestre Huemul, Chinchilla lanígera, costina o chilena, Chinchilla cordillerana, Cóndor, Picaflor de Arica y Picaflor de Juan Fernández	I	Alta
DS N° 75/05	Reglamenta la Clasificación de Especies Silvestres	I y II	Alta
DFL Nº 1.122/81	Código de Águas. Regula la exploración en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta. Protege los acuíferos que alimentan los humedales altoandinos (Art. 58 a 67) alimentan vegas y bofedales de la Región de Antofagasta prohibiendo mayores explotaciones que las autorizadas y nuevas explotaciones sino con autorización fundada de la DGA.	II	Alta
DS Nº 90/00 Norma de emisión	Regula la emisión de contaminantes asociados a descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales	II	Alta
DS Nº 46/02 Norma de emisión	Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas	II (incluye napas)	Alta
DL 19.82102 Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales.	Prohíbe las descargas de aguas contaminadas al medio ambiente y perfecciona el marco regulatorio vigente para la protección de las aguas.	II	Alta
NCh Nº 1.333/87.	Regula la calidad del agua para diferentes usos, entre ellos la vida acuática, estableciendo concentraciones máximas permitidas.	II	Alta
DS Nº 30/97.	Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.	I y II	Alta
DS Nº 95/01	Establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental identificando los proyectos y actividades que deben ser objeto de una declaración o estudio de impacto ambiental y señala los criterios que permiten definir esta situación.	I y II	Alta

3.5. Expresión cartográfica

La expresión cartográfica de las leyes se hizo representando en una carta cada una de las normas jurídicas seleccionadas sobre cada uno de los sistemas relevantes que tiene injerencia en el objeto de conservación del área de estudio.

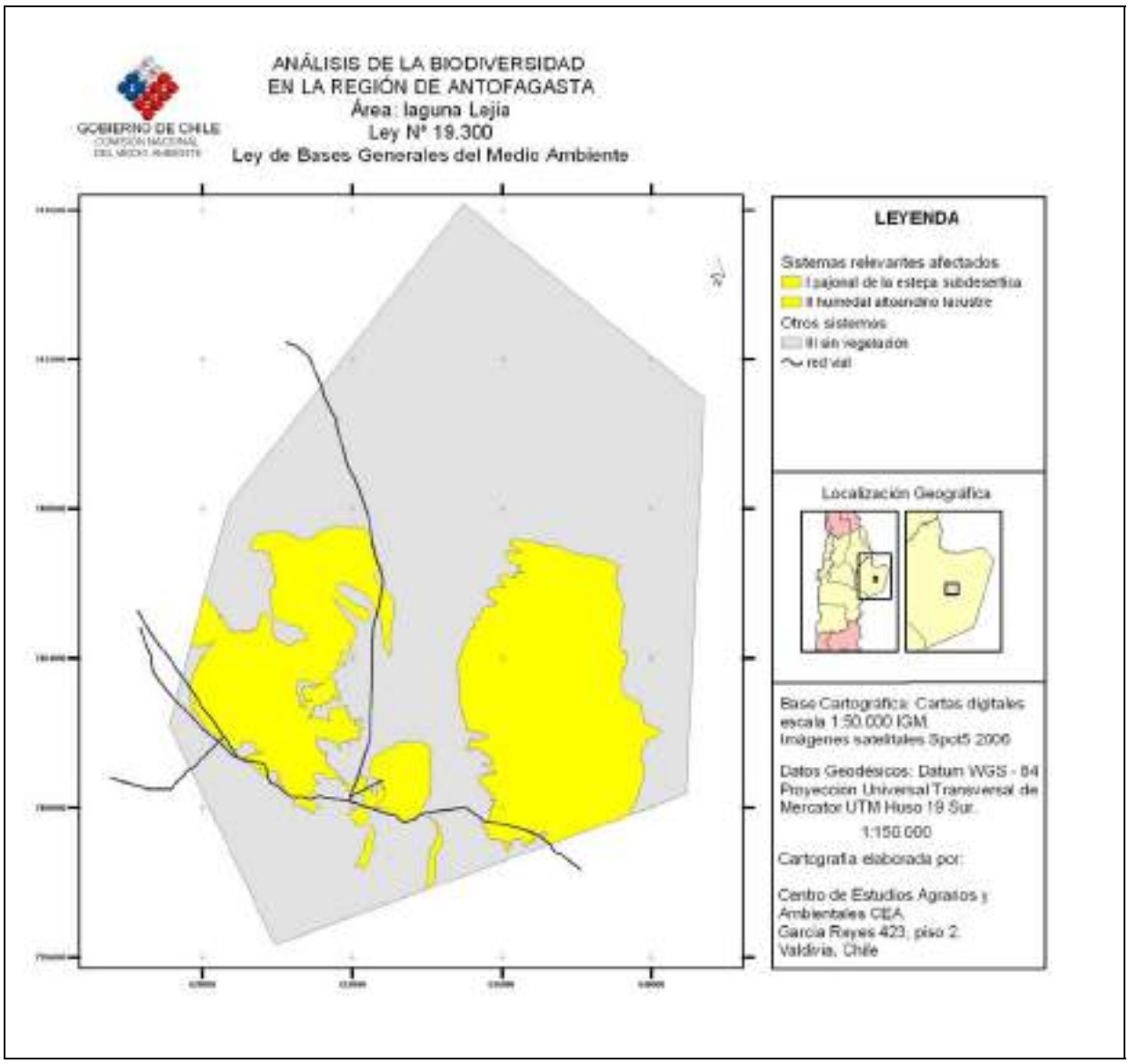


FIGURA 7-8. LEY Nº 19.300 LEY GENERAL DE BASES DEL MEDIO AMBIENTE EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA.

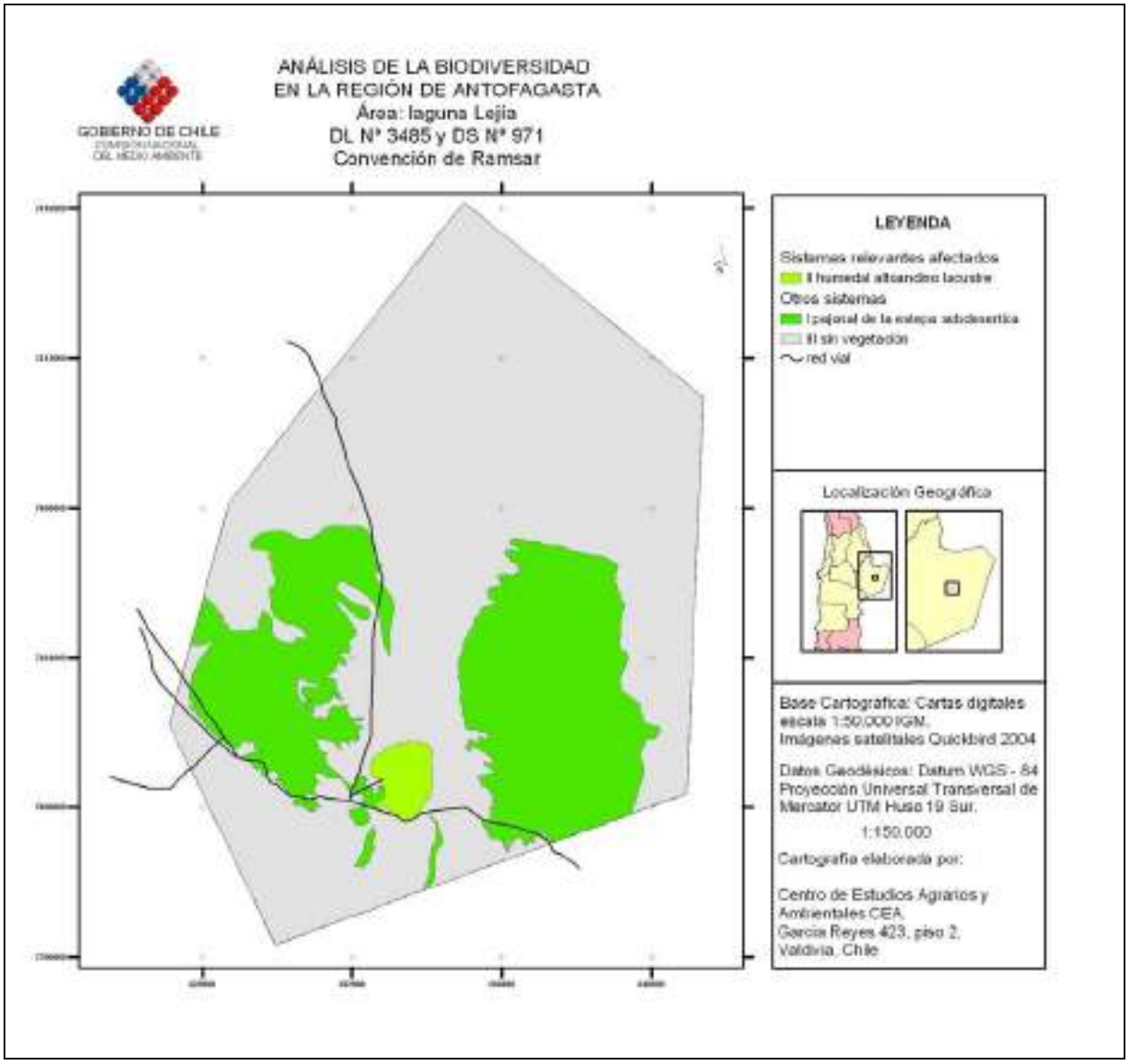


FIGURA 7-9. DL Nº 3.485 (DS Nº 971) CONVENCIÓN DE RAMSAR EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA.

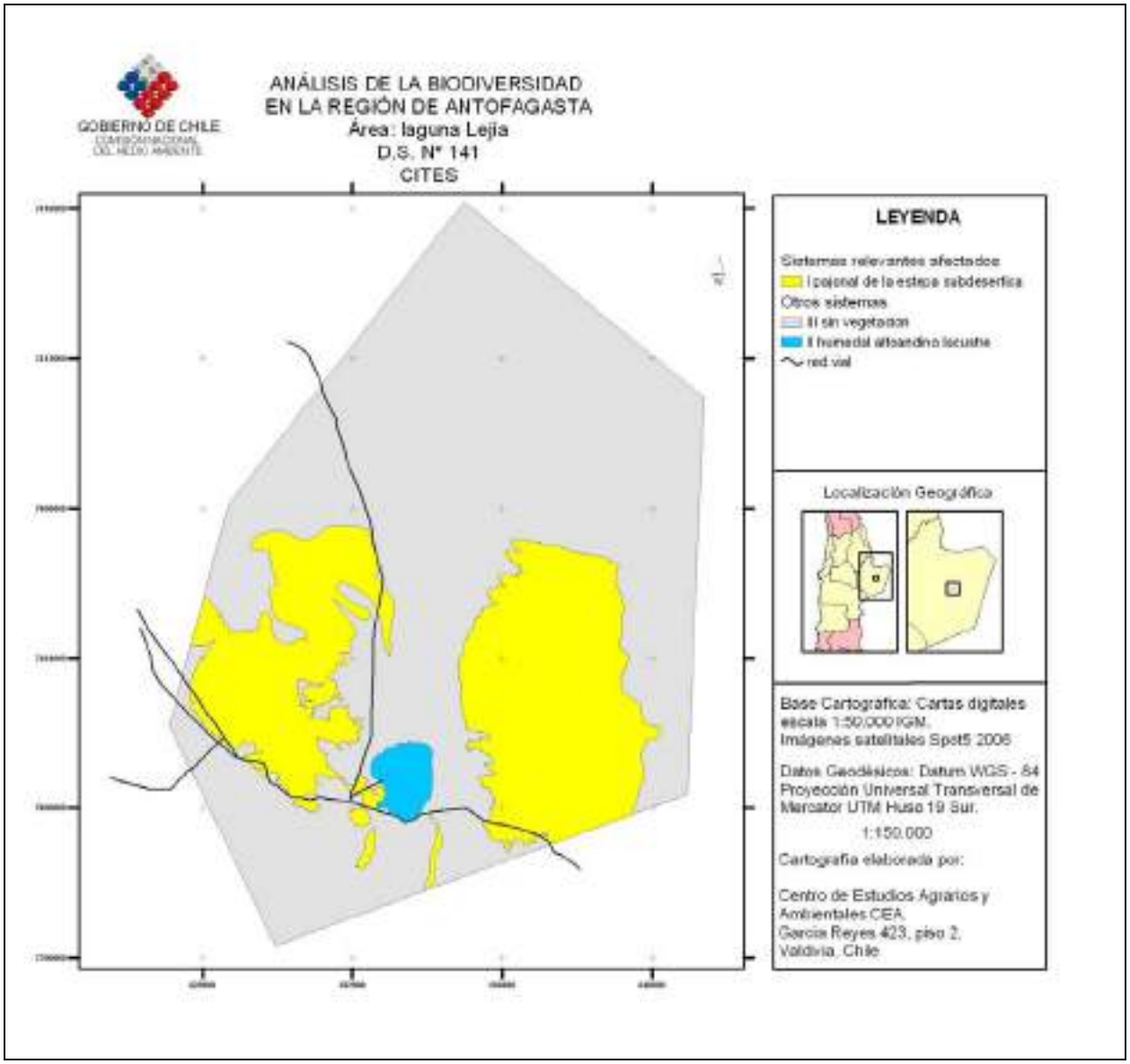


FIGURA 7-10. DS Nº 141. APRUEBA CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES (CITES).

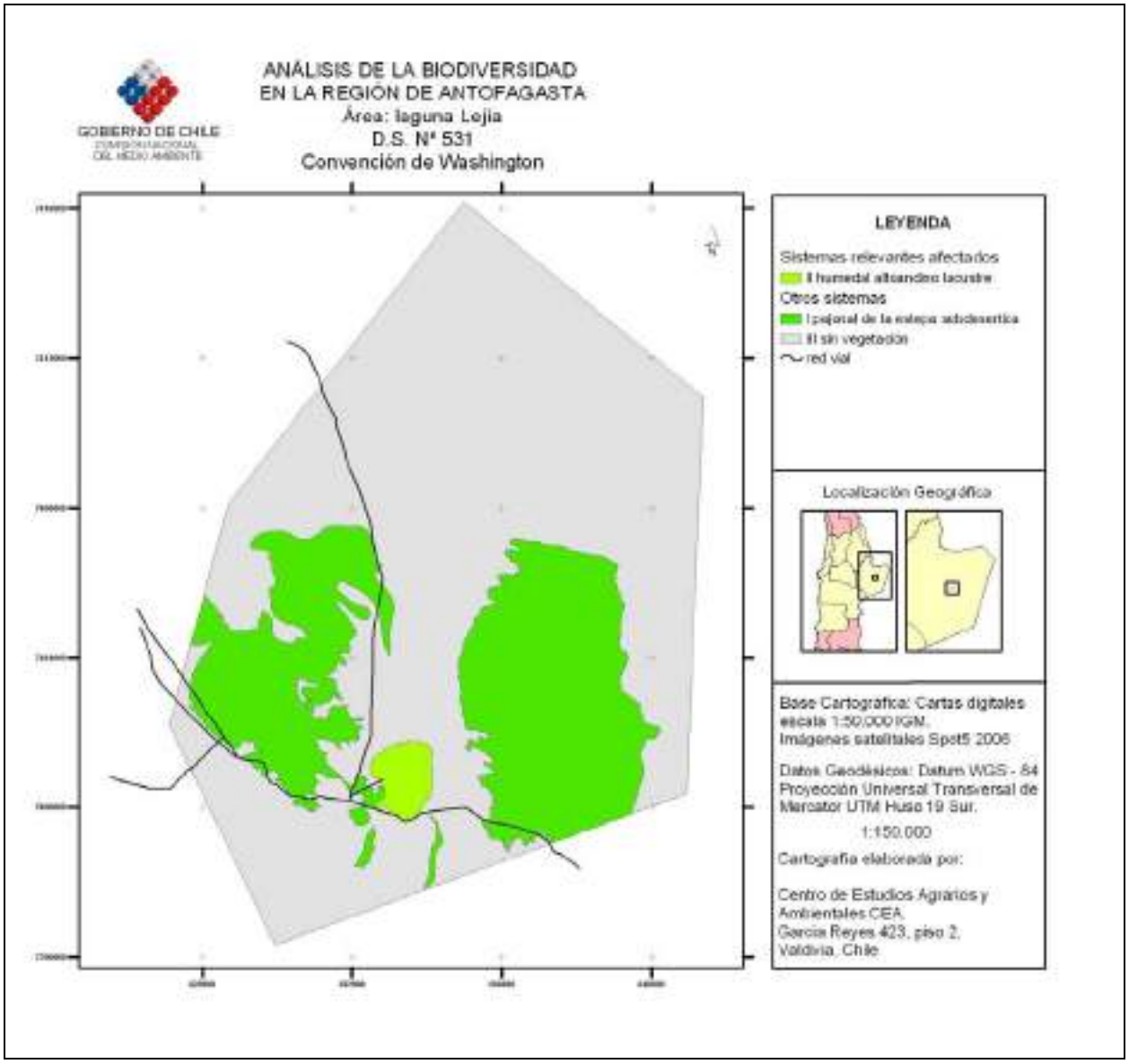


FIGURA 7-11. DS Nº 531. CONVENCIÓN DE WASHINGTON PARA LA PROTECCIÓN DE LA FLORA LA FAUNA Y LAS BELLEZAS ESCÉNICAS NATURALES DE AMÉRICA.

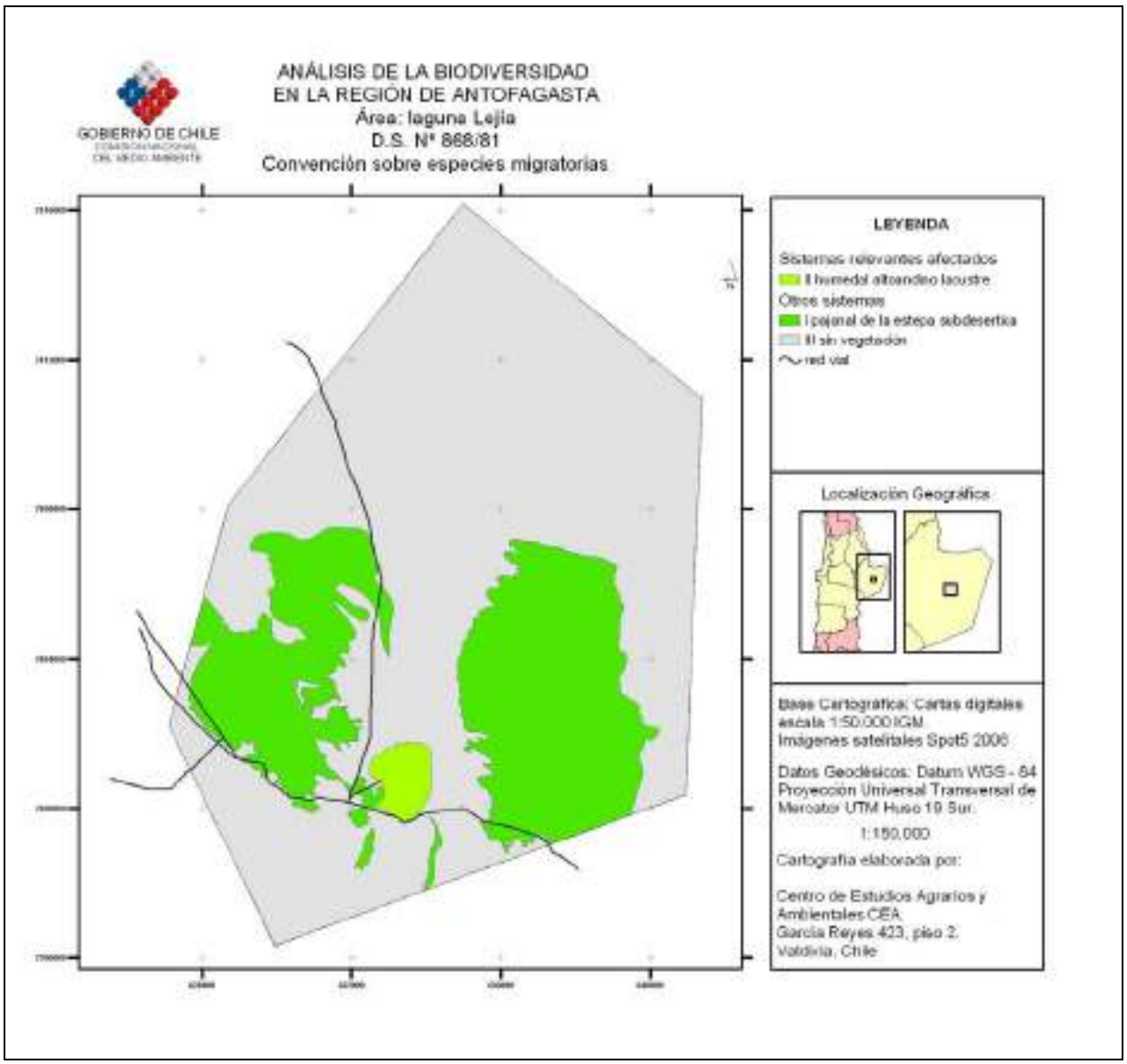


FIGURA 7-12. DS Nº 868 /81. CONVENCIÓN SOBRE LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES MIGRATORIAS DE LA FAUNA SALVAJE (CMS)

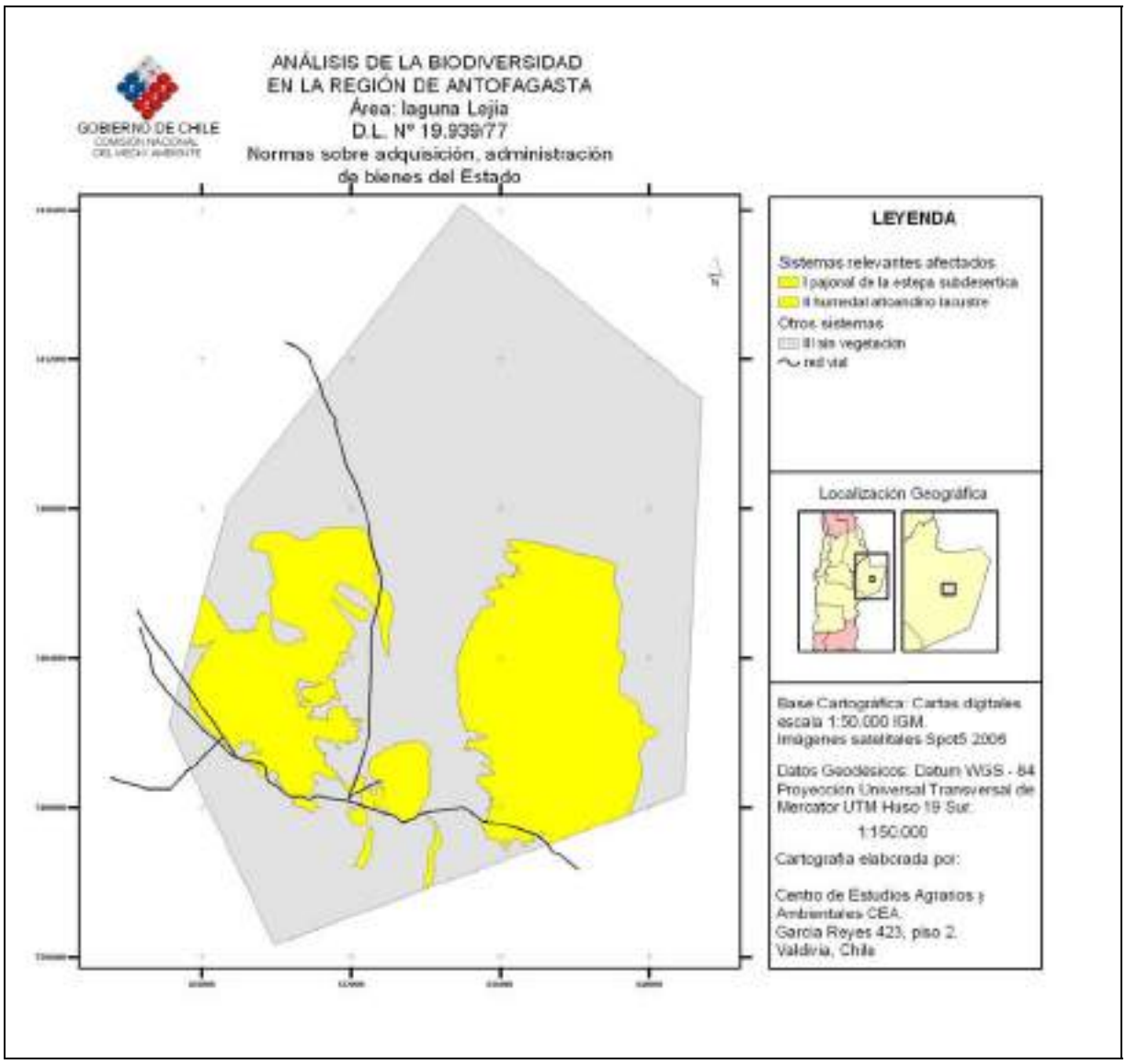


FIGURA 7-13. DL Nº 1.939/77 NORMAS SOBRE ADQUISICIÓN, ADMINISTRACIÓN DE BIENES DEL ESTADO (ART. 15, 16 Y 21) DECLARACIÓN DE RESERVAS FORESTALES O PARQUES NACIONALES. SITIO LAGUNA LEJÍA.

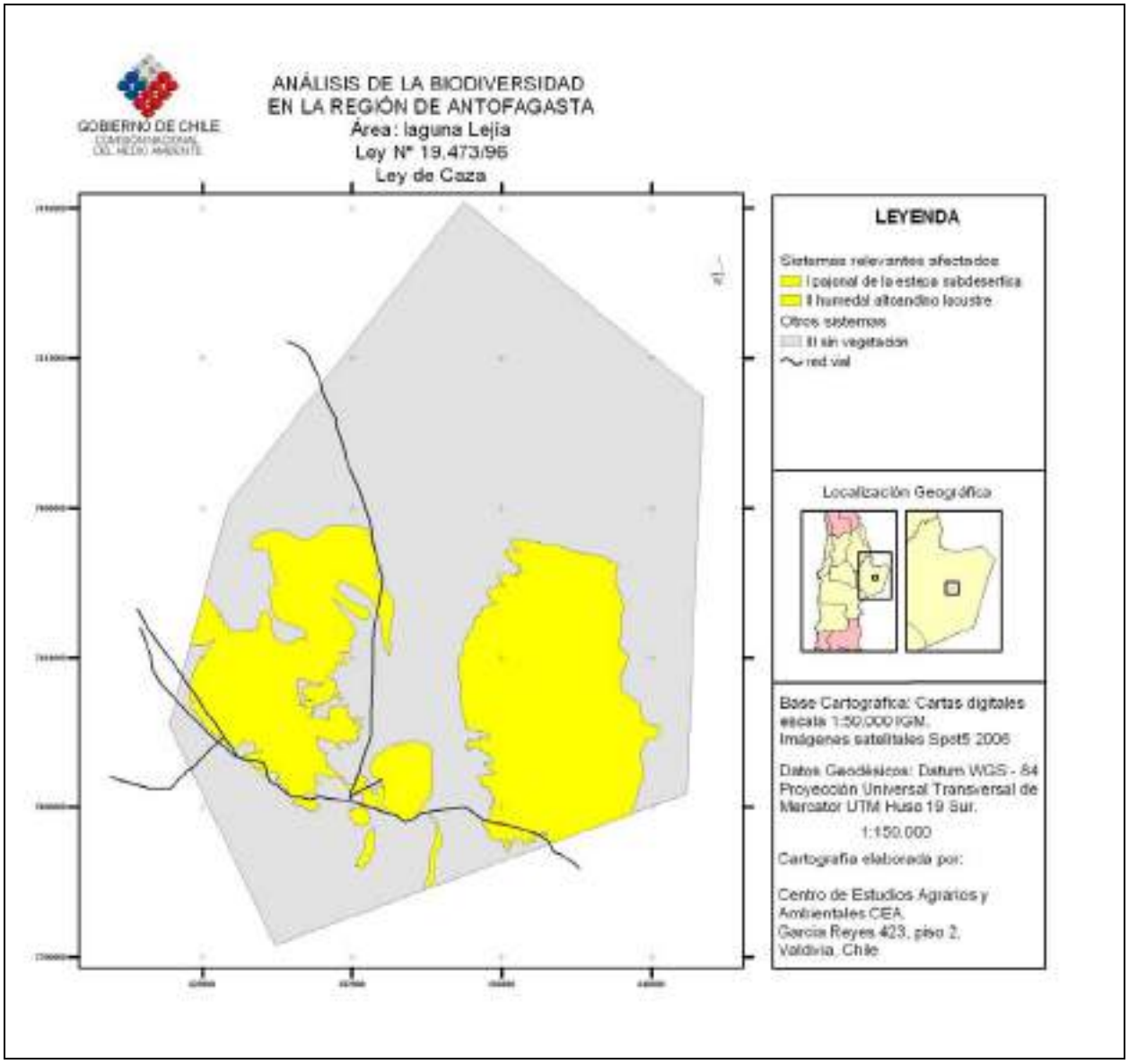


FIGURA 7-14. LEY N° 19.473 LEY DE CAZA. SITIO LAGUNA LEJÍA

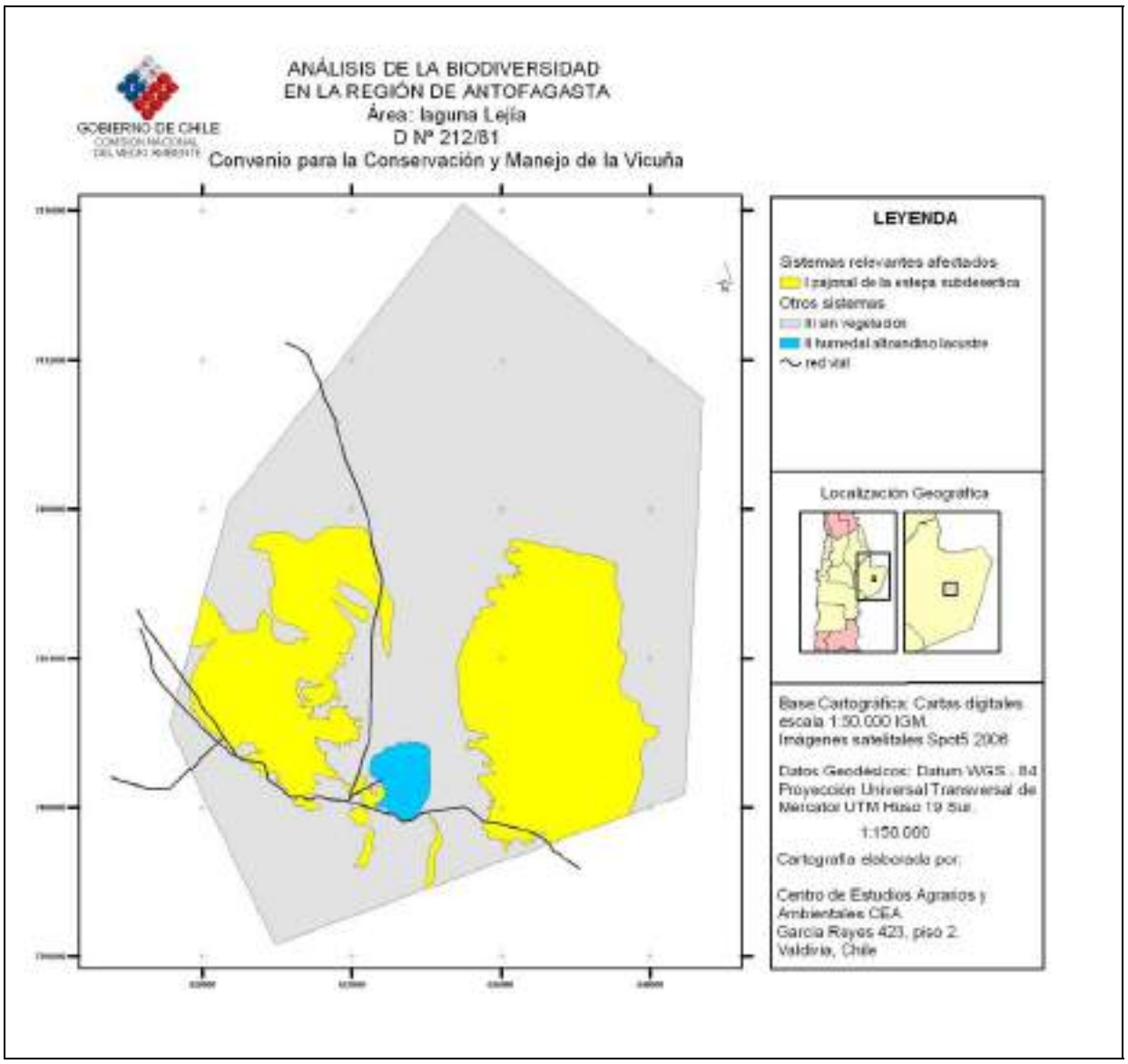


FIGURA 7-15. DS Nº 212/81. PROMULGA CONVENIO PARA LA CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LA VICUÑA. SITIO LAGUNA LEJÍA.

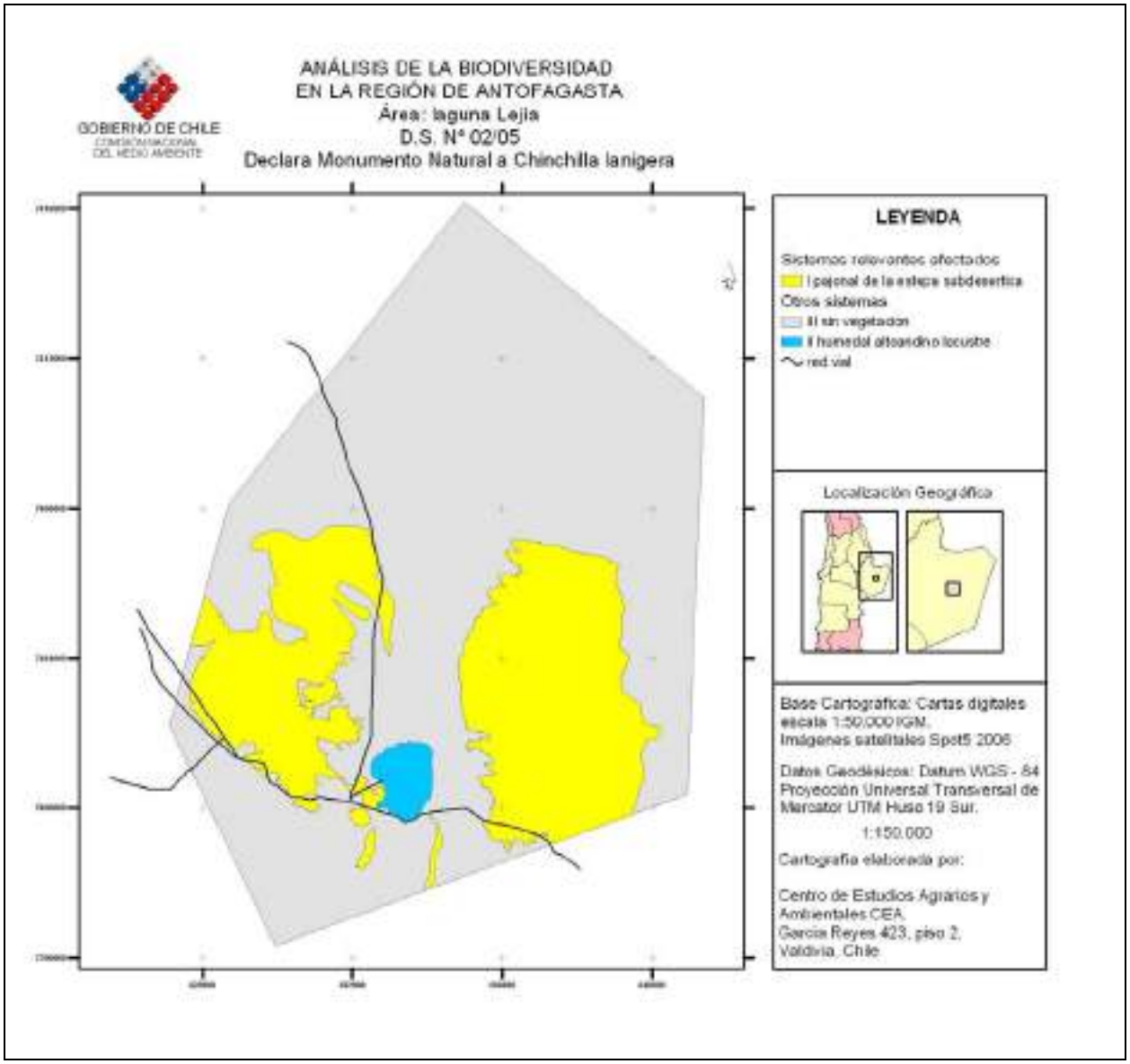


FIGURA 7-16. DS 02/05. DECLARA MONUMENTO NATURAL ESPECIES DE FAUNA SILVESTRE. SITIO LAGUNA LEJÍA.

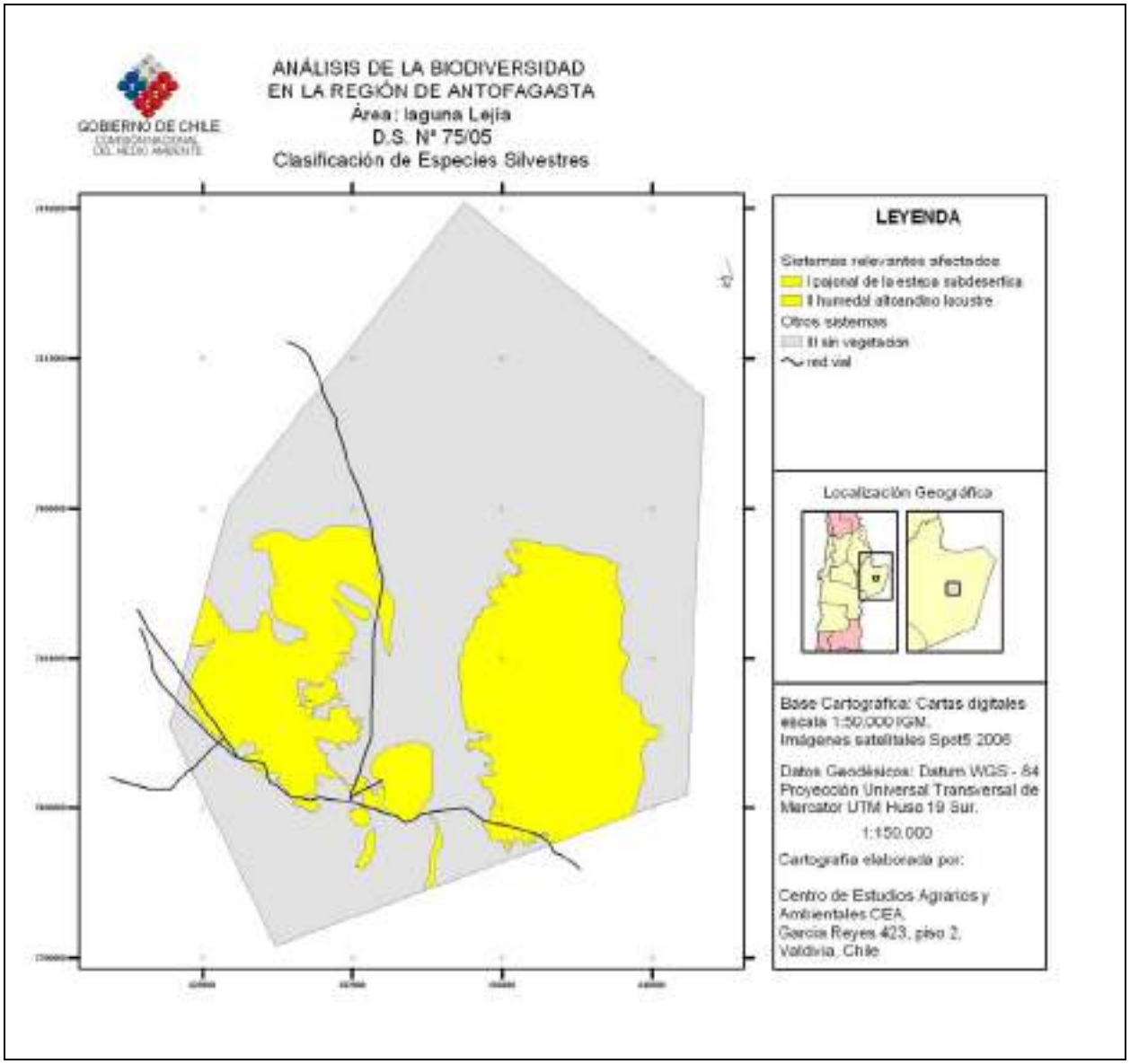


FIGURA 7-17. DS N° 75/05 REGLAMENTA LA CLASIFICACIÓN DE ESPECIE SILVESTRES. SITIO LAGUNA LEJÍA.

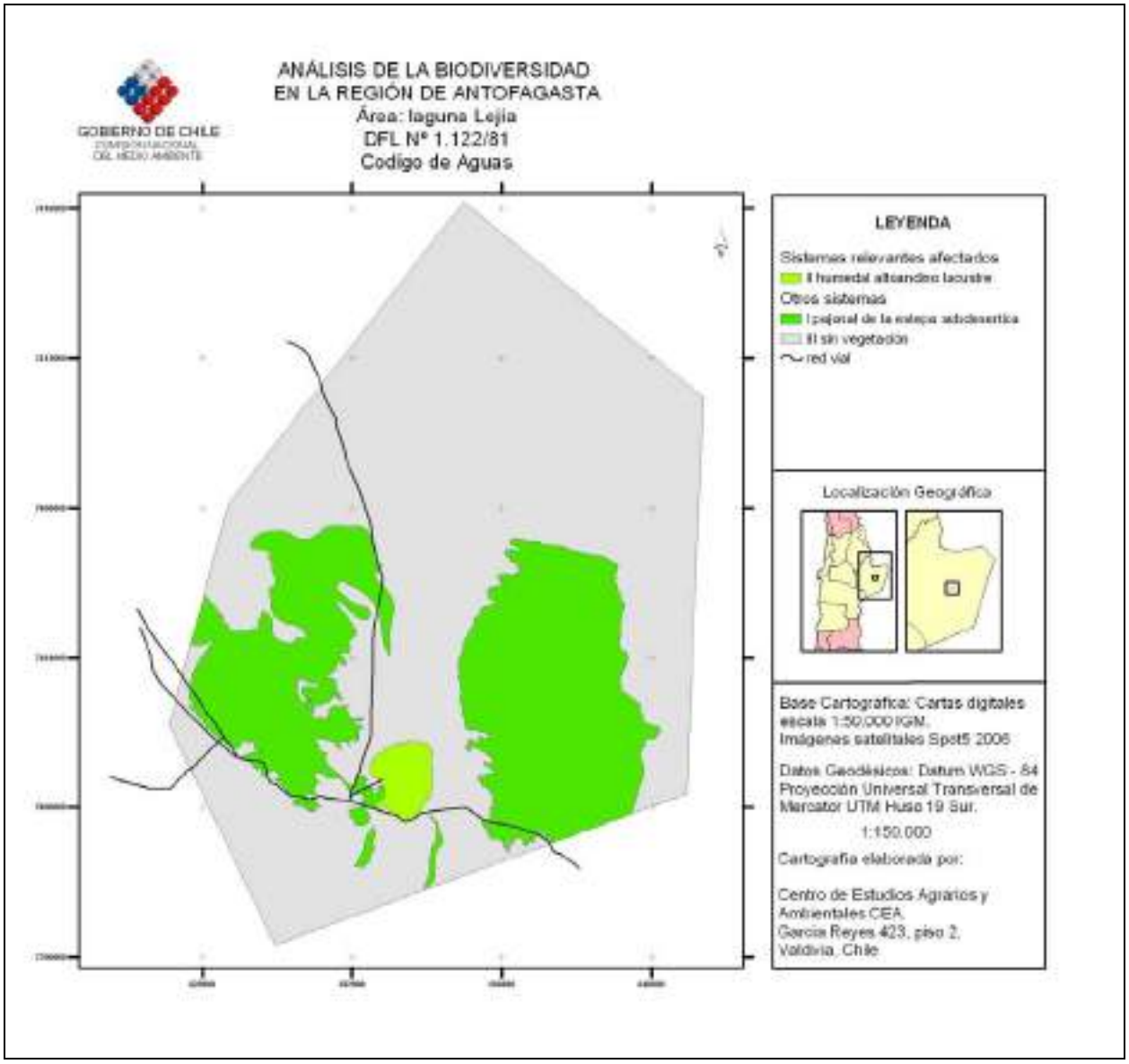


FIGURA 7-18. DFL Nº 1.122/81 CÓDIGO DE AGUAS (ART. 58 A 67) EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA.

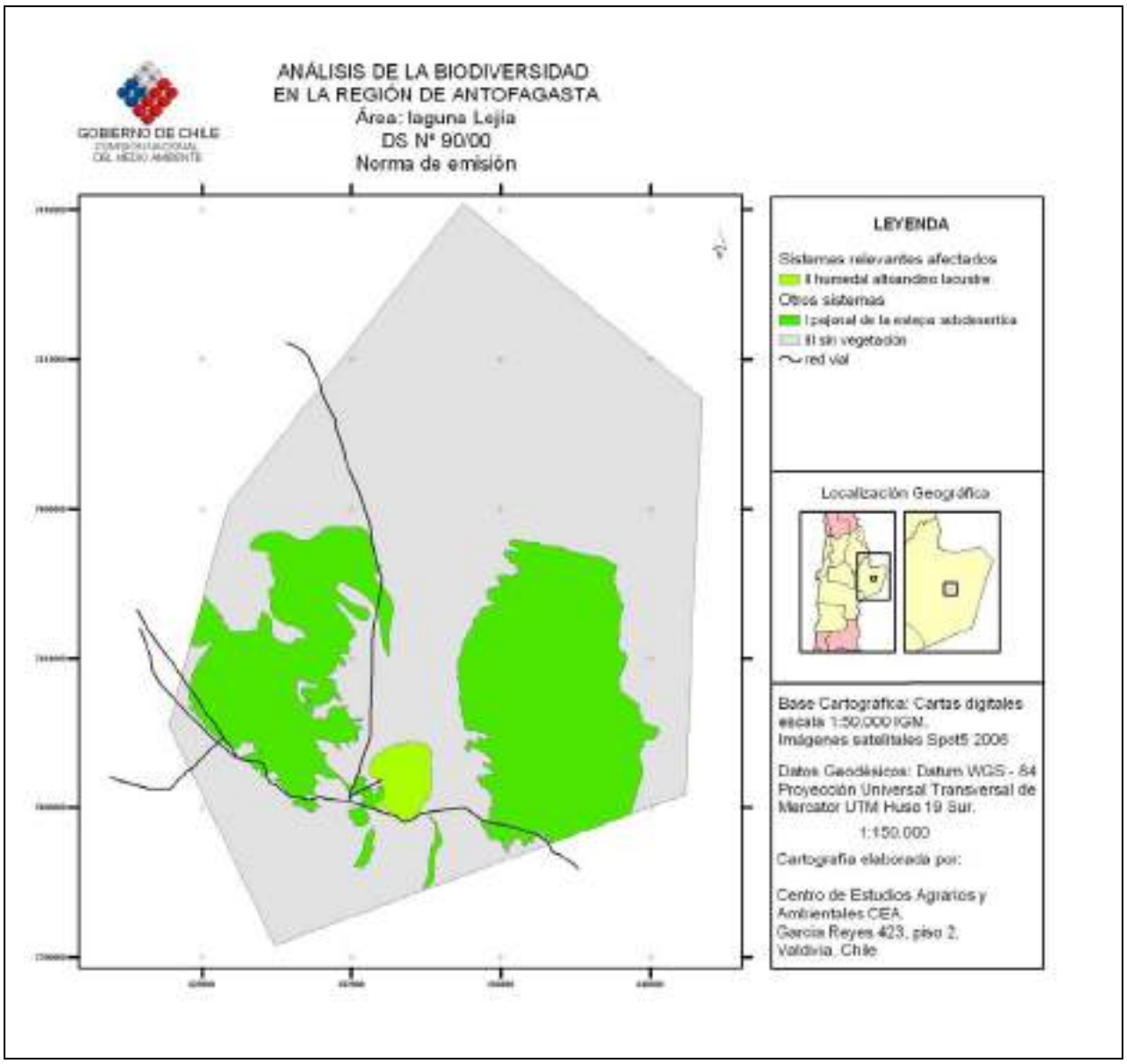


FIGURA 7-19. DS Nº 90/00 NORMA DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES EN RESIDUOS LÍQUIDOS VERTIDOS EN AGUAS CONTINENTALES EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA.

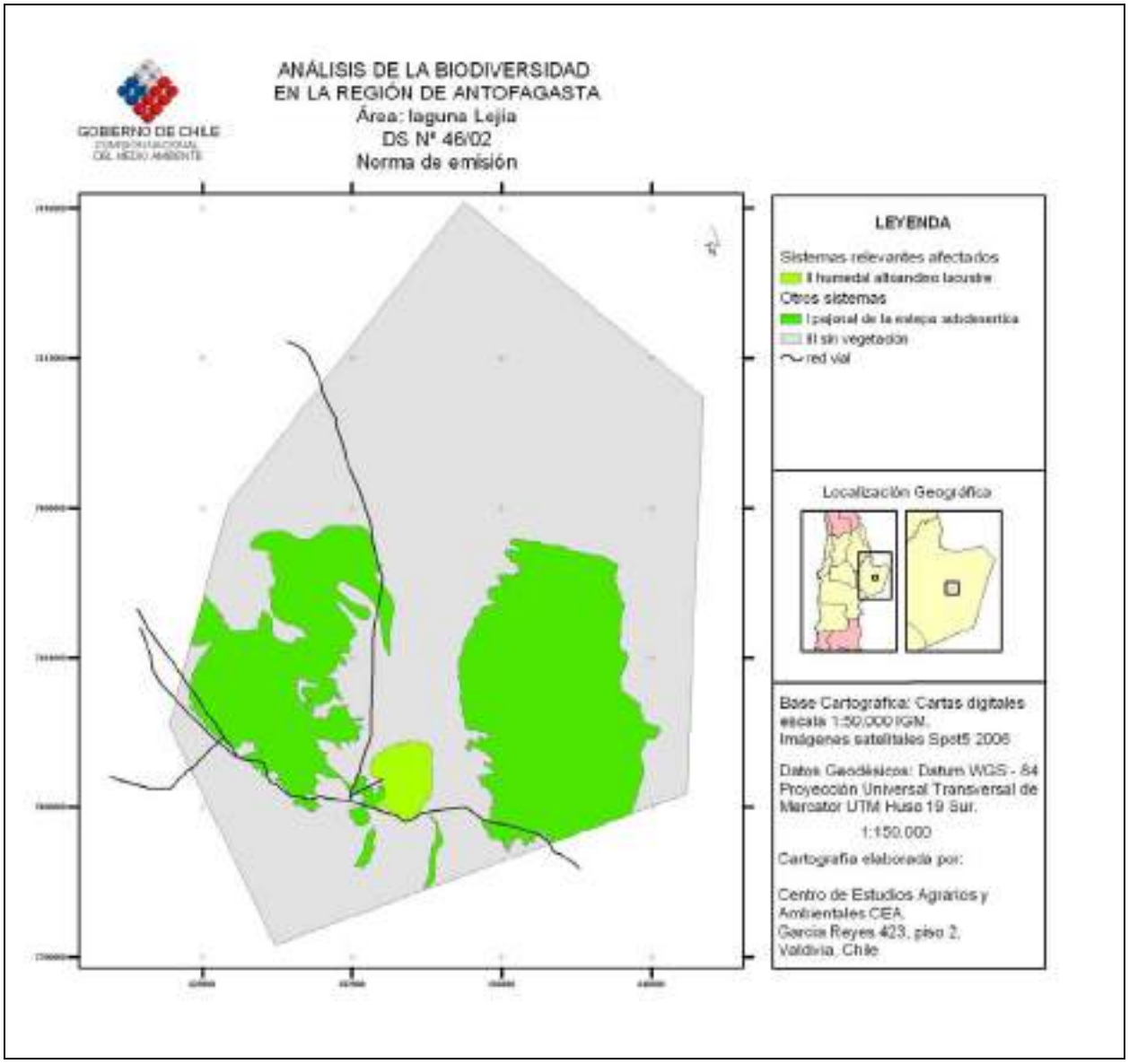


FIGURA 7-20. DS Nº 46/02 NORMA DE EMISIÓN DE RESIDUOS LIQUIDOS A AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA.

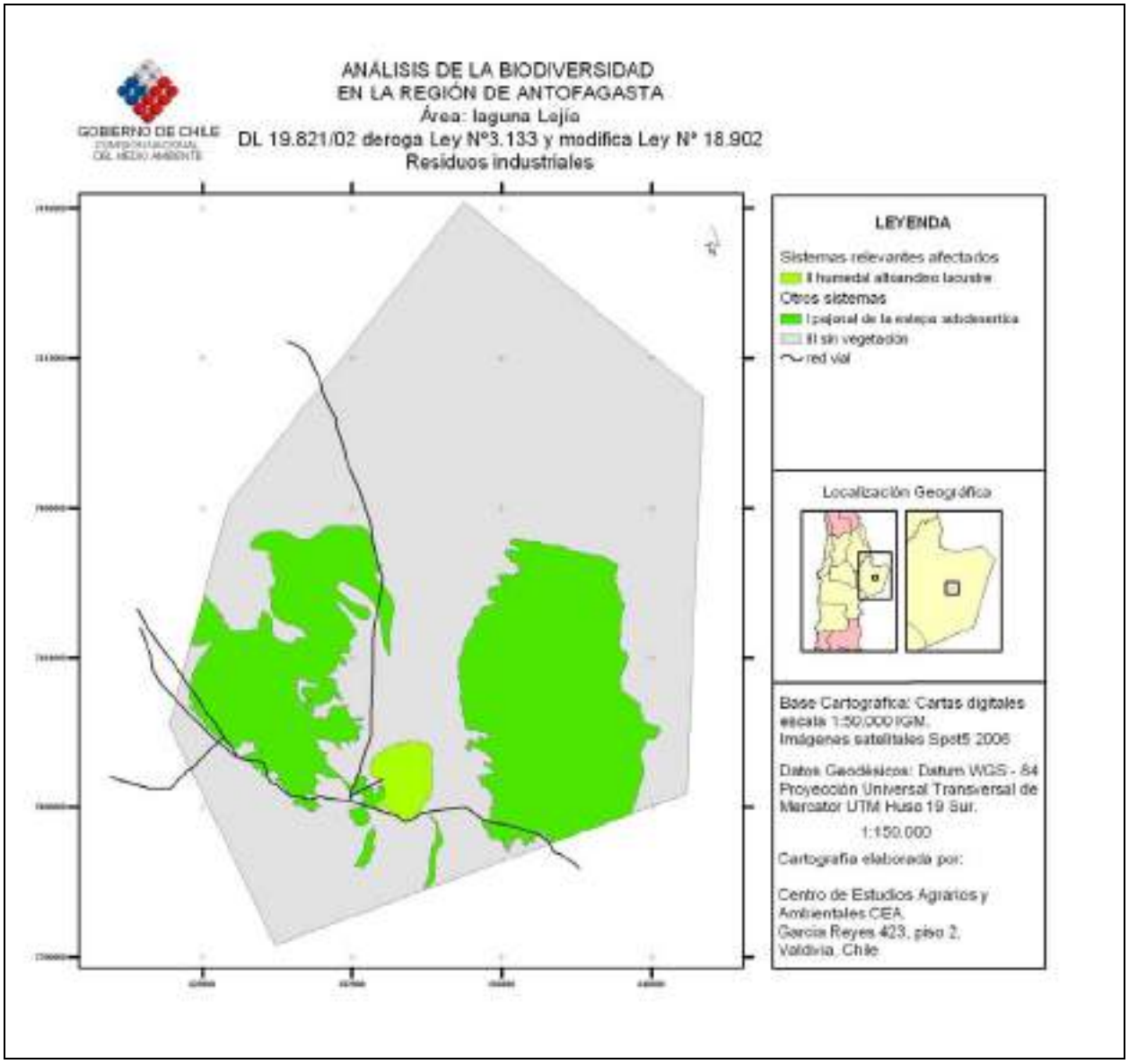


FIGURA 7-21. DL Nº 19.821/02 PROHÍBE LAS DESCARGAS DE AGUAS CONTAMINADAS AL MEDIO AMBIENTE Y PERFECCIONA EL MARCO REGULATORIO VIGENTE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS. SITIO LAGUNA LEJÍA.

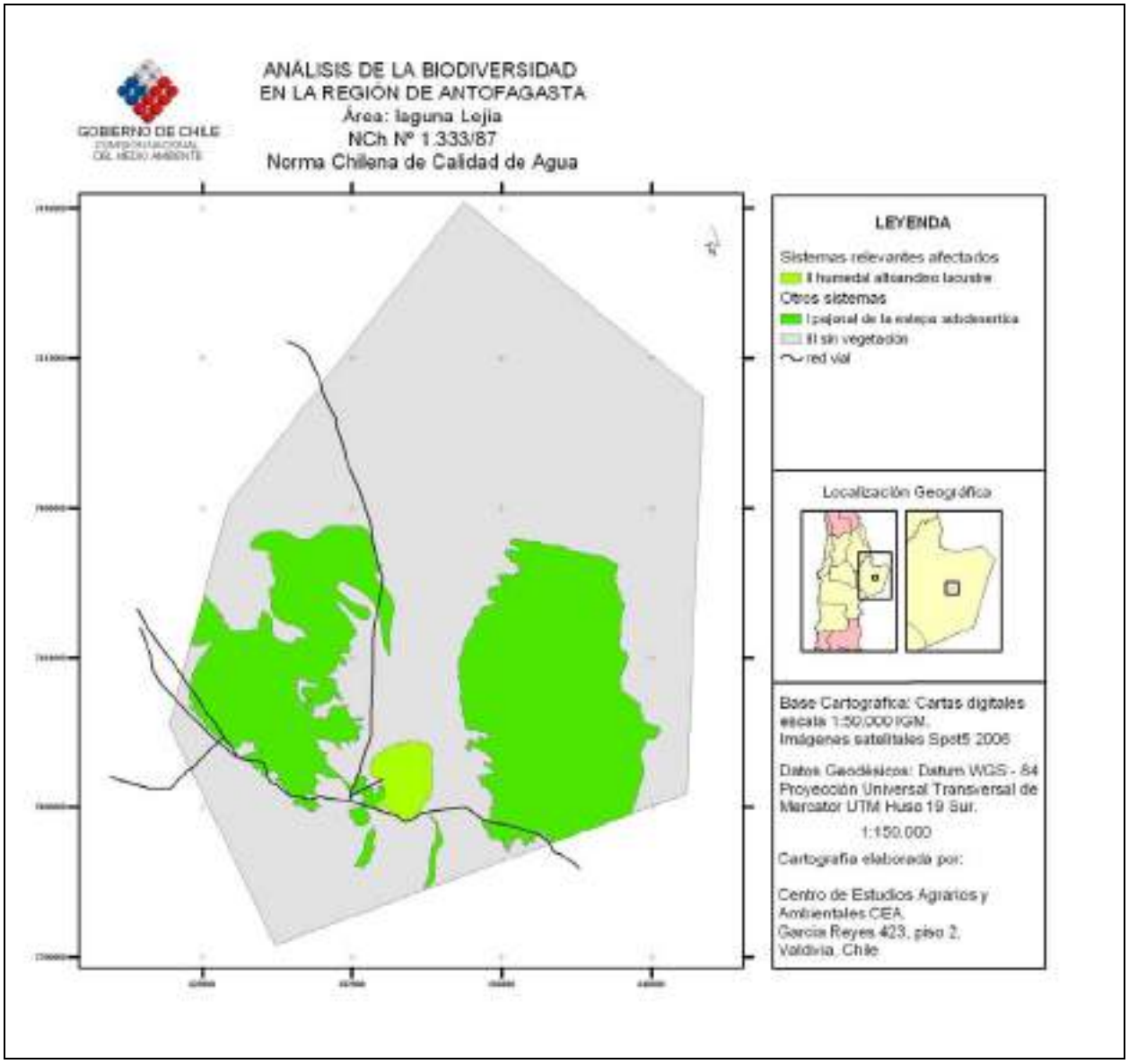


FIGURA 7-22. NCH Nº 1.333/87. DE CALIDAD DE AGUAS EN EL SITIO LAGUNA LEJÍA.

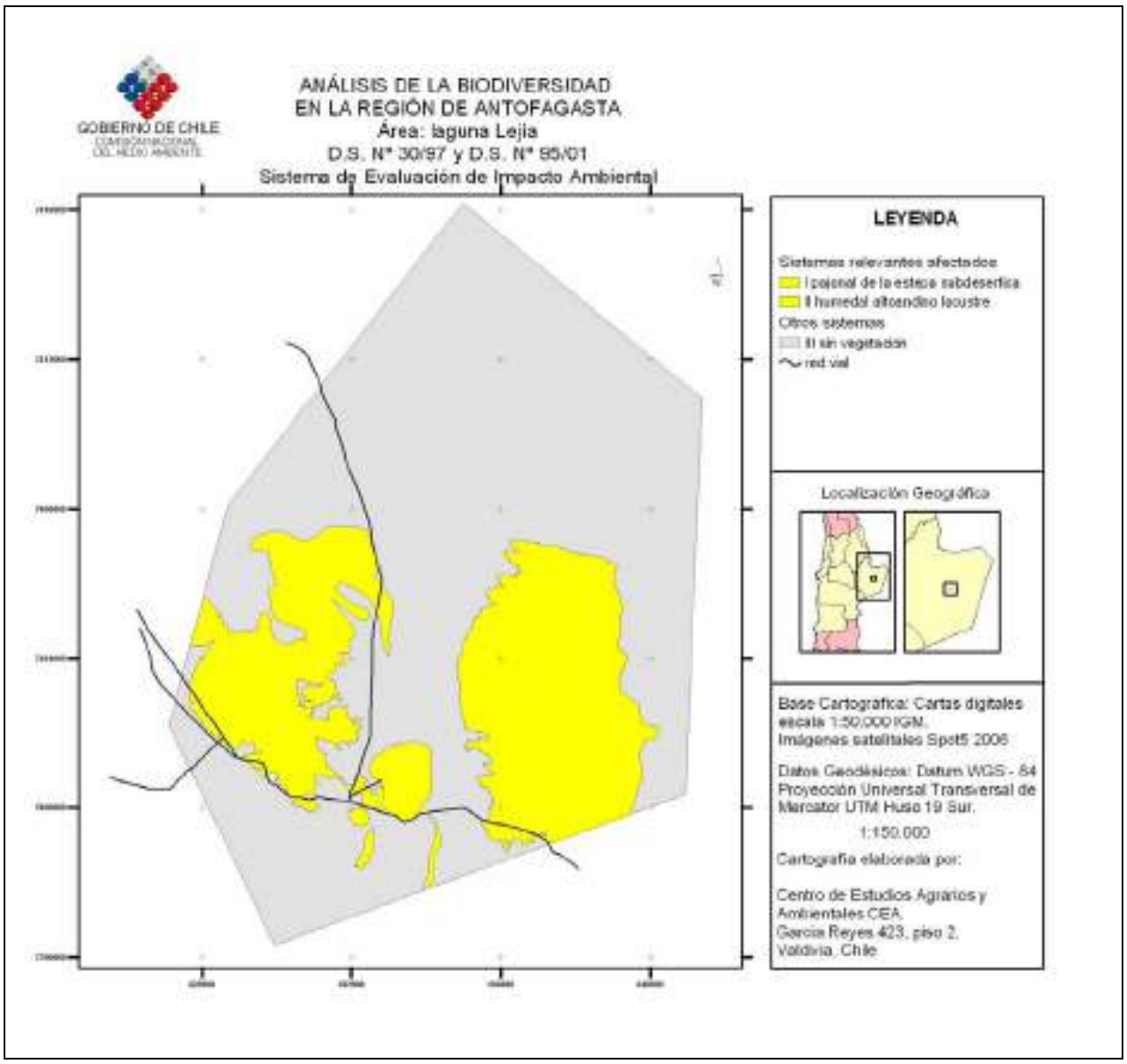


FIGURA 7-23. DS Nº 30/97 Y DS. Nº 95/01 REGLAMENTO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. SITIO LAGUNA LEJÍA.

3.5.2. Cartografía de síntesis de protección legal

Para la construcción de la carta de síntesis de la Protección Legal, se procedió a: a) reunir todas las normas jurídicas involucradas por sistema, para luego considerar tres parámetros. El primero es el **número de normas jurídicas (N)** que tienen efecto sobre el sistema objetivo. El segundo, la **especificidad (E),** se refiere a si la norma jurídica fue promulgada expresamente para los objetivos de conservación del sistema involucrado (valor 3), o si secundariamente puede considerarse (valor 2) y si, finalmente, sólo tangencialmente está involucrada en este objetivo de conservación sensu estricto (valor 1). El tercer parámetro es la **aplicabilidad (A)**, entendida como la posibilidad de aplicar una norma jurídica determinada en el área de estudio, así, si posee aplicabilidad cierta en la actualidad (valor3), si su aplicabilidad es baja porque faltan instrumentos para su aplicación (valor 2) y si existen restricciones para su aplicación (nivel 1). Los valores de estos tres parámetros se suman y luego se ponderan (multiplican) por la **jerarquía (J)** que la norma jurídica tiene. La máxima jerarquía (valor 3) es la Constitución Política y las leyes propiamente tales. La jerarquía media (valor 2) son los decretos con fuerza de ley y los decretos leyes. Finalmente las normas reglamentarias (e. g., reglamentos, simples decretos, instrucciones, decretos supremos, resoluciones) con un valor 1.

En las siguientes tablas se muestran los resultados de estas valoraciones y ponderaciones para los dos sistemas considerados en el área de estudio.

TABLA 7-20. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA I PAJONAL DE ESTEPA SUBDESÉRTICA DE LA PUNA DE ATACAMA, EN EL ÁREA LAGUNA LEJÍA.

LEGISLACIÓN VINCULADA AL SISTEMA I (PAJONAL DE ESTEPA) LAGUNA LEJÍA					
NORMA JURÍDICA	Nº	ESPECIFICIDAD	APLICABILIDAD	JERARQUÍA	V=(E+A)*(J) VALORACIÓN
Ley Nº 19.300. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	1	3	3	3	18
D.S. Nº 141. Convención CITES	2	3	3	3	18
D.S. Nº 531. Convención de Washington	3	3	3	3	18
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	4	1	1	2	4
Ley Nº 19.473/96. Ley de caza	5	3	3	3	18
D Nº 212/81. Convenio conservacion de la vicuña	6	3	3	3	18
DS 02/05. Declara Monumento Natural especies de fauna silvestre	7	3	3	1	6
DS N° 75/05. Reglamento clasificación de especies	8	3	3	1	6
DS Nº 30/97 y DS Nº 95/01 Reglamentación del SEIA	9	3	3	1	6
TOTAL NORMAS	**9**				**112**

TABLA 7-21. VALORACIÓN Y PONDERACIÓN DE LAS NORMAS JURÍDICAS VINCULADAS AL SISTEMA II HUMEDAL ALTOANDINO LACUSTRE, EN EL ÁREA LAGUNA LEJÍA.

LEGISLACIÓN VINCULADA AL SISTEMA II (HUMEDAL LACUSTRE) LAGUNA LEJÍA					
NORMA JURÍDICA	Nº	ESPECIFICIDAD	APLICABILIDAD	JERARQUÍA	V=(E+A)*(J) VALORACIÓN
Ley Nº 19.300. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	1	3	3	3	18
DL Nº 3.485. DS Nº 971 Convención de Ramsar	2	3	1	2	8
D.S. Nº 141. Convención CITES	3	3	3	3	18
D.S. Nº 531. Convención de Washington	4	2	2	3	12
D.S. Nº 868 /81. Convención de especies migratorias	5	3	3	3	18
DL Nº 1.939/77 Normas sobre adquisición, administración de bienes del Estado	6	1	1	2	4
Ley Nº 19.473/96. Ley de caza	7	3	3	3	18
DS N° 75/05. Reglamento clasificación de especies	8	3	3	1	6
DFL Nº 1.122/81. Código de aguas (Art. 58 a 67)	9	3	3	2	12
DS Nº 90/00 Norma de emisión	10	3	3	1	6
DS Nº 46/02 Norma de emisión	11	3	3	1	6
DL 19.82102 Deroga Ley Nº 3.133 y modifica Ley Nº 18.902 en materia de residuos industriales.	12	3	3	2	12
NCh Nº 1.333/87. Norma de calidad de aguas	13	3	3	1	6
DS Nº 30/97 y DS Nº 95/01 Reglamentación del SEIA	14	3	3	1	6
TOTAL NORMAS	**14**				**150**

Del análisis de las Tablas 7-20 y 7-21 que indican el resultado del procedimiento descrito, se puede concluir la valoración final de protección que presentan ambos ambientes identificados en el sitio Laguna Lejía, como se muestra en la Tabla 7-22. En la Figura 7-24 se muestra la carta de síntesis de la protección legal del área Laguna Lejía.

TABLA 7-22. NIVEL DE PROTECCIÓN LEGAL POR AMBIENTE EN EL ÁREA LAGUNA LEJÍA.

SISTEMA	CÓDIGO	NIVEL DE PROTECCIÓN LEGAL	JUSTIFICACIÓN
Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	I	Medio	Nueve normas jurídicas, cinco de ellas con valoración > 12, tres actuando sobre objetos focales de conservación, con una valoración total de 112
Humedal altoandino lacustre	II	Alto	14 normas jurídicas, ocho de ellas con valoración > 12, tres actuando sobre objetos focales de conservación con una valoración total de 150

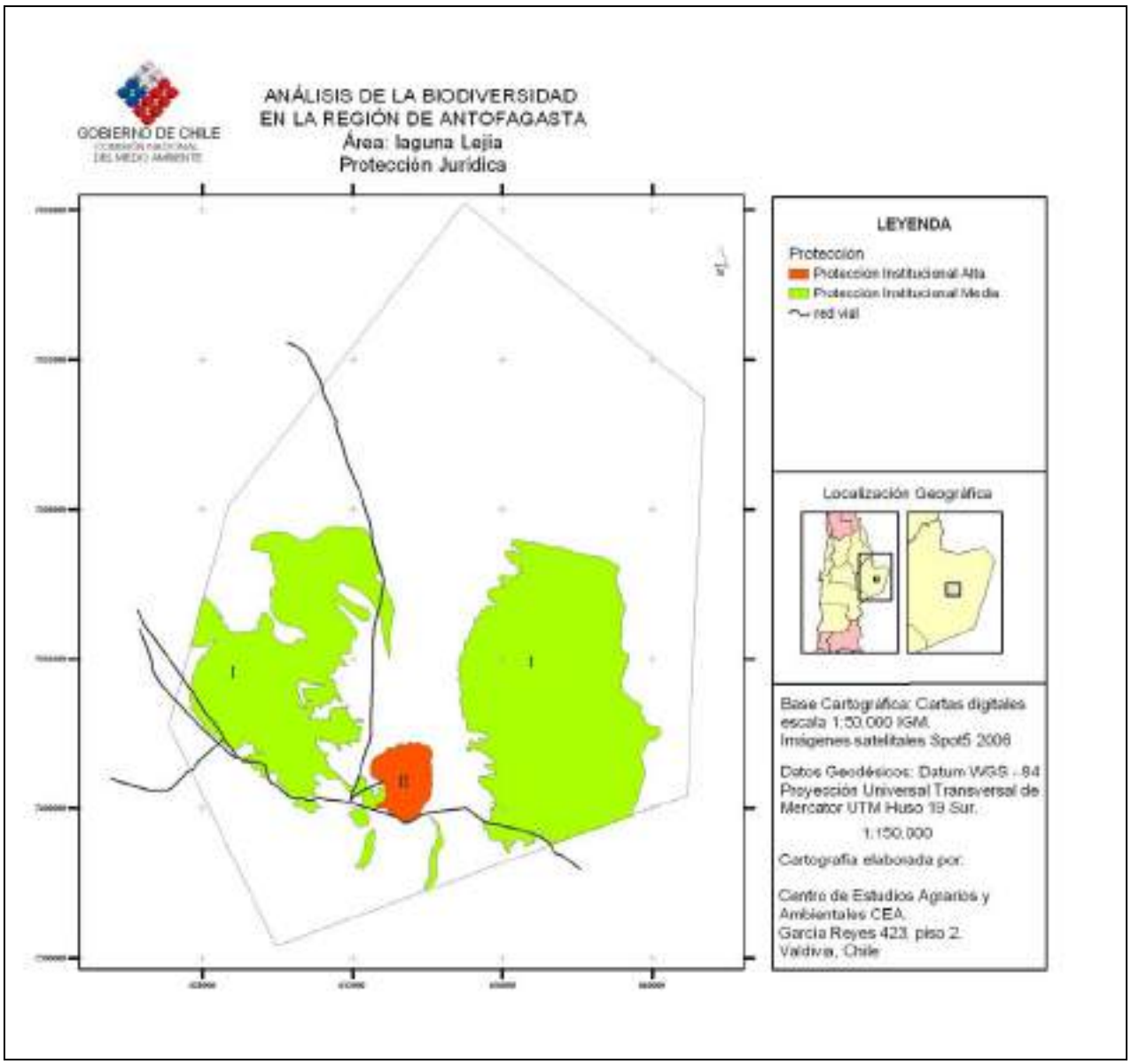


FIGURA 7-24. CARTA DE SÍNTESIS DE LA PROTECCIÓN LEGAL DEL ÁREA LAGUNA LEJÍA

3.6. Competencias institucionales

La existencia de muchos organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y más aún responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales pone de manifiesto superposición de funciones y pocas posibilidades de coordinación (Hermosilla 2004).

La institucionalidad ambiental en la Ley 19.300

A continuación se presenta con mayor detalle la institucionalidad ambiental en la Ley 19.300 por ser esta la ley más relevante en materia ambiental.

La Ley 19.300 en su título final, párrafos 1, 2, 3, 4 y 5, se refiere a la institucionalidad ambiental. En el Art. 69 se crea la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, como un servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del Presidente de la República, a través del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Los órganos de CONAMA son: el Consejo Directivo, la Dirección Ejecutiva, el Consejo Consultivo y las Comisiones Regionales del Medio Ambiente o COREMAS.

El Consejo Directivo

El Consejo Directivo tiene a su cargo la Dirección Superior de CONAMA y está formado por 13 ministros: el ministro Secretario General de la Presidencia, quien lo preside con el título de presidente de la Comisión Nacional del Medio Ambiente; ministros de Relaciones Exteriores, Defensa Nacional, Economía Fomento y Reconstrucción, Planificación y Cooperación, Educación, Obras Públicas, Salud, Vivienda y Urbanismo, Agricultura, Minería, Transportes y Telecomunicaciones y Bienes Nacionales. Entre los ministros que no forman parte de este Consejo está el ministro de Hacienda, a pesar de la importancia que tiene para la política nacional ambiental (Fernández 1998). Los acuerdos que adopte este Consejo Directivo de CONAMA, deberán ser ejecutados por los organismos del Estado competentes.

Dirección Ejecutiva

De conformidad al Art. 75 del párrafo 3° de la Ley 19.300, la administración de la Comisión Nacional del Medio Ambiente corresponde al director ejecutivo, quien es designado por el Presidente de la República. Este director ejecutivo es el jefe superior del servicio.

Consejo Consultivo

Otro de los órganos pertenecientes a la institucionalidad creada por la Ley 19.300 es el Consejo Consultivo que tiene por objeto absolver las consultas que le formule el Consejo Directivo, emitir opiniones sobre los anteproyectos de ley y decretos supremos que fijen normas de calidad ambiental, de preservación de la naturaleza y conservación del patrimonio ambiental, planes de prevención y de descontaminación, regulaciones especiales de emisiones y normas de emisión que

les sean sometidos a su conocimiento, además de ejercer las funciones que le encomiende el Consejo Directivo y la ley.

Este Consejo Consultivo está formado por las siguientes personas: dos científicos propuestos en quina por el Consejo de Rectores de las universidades chilenas, dos representantes de organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro que tengan por objeto la protección del medio ambiente, dos representantes de centros académicos independientes que estudien o se ocupen de materias ambientales, dos representantes del empresariado, dos representantes de los trabajadores y un representante del Presidente de la República. Estos consejeros son nombrados por el Presidente de la República por un período de dos años, prorrogables por una sola vez.

Comisiones Regionales del Medio Ambiente (COREMAS)

La Comisión Nacional del Medio Ambiente se desconcentra territorialmente a través de las Comisiones Regionales del Medio Ambiente (COREMAS). En cada región del país existe una COREMA que está integrada por el intendente de la región, quien la preside; los gobernadores provinciales de la región, los SEREMIs de los ministerios que forman el Consejo Directivo, cuatro consejeros regionales elegidos por el respectivo Consejo y por el director regional de la Comisión del Medio Ambiente, que actúa como secretario. Conforme a la ley, corresponde a las Comisiones Regionales coordinar la gestión ambiental en el nivel regional y cumplir las demás funciones que le encomiende la ley. Con respecto a los SEREMIs de los ministerios señalados por el Art. 71 y que forman parte del Consejo Directivo, es necesario tener presente que estos no existen a nivel del Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio Secretaría General de la Presidencia y Ministerio de Defensa.

Comité Técnico

En cada COREMA existe un Comité Técnico integrado por el director regional del Medio Ambiente, quien lo preside, y por los directores regionales de los servicios públicos con competencia en materia de medio ambiente, incluyendo entre ellos al gobernador marítimo correspondiente. Este Comité Técnico es de extraordinaria importancia, ya que es el organismo que hace el análisis técnico de los estudios de impacto ambiental, formulando las recomendaciones pertinentes para su modificación, aprobación o rechazo del mismo. Su informe, si bien es cierto no ha sido debidamente considerado por los COREMAs, sí lo ha sido por la jurisprudencia de los Tribunales de Justicia, los que han tomado en cuenta sus juicios para dirimir los conflictos que han sido sometidos a su competencia.

Consejo Consultivo Regional

En cada COREMA existe un Consejo Consultivo Regional de Medio Ambiente, cuyos miembros son nombrados por el intendente regional, a propuesta en nómina de las respectivas organizaciones que ellos representan. Así, cada Consejo Consultivo Regional está formado por dos científicos, dos representantes de ONGs que tengan por objeto la protección o estudio del medio ambiente, dos representantes del empresariado, dos representantes de los trabajadores y un representante del intendente regional. Su duración en el cargo es de dos años. Son funciones de estos Consejos Consultivos Regionales dar respuesta a las consultas que le formule la Comisión Regional del Medio Ambiente.

Institucionalidad ambiental sectorial

Sin perjuicio de las facultades ambientales que la ley entrega a CONAMA, existen atribuciones ambientales en la mayoría de los ministerios que se ejercen, ya sea a través de las llamadas Unidades Ambientales, o bien, de los servicios públicos con competencias ambientales otorgadas por la ley.

Unidades Ambientales

En algunos ministerios existen las llamadas Unidades Ambientales, cuyo origen es reciente. Su objetivo es colaborar con CONAMA, en especial en apoyo al proceso de evaluación de impacto ambiental. De este modo se potenciaría la capacidad de cada ministerio de responsabilizarse por la gestión de su sector. Además de esta función, estas Unidades Ambientales tienen algunos otros objetivos, como por ejemplo, asesorar al ministro en la representación del sector en la propia CONAMA, definir políticas y líneas de acción para el sector, diagnosticar el impacto ambiental y evaluar los estudios de impacto ambiental, contribuir a la elaboración de la legislación ambiental, promover la formación de recursos humanos en esta área, asesorar en la elaboración de planes de descontaminación, detectar y diagnosticar soluciones a problemas ambientales en el ámbito de su ministerio, etc. En algunos ministerios existen grupos organizados de personas dedicadas a funciones ambientales. Los ministerios que cuentan con Unidades Ambientales hasta el momento son: Economía, Fomento y Reconstrucción, Obras Públicas, Agricultura, Bienes Nacionales, Salud, Minería, Vivienda y Urbanismo, Transportes y Telecomunicaciones, Planificación y Cooperación, Educación, Defensa Nacional, Relaciones Exteriores e Interior.

Servicios públicos con competencia ambiental

Entre las principales instituciones involucradas en la gestión ambiental, podemos citar las siguientes: Ministerio del Interior (ONEMI), Ministerio de Relaciones Exteriores (Dirección del Medio Ambiente, el IChA), Ministerio de Economía (Subsecretaría de Pesca, SERNAPESCA, CORFO, Comisión Nacional de Riego, INFOR, INIBP, PONTEE, SIREN, SERNATUR), Ministerio de Educación (CONICYT, Consejo de Monumentos Nacionales), Ministerio de Defensa Nacional (Directemar, SHOA), Ministerio de Obras Públicas (Dirección de Riego, DGA, SISS), Ministerio de Agricultura (SAG, CONAF), Ministerio de Bienes Nacionales, Ministerio de Salud (SESMA, Servicio de Salud, ISP), Ministerio de Minería (COCHILCO, SERNAGEOMIN, Comisión Chilena de Energía Nuclear, Comisión Nacional de Energía), Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (Subsecretaría de Transportes), Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Subsecretaría de Vivienda y Urbanismo), Ministerio de Planificación y Cooperación (CONADI).

Los ministerios antes nombrados con sus respectivos servicios serían los de mayor injerencia ambiental, ya que abarcan diferentes tópicos, como la planificación ambiental sectorial, regulaciones, control ambiental, formación ambiental, prestación de servicios ambientales y reparación de daños ambientales.

Consejo de Defensa del Estado

Además de los órganos citados, posee competencia ambiental el Consejo de Defensa del Estado, el cual tiene una acción de reparación o acción ambiental y una acción indemnizadora.

Competencia ambiental de las municipalidades

Las municipalidades tienen importantes atribuciones ambientales que emanan de la Ley 19.300 y de su propia Ley Orgánica 18.695. Así el Art. 23 de la Ley de Bases del Medio Ambiente establece que los gobernadores, conjuntamente con las COREMAs, deberán coordinar con las municipalidades de su provincia el cumplimiento de lo establecido en el párrafo 2° de la Ley 19.300, que se refiere al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en lo que les sea de su competencia. Por su parte, el Art. 31 señala que las COREMAs deben remitir a las municipalidades, en cuyo ámbito comunal se realizarán las obras o actividades que contemple el proyecto bajo evaluación, una copia del extracto del Estudio de Impacto Ambiental y las listas de los proyectos o actividades sujetos a Declaración de Impacto Ambiental.

En materia de daños, la Ley 19.300 señala que cualquier persona puede exigir a la municipalidad en cuyo territorio se desarrollen actividades que causen daño al medio ambiente que ésta deduzca la acción ambiental, de no hacerlo, la hará solidaria de los perjuicios que el hecho denunciado ocasione, a menos que dentro de un plazo de 45 días haya hecho ver al requirente -fundadamente- que no iniciará acción.

Además, conforme al artículo 56 de la Ley 19.300, las municipalidades y demás órganos competentes del Estado podrán requerir del juez sanciones para los responsables de fuentes emisoras que no cumplan planes de prevención o descontaminación o con las regulaciones especiales para situaciones de emergencia o por incumplimiento de los planes de manejo.

En relación con su ley orgánica citada, las municipalidades tienen también importantes funciones en materia ambiental. Desde luego, pueden desarrollar actividades en la organización de la comunidad, elemento clave en el cumplimiento de las normativas ambientales, en el desarrollo de proyectos ambientales y en la defensa de los intereses de la comunidad.

Además de su participación activa con los grupos de base, tiene funciones de incidencia ambiental específicas como la aplicación de disposiciones sobre transporte y tránsito público dentro de su territorio comunal en la forma señalada en la ley y sin que contravengan disposiciones sobre la materia dictadas por el Ministerio de Transporte; la planificación y regulación urbana de su comuna y la confección del plan regulador comunal; dictar normas sobre aseo y ornato; desarrollar directamente o bien con otros órganos de Administración del Estado, como podría ser CONAMA, funciones relacionadas con la protección ambiental; el turismo; la recaudación, etc.

En relación a los tratados internacionales

Convención de Washington

Las instituciones con competencia en su implementación son: la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), la Subsecretaría de Pesca, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), el Consejo de Monumentos Nacionales, la Comisión Nacional de Diversidad Biológica, organismo asesor de la Comisión, el Ministerio de Relaciones Exteriores, el Ministerio de Bienes Nacionales y el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR).

Convención Ramsar

Las siguientes instituciones tienen competencia en la implementación del Convenio Relativo a Los Humedales de Importancia Internacional. (Convención Ramsar): la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), el Museo Nacional de Historia Natural y el Ministerio de Relaciones Exteriores.

Convención sobre Diversidad Biológica

Las siguientes instituciones tienen competencia en la implementación de la Convención en Chile: la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), la Subsecretaría de Pesca, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), Comisión Nacional de Diversidad Biológica y Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT).

Convención CITES.

Las instituciones con competencias en esta convención son el SAG y CONAF.

Como puede apreciarse existe una gran diversidad y número de instituciones sectoriales que intervienen en estos asuntos y los diferentes campos de intervención que atañen a cada institución. Esta situación se repite en la aplicación de muchas leyes.

En los aspectos de fiscalización

La fiscalización es un componente de gran relevancia en el cumplimiento de las leyes, aspecto que adolece de grandes deficiencias en su aplicación ya sea por aspectos de asignación presupuestaria como de personal. En la Tabla 7-23 se presentan las instituciones de fiscalización que tienen objetivos ambientales, las cuales abarcan distintos componentes del medio ambiente en el ejercicio de sus funciones fiscalizadoras (Tabla 7-24).

TABLA 7-23. INSTITUCIONES FISCALIZADORAS Y SUS OBJETIVOS AMBIENTALES.

INSTITUCIÓN	NORMA QUE ORIGINA LA INSTITUCIÓN	OBJETIVOS INSTITUCIONALES
Aduanas	DFL Nº 30 del 13/04/83	Vigilar el paso de mercancías por las costas, fronteras y aeropuertos de la República, que perjudiquen los componentes del ambiente y la salud humana.
CONAF	Ley 18.348 del 27/12/1984 DS 728 de 1970	Contribuir a la protección, conservación, incremento, manejo y aprovechamiento de los recursos forestales del país, con el fin de lograr un rápido crecimiento y desarrollo de la actividad forestal productiva, en términos conciliables con la protección y conservación del bosque y su medio ambiente.
DGA	Ley 16.640 del 28/7/67	Resguardar y planificar el recurso agua. Velar por el cumplimiento del Código de Aguas.
DIRECTEMAR	DS Nº 1.340, DS Nº 1 Ministerio de Defensa ampliada y potenciada por el DL 2.222	Aplicar y fiscalizar el cumplimiento de la Ley de Navegación, de los convenios internacionales y de las normas legales y reglamentarias relacionadas con sus funciones. Preservar el medio ambiente acuático y la navegación de las aguas sometidas a su jurisdicción.
Municipalidades	Ley Orgánica de Municipalidades Nº 18.695 del 31/3/88	Satisfacer las necesidades de la comunidad y asegurar su participación en el proceso económico, cultural y social. Velar por el cumplimiento de la normativa ambiental vigente de acuerdo a la ley y reglamentos. Realizar actividades de prevención del deterioro ambiental y educativas.
SAG	Ley 18.775	Contribuir al desarrollo agropecuario del país mediante la protección y conservación de los recursos naturales renovables que inciden en la producción agropecuaria del país. Aplicar el cumplimiento de las normas legales y reglamentarias sobre prevención y erradicación de las plagas vegetales y enfermedades transmisibles de los animales. Promover las medidas tendientes a asegurar la conservación de los suelos y aguas que eviten la erosión de éstos, y mejoren su fertilidad y drenaje.
SERNAGEOMÍN	DL 3.525 26/11980	Fiscalizar los tranques de relaves que puedan causar algún daño en el ambiente. Desarrollar la investigación geológica aplicada aportando información técnica y científica asociada a eventos de la naturaleza que sirvan de base para la planificación del uso de áreas territoriales.
SERNAPESCA	DFL Nº 2.442 de 1978 y el DFL Nº 1 de 1992	Ejecutar la política pesquera nacional y fiscalizar su cumplimiento, en especial, velar por la debida aplicación de las normas legales y reglamentarias sobre pesca, caza marítima y demás formas de explotación de recursos hidrobiológicos.
Autoridad Sanitaria (Servicios de Salud)	DL Nº 2.763, de 1979	Proteger la salud humana de los daños potenciales existentes en el ambiente. Velar por el cumplimiento del Código Sanitario, sus reglamentos y decretos.
SISS	Ley Nº 18.902 del 27/01/90	Fiscalizar a las empresas prestadoras de servicios sanitarios. Interpretar y velar por el cumplimiento de las normas relativas a los servicios sanitarios. Proponer normas técnicas relativas al diseño, construcción y explotación de servicios sanitarios. Controlar las empresas que emiten residuos líquidos. Proponer normas técnicas relativas a la descarga de RILES. Aplicar las sanciones a los prestadores de servicios sanitarios.
Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad	Ley 15.840, Art. 16 (modificada por Art. 19 de la Ley 18.267, Art. 2 de la Ley 18.373, DFL 205 de 1976.	Coordinar las acciones que permitan una adecuada preservación del medio ambiente en todos aquellos aspectos que tengan relación con las obras viales. Asesorar al nivel directivo en materia ambiental, proponiendo la clasificación de los proyectos desde el punto de vista ambiental. Promover la adecuada coordinación entre las unidades de la Dirección de Vialidad, los bancos internacionales de crédito y otros organismos internos o ajenos al MOP, teniendo presente la legislación y normas vigentes sobre la materia. Proponer normas, procedimientos y metodologías para el estudio y mitigación de los impactos ambientales. Proponer y llevar a cabo acciones de supervisión, seguimiento y monitoreo de obras en construcción u operación en lo relativo a los aspectos ambientales, y proponer medidas específicas para el control de los impactos negativos asociados al proyecto.

TABLA 7-24. INSTITUCIONES Y AREA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL POR ORGANISMO

AREA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL POR ORGANISMO													
ORGANISMO	COMPONENTES DEL AMBIENTE									EMISIONES AL AMBIENTE			
	Aire	Aguas Superficiales	Aguas Subterráneas	Aguas Marítimas	Suelos	Flora	Fauna	Paisaje	Areas Silvestres	Emisiones AtmosFericas	RILES	Residuos Sólidos	Ruidos y Vibraciones
Aduanas						X	X					X	
CONAF						X	X	X	X				
DGA		X	X										
DIRECTEMAR		X		X					X		X		
Depto. Fisc. del MINTRATEL										X			
Municipalidades		X			X					X	X	X	X
SAG	X	X	X		X	X	X			X			
SERNAGEOMIN					X							X	
SERNAP		X		X			X						
Autoridad Sanitaria (Serv. Salud reg.)	X	X	X	X						X	X	X	X
SISS										X	X		
Depto. Vialidad del MOP						X		X					

Adicionalmente Carabineros de Chile también posee atribuciones fiscalizadoras en el ámbito forestal y de fauna.

Institucionalidad ambiental en el área de estudio

En la Tabla 2-25 se muestra una compilación de la institucionalidad que se vincula con la normativa asociada al resguardo de los sistemas relevantes en el sitio Laguna Lejía, en los diferentes aspectos analizados previamente.

TABLA 7-25. INSTITUCIONALIDAD VINCULADA A LOS SISTEMAS RELEVANTES.

SISTEMA	CÓDIGO	SERVICIOS/MINISTERIOS VINCULADOS	NÚMERO DE INSTITUCIONES	PROTECCIÓN INSTITUCIONAL
Pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama	I	CONAMA SAG CONAF SERNAGEOMIN Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Agricultura Ministerio de Relaciones Exteriores Ministerio de Bienes Nacionales Ministerio de Obras Públicas Ministerio de Minería	11	Alta
Humedal lacustre altoandino laguna de Lejía	II	CONAMA SERNAPESCA SAG DGA SISS Autoridad Sanitaria (Servicio Salud) Instituto Nacional de Normalización Municipalidades Secretaría General de la Presidencia Ministerio de Economía, Sub.Sec. de Pesca Ministerio de Agricultura Ministerio de Justicia Ministerio de Salud Ministerio de Obras Públicas Ministerio de Relaciones Exteriores	15	Alta

Como puede apreciarse ambos sistemas poseen una alta injerencia de instituciones en aspectos normativos y de competencias legales, siendo el sistema vinculado con los cuerpos de agua es el que posee una mayor protección.

Cartografía de la institucionalidad

El propósito de representar cartográficamente la institucionalidad ambiental con competencias en el área de estudio es establecer la protección ambiental de los distintos sistemas, la que se expresa, en la medida que se detectan diferencias entre los sistemas, que no es el caso para este estudio. Así en la Fig. 7-25 se muestra una carta de protección institucional considerando el **número total de instituciones vinculadas con cada sistema (N)**. Para una eventual construcción de esta carta con mayor desagregación (fuera de los objetivos de este estudio), se pueden considerar, además la **especificidad de la institución (E)** que tienen efecto sobre el sistema objetivo, la **presencia local (P),** referido a si la institución tiene presencia permanente en el lugar, por ejemplo a través de una oficina local (valor 3), o si su presencia es provincial (valor 2) y si sólo está presente a nivel regional (valor 1). Un cuarto parámetro podría ser la **capacidad fiscalizadora (F)**, entendida como la posibilidad concreta y material de ejercer una capacidad de fiscalización permanente en el cumplimiento de las normas jurídicas que aplican en el área de estudio. La caracterización y análisis de estos parámetros adicionales deberían ser hechos en un estudio monográfico específico y con paneles de expertos multisectoriales.

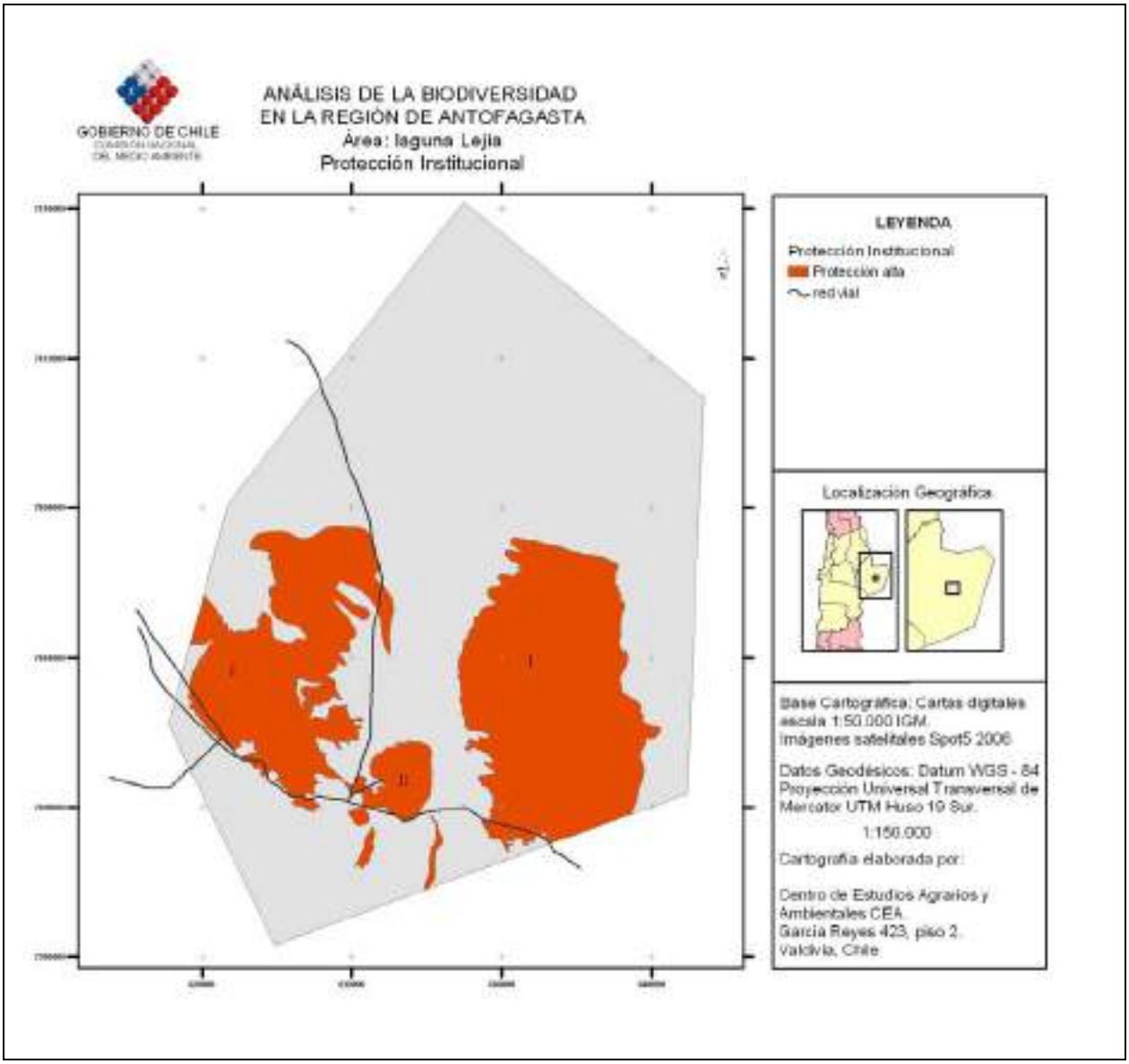


FIGURA 7-25. CARTA DE PROTECCIÓN INSTITUCIONAL DEL ÁREA LAGUNA LEJÍA.

4. CONCLUSIONES

Existen 14 normas jurídicas que aplican a la conservación de los recursos hídricos en diferentes aspectos y nueve normas que tendrían influencia sobre la conservación del pajonal de estepa subdesértica de la puna de Atacama.

El sistema hídrico es el componente ambiental de mayor protección en relación a la cantidad de regulaciones que lo afectan.

Potencialmente existirían las normas jurídicas suficientes para proteger y resguardar las condiciones ambientales de todos los sistemas abordados.

No existe una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios. Dentro de este contexto, se aprecia la ausencia, en el Ordenamiento Jurídico, de manifestaciones concretas del Principio de Precaución, al que obliga la adhesión al Convenio sobre Diversidad Biológica y la Convención de Ramsar.

La existencia de muchos servicios y organismos estatales, con competencias sectoriales sobre la biodiversidad, y, más aún, responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales, ponen de manifiesto la superposición de funciones y pocas posibilidades de coordinación, aspectos que debieran subsanarse a futuro con la reciente creación del Ministerio de Medio Ambiente.

Resulta patente constatar la enorme dispersión de las normas con contenido ambiental, como así mismo su gran diferencia de rango normativo, lo cual acusa la falta de una Política Nacional orientadora de la normativa de protección del patrimonio ambiental, y muy especialmente de la diversidad biológica. Luego, la elaboración de una Estrategia Nacional de protección y conservación de la biodiversidad debiera definirse dentro del marco de una Política Nacional de protección a la Naturaleza, que hoy no existe.

El sistema vinculado con los cuerpos de agua es el que posee una mayor injerencia de instituciones en aspectos normativos y de competencias legales. Aún así ambos sistemas se consideran suficientemente cubiertos por la institucionalidad.

CAPÍTULO VIII
ZONIFICACIÓN

CAPÍTULO VIII ZONIFICACIÓN

1. ASPECTOS GENERALES

De acuerdo con la información recolectada en las campañas de terreno, las características de las amenazas sobre los recursos naturales y la capacidad de protección territorial que otorga la normativa vigente en nuestro país, se construyó un modelo de zonificación que debería constituir la base territorial para que en una etapa siguiente se puedan delinear las actividades de manejo del área de interés.

Esta zonificación es entendida como parte de un proceso de ordenamiento territorial que consiste en definir la superficie del área de interés en zonas con un manejo o destino homogéneo que en el futuro serán sometidas a determinadas normas de uso a fin de cumplir los objetivos planteados para el área.

Como resultado, el siguiente procedimiento establece los valores de importancia de las áreas con respecto al objetivo de conservación. De este modo, y de acuerdo a un valor de las variables de 1 a 3, se obtiene mediante un proceso sumativo de overlay las prioridades de conservación.

El trabajo de zonificación se ha desarrollado utilizando sistemas de información geográficos, los que permiten establecer un nexo entre la expresión gráfica y alfanumérica de la información, localizando y cualificando las áreas resultantes de los procesos de overlay, de manera de establecer prioridades de uso en cada área resultante. Se ha utilizado el software ArcView 3.2a y sus extensiones Spatial Analyst 2.0a, el programa Model Builder 1.1 para la construcción y diseño de los procedimientos de cálculo.

2. UNIFORMIDAD DEL TERRITORIO

El territorio de análisis está comprendido básicamente por unidades de paisaje descriptoras de biodiversidad, amenazas y protección legal. Esta información fue generada de acuerdo a pasos anteriores que establecen rangos de tres variables para cada uno de los parámetros antes mencionados.

Sin embargo, la aplicación y utilización de la información territorial requiere de un correcto levantamiento de información de flora y fauna y el relevamiento espacial de los niveles de amenaza y protección legal. Estos pasos fueron explicados anteriormente en los capítulos respectivos.

El área de Laguna Lejía sometido a estudio corresponde a 18.906 ha, de ellas el 70% corresponde a áreas sin vegetación y el 28% a la formación vegetacional Pajonal de la estepa subdesértica. La porción del humedal altoandino lacustre existente corresponde a un 1 %, equivalentes a 259 ha (Tabla 8-1).

TABLA 8-1. SUPERFICIES DE USO DEL SUELO EN EL SECTOR LAGUNA LEJÍA.

USO DE SUELO	HA	%
Humedal altoandino lacustre	258,8	1%
Pajonal de la estepa subdesértica	5.323,4	28%
Sin vegetación	13.323,6	70%
Total general	18.905,9	

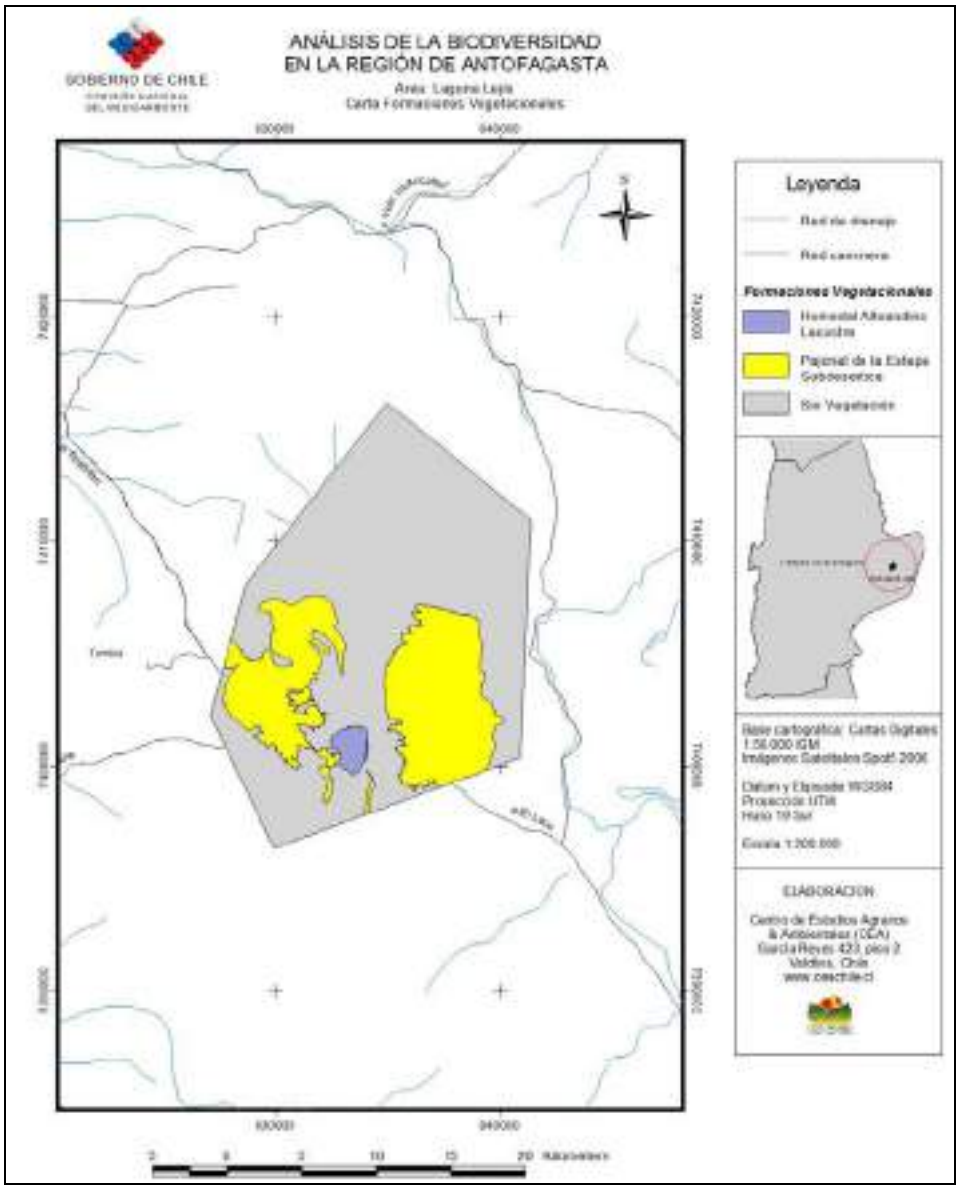


FIGURA 8-1. DISTRIBUCIÓN DE LAS FORMACIONES VEGETACIONALES EN LAGUNA LEJÍA.

Valor de Importancia del ambiente (Vimp)

Está determinado por la sumatoria de las riquezas de flora y fauna, número de especies endémicas y número de especies amenazadas de cada una de las áreas identificadas en el sitio Laguna Lejia. De acuerdo a los valores resultantes, se determinó una jerarquía de las unidades cartográficas homogéneas como de alto valor, medio valor, bajo valor y sin información (n/a), cada variable fue explayada en los capítulos respectivos de flora y fauna. La expresión territorial de esta asignación se presenta en la siguiente figura.

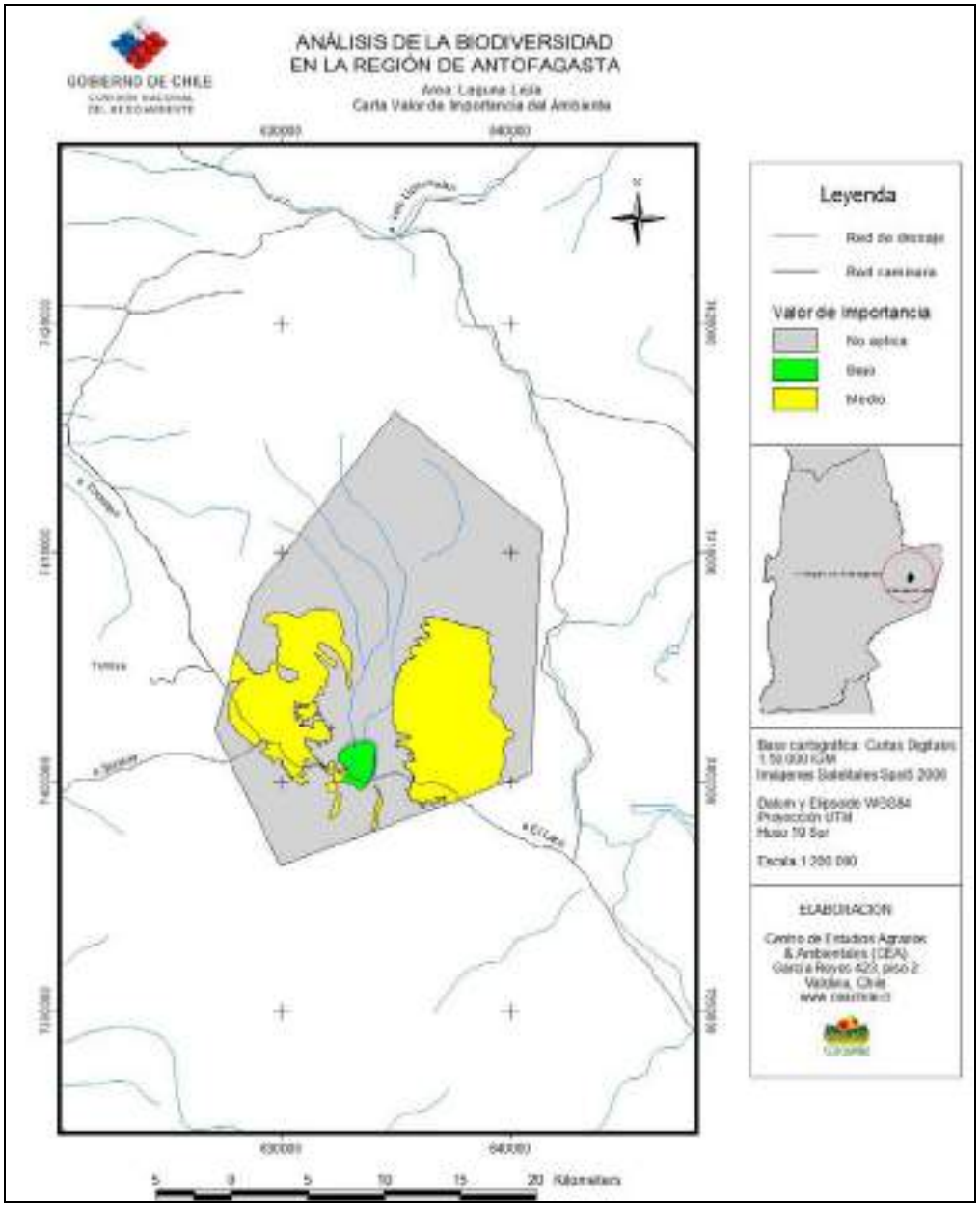


FIGURA 8-2. MAPA DE VALOR DE IMPORTANCIA DEL AMBIENTE.

Valor de protección Jurídica (Vp)

Se expresaron territorialmente 20 normas existentes en Chile en relación a la protección ambiental del sitio de estudio. El resultado fue un mapa de ponderaciones donde en cada área se cruzaban las distintas normas. De este modo se determinaron las áreas de alta protección legal, media protección legal, baja protección legal y sin información.

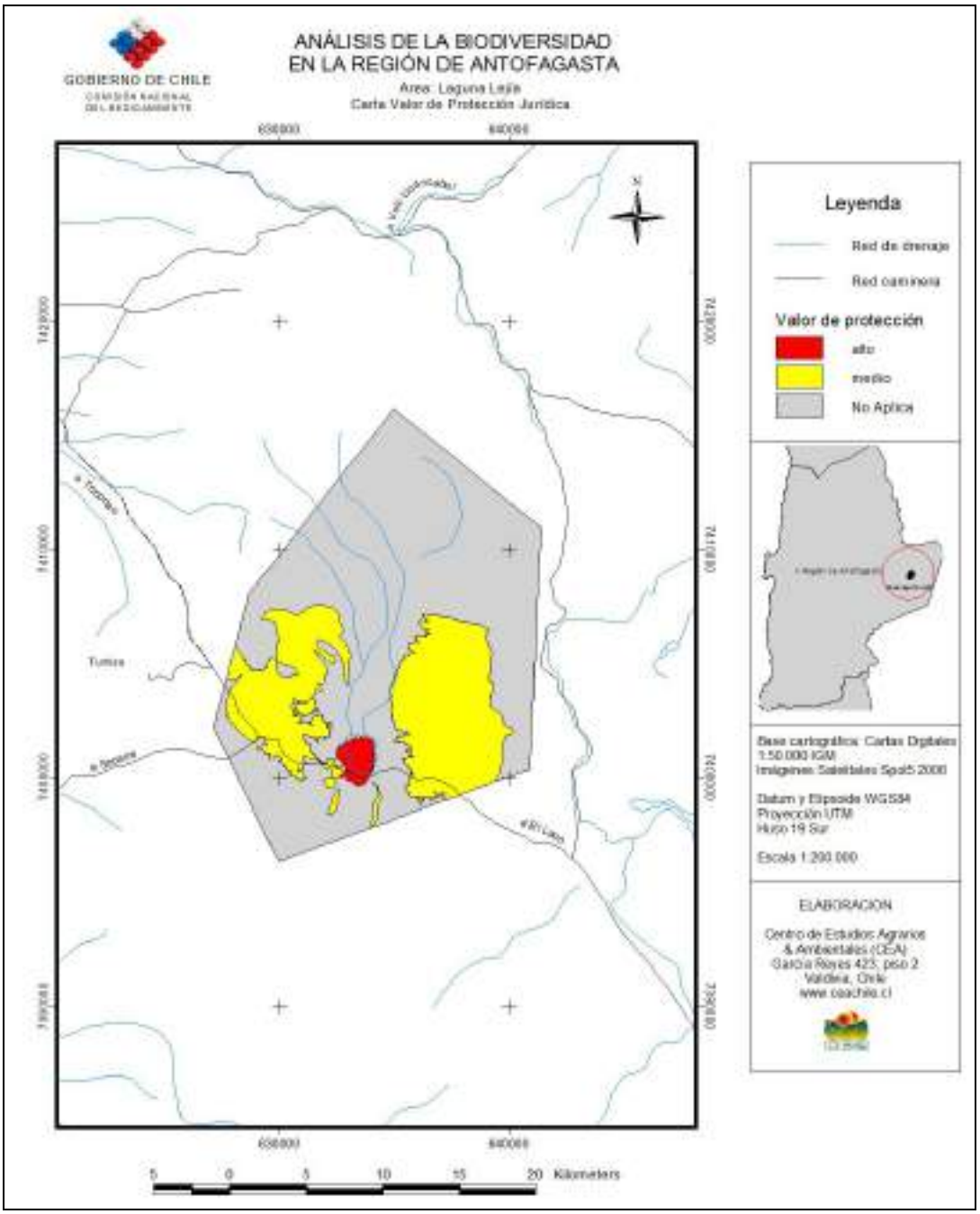


FIGURA 8-3. MAPA DE PROTECCIÓN LEGAL.

Valor de Amenazas (Va)

El valor de amenazas se construyo en base a los usos actuales y potenciales registrados en el área de estudio, tanto mediante el relevamiento de la información como en las encuestas aplicadas. También se definieron tres niveles de amenaza; áreas de alta amenaza, media amenaza, baja amenaza y sin información.

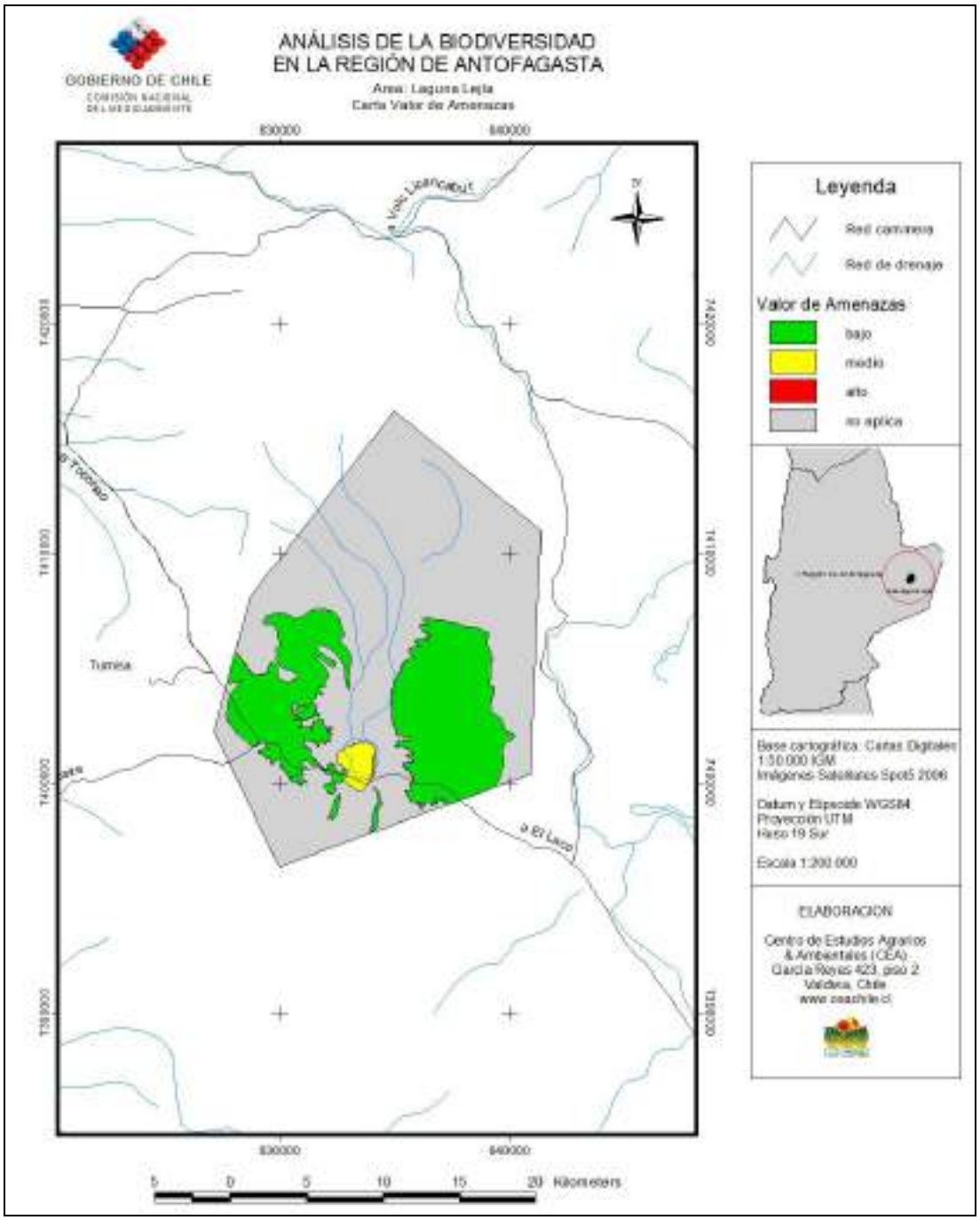


FIGURA 8-4. MAPA DE AMENAZAS.

3. PLANIFICACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN

La forma de integrar la información recopilada se simplifica al conocer a priori las potencialidades de uso, expectativas y uso del espacio actual que posea el área de estudio. La idea de simplificar y sistematizar la información recopilada anteriormente, representa sólo el primer paso de la zonificación. Estas capas representan las secciones complementarias del objetivo final, el territorio ordenado de acuerdo a parámetros ambientales, sociales y económicos, los cuales presentan énfasis evaluables en distintos escenarios.

Para integrar los tres parámetros presentados anteriormente se desarrolló un modelo de Overlay Aritmético entre las distintas variables. Para ello, las variables de estos factores (bajo, medio y alto) fueron sumativas, mediante la asignación de valores 1, 2 y 3 respectivamente arrojando áreas que obtienen como resultado un valor numérico de acuerdo a la sumatoria del proceso de overlay. La valoración se obtendrá en formato GRID de 5 x 5 m. Esta valorización del overlay se realiza utilizando el Módulo ModelBuilder de ArcView generando un algoritmo que traduce los formatos de la información geográfica y realiza los procesos de acuerdo al siguiente diagrama de proceso-resultado.

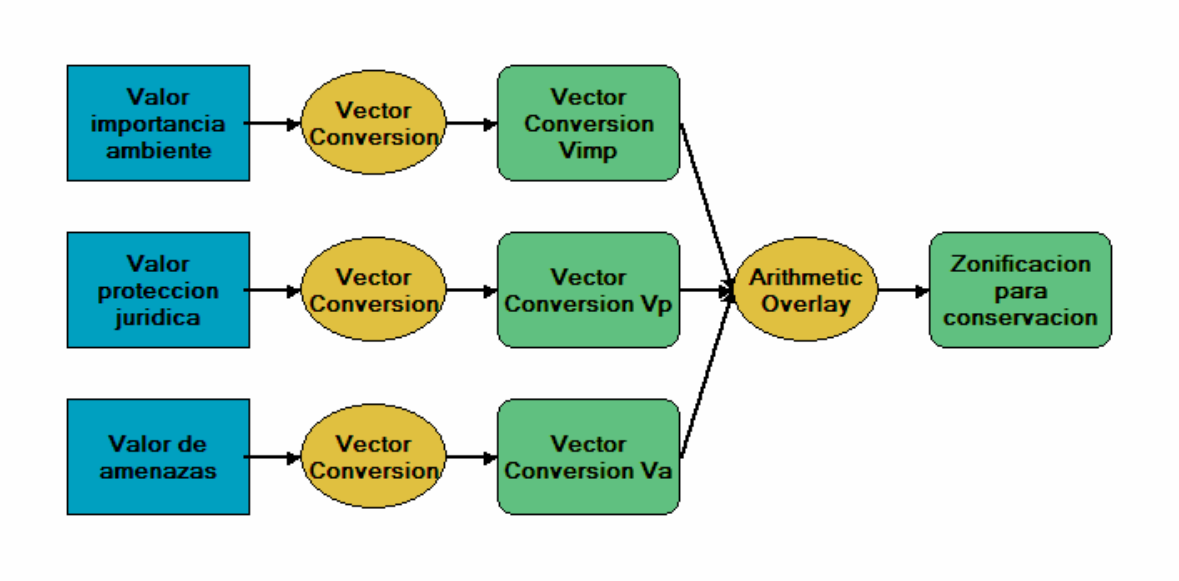


FIGURA 8-5. ALGORITMO DEL PROCEDIMIENTO DE OVERLAY.

Para generar las capas los valores numéricos se debe establecer el valor numérico de cada variable en cada cobertura, antes de proceder al modelo de overlay. Para ello, se utiliza una tabla de asignación que distribuye la sumatoria según el procedimiento gráfico detallado en el algoritmo de la Fig. 8-5. Esta tabla es presentada en la Fig. 8-6.

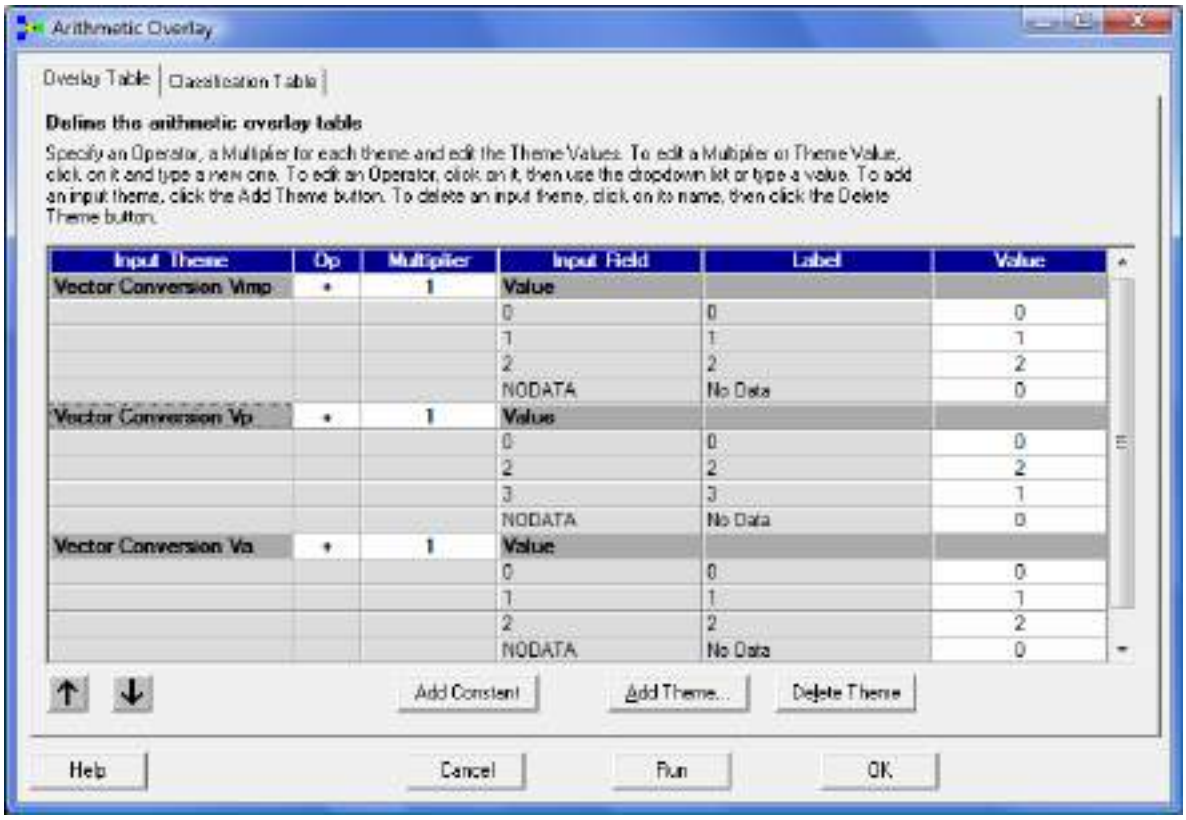


FIGURA 8-6. ASIGNACIÓN DE VALORES POR CATEGORÍA EN EL PROCEDIMIENTO DE OVERLAY.

4. RESULTADOS

Según el procedimiento, se obtiene una capa en formato GRID con los puntajes por área obtenidas del overlay de todas las variables consideradas. Con el énfasis en la conservación y uso sustentable de los recursos de Laguna Lejía, los resultados de mayor puntaje corresponden a aquellos con mayor prioridad de conservación, tal como se presenta en la Figura 8-7, en la que se observa que el resultado cartográfico arroja tres niveles de prioridad para la conservación en el sitio Laguna Lejía, esto según los valores de importancia obtenidos. Estos son Muy bajo (13.324 ha), Medio (259 ha) y Alto (5.323 ha).

Se observa que el área correspondiente al humedal altoandino lacustre obtiene la mayor prioridad para la conservación, correspondiendo su valor de importancia (según los cálculos realizados para los tres sitios en estudio) al rango de alta prioridad para la conservación, mientras que los pajonales de estepa subdesértica poseen media prioridad. El resto del área involucrada posee los menores puntajes.

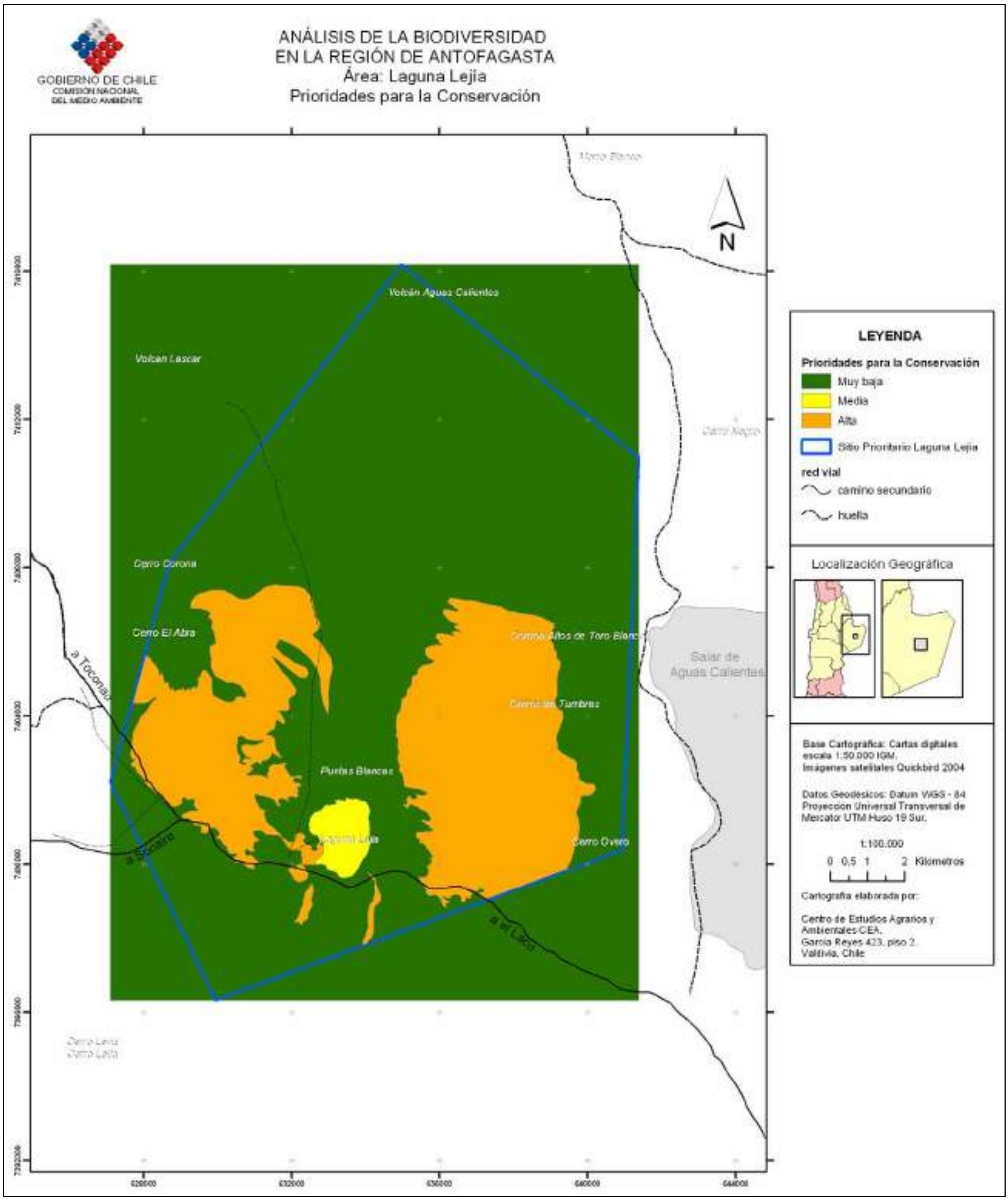


FIGURA 8-7. RESULTADO DEL PROCEDIMIENTO DE ZONIFICACIÓN.

El área presenta altos valores de prioridad para la conservación según la metodología utilizada. El alto puntaje obtenido por las formaciones de pajonal y humedal dentro de esta área contrastan con los bajos y medios niveles de amenaza presentes y determinados por el estudio. Sin embargo, se deben considerar los bajos valores de protección legal existentes en el área y altos valores de importancia de los ambientes, los que están determinados por la alta riqueza de especies y presencia de endemismos. Los mayores índices de amenaza registrados en este sitio corresponden justamente a la extracción de agua, lo que se encuentra corroborado por las solicitudes de uso que existen sobre el recurso, cuyas consecuencias podrían ser lapidarias para los ambientes acuáticos existentes. Sin embargo, la protección legal especifica mayor aplicabilidad de la normativa existente hacia este recurso que a los aledaños.

La baja protección legal del territorio común de Laguna Lejía proviene de la escasa adecuación, seguimiento y respeto de la normas nacionales hacia la normativa internacional acreditada por Chile con respecto al medioambiente, especialmente en lo que se refiere a los recursos hídricos. Este hecho se suma al alto número de servicios públicos vinculados a este tema, pero pocos de ellos poseen capacidad fiscalizadora y técnica para un resguardo adecuado. De hecho, la escasa posibilidad de coordinación entre ellos resulta en un descuido general. Sin duda que para mejorar este acápite se requiere de estudios que fundamenten la relevancia del sitio en un contexto local, regional y nacional, y que valoricen la relevancia de los recursos hídricos locales y su importancia en el desarrollo de la biodiversidad.

La Figura 8-8 presenta la proporción en prioridades de conservación dentro de cada uno de los tres sitios estudiados; Laguna Lejía, Alrededores del Volcán Licancabur y Geisers del Tatio. En Laguna Lejía, un 70% de la superficie mantiene una muy baja prioridad, y sólo un 28% de la superficie es considerada como de alta prioridad. Esto hace que sea el sitio con un menor balance general, comparado con Alrededores del Volcán Licancabur con prioridades en las categorías de muy alta (74%) y alta (2%) y el sitio Geisers del Tatio con un 99% de su superficie en la categoría de alta prioridad para la conservación.

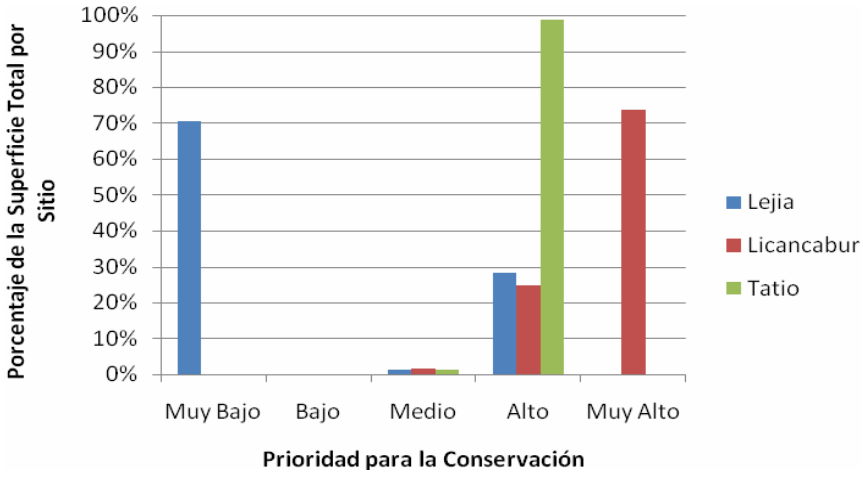


FIGURA 8-8 PRIORIDADES DE CONSERVACION PARA TRES SITIOS DEL ALTIPLANO

CAPÍTULO IX
PROGRAMAS DE MANEJO

CAPÍTULO IX PROGRAMAS DE MANEJO

1. INTRODUCCIÓN

Los programas de manejo son los elementos de acción donde se definen los lineamientos, directrices, actividades, normas y requerimientos de cada componente de manejo del área objetivo. Estos programas definen las actividades, infraestructura y normas a ser implementadas en cada una de las zonas definidas en el proceso previo de zonificación (Oltremari & Thelen 1999). Los programas de manejo aquí presentados, contienen las actividades a realizar al interior del área de conservación aunque en algunos casos su influencia se extiende más allá de sus límites. Los programas de manejo deben estar en concordancia con los objetivos estratégicos definidos para el área de conservación, los que en este caso se han definido preliminarmente como sigue:

Proteger los ecosistemas representativos y objetos de conservación de presiones antrópicas generadoras de perturbaciones.

Investigar tópicos prioritarios vinculados con área de conservación.

Sensibilizar, educar y concientizar a la población local, visitantes y actores clave sobre la importancia de los ecosistemas existentes en el área prioritaria de conservación.

Promover el manejo sustentable de los recursos existentes en el área prioritaria de conservación.

Recrear a los visitantes en las áreas adecuadas y establecidas para ello en el área prioritaria de conservación.

Debido a la estrecha relación espacial y ecológica de las tres áreas de estudio del sector andino, se desarrollarán los programas de manejo de modo integrado, indicando las especificidades cuando corresponda. A continuación se presentan los programas de manejo propuestos, con una breve descripción, sus objetivos y principales actividades.

2. PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE MANEJO

2.1. Programa de protección de ecosistemas representativos

Este programa comprende las actividades necesarias para la conservación de los ambientes de mayor valoración, de las prioridades ecológicas y de las especies focales de las tres áreas de estudio, y considera los siguientes objetivos y actividades particulares para Laguna Lejía:

a) Objetivos

- Garantizar la integridad del pajonal de la estepa altoandina subdesértica de la puna de Atacama (laguna Lejía)
- Garantizar la integridad de los humedales asociados al área de estudio, los humedales altoandinos lacustres de laguna Lejía.

b) Actividades

- Incluir, por continuidad geográfica, el área de laguna Lejía a la Reserva Nacional Los Flamencos, como un nuevo sector.
- Incluir el salar de Aguas Calientes II, como área protegida, por su estrecha vinculación hidrológica con laguna Lejía.

2.2. Programa de investigación

El Programa de investigación complementará la información existente en este estudio y llenará los vacíos de antecedentes, de manera de establecer el conocimiento suficiente para entender y manejar las áreas de estudio. Este programa de investigación cruza transversalmente varios de los programas propuestos, ya que establece el conocimiento base para los programas de protección e interpretación del patrimonio.

a) Objetivo

- Generar conocimiento para los programas de protección e interpretación del patrimonio.

b) Actividades (tópicos de investigación)

- Determinar la relación ecológica entre las tres especies de flamencos y el plankton de laguna Lejía, para establecer su importancia como área de alimentación de estas especies
- Establecer la sistemática de micromamíferos registrados en el área, especialmente el grupo filotino.
- Estudiar la dieta del suri en diferentes ambientes de las tres zonas de estudio, ya que sus poblaciones están, en apariencia, recuperándose en las últimas décadas.
- Análisis biogeográfico integrado de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Modelamiento de especiación de plantas y animales de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Determinar el efecto de la diagonal árida sobre las plantas de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Revisar y determinar los estados de conservación de plantas y vertebrados de la zona andina de la provincia de El Loa.

2.3. Programa de interpretación ambiental

La educación ambiental posibilita las vías de comprensión de los procesos y componentes de la naturaleza, así como de los problemas multidimensionales causados por el ser humano. Ayuda a fortalecer una ética ambiental que permita modificar las actitudes que no contribuyen a la sustentabilidad de los sistemas socioeconómicos y a la responsabilidad para con las generaciones futuras. Las tres áreas de estudio presentan enormes e importantes recursos educativos e interpretativos para los visitantes. Por otro lado la interpretación es el arte de

explicar el lugar del hombre en su medio, con el fin de incrementar la conciencia del visitante acerca de la importancia de esa interacción, y despertar en él un deseo de contribuir a la conservación de su ambiente (Aldridge 1973).

Edwards (1976) indica que la interpretación posee cuatro características que hacen de ella una disciplina especial: es comunicación atractiva, ofrece una información concisa, es entregada en presencia del objeto en cuestión y su objetivo es la revelación de un significado. Peart (1977) agrega que la interpretación es un proceso de comunicación diseñado para revelar al público significados e interrelaciones de nuestro patrimonio natural y cultural, a través de su participación en experiencias de primera mano con un objeto, artefacto, paisaje o sitio. Desde otro ángulo Rideout-Civitarese et al. (1997) definen la interpretación como una actividad de comunicación diseñada para mejorar la calidad de la experiencia recreativa del visitante, y para inspirar, de una forma agradable, un mayor aprecio por el recurso. Finalmente Morales (2000) sintetiza que la interpretación del patrimonio es el arte de revelar in situ el significado del legado natural, cultural o histórico, al público que visita esos lugares en su tiempo libre.

a) Objetivos

- Fomentar una ética de conservación hacia el patrimonio natural y cultural en los habitantes y visitantes de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Desarrollar un programa interpretativo del patrimonio de la zona andina de la provincia de El Loa.
- Ayudar al público objetivo a comprender y valorar el patrimonio natural y cultural de la zona andina de la provincia de El Loa.

b) Actividades

- Evaluar la zona para su uso interpretativo patrimonial, incluyendo Talabre Viejo, localidad camino a laguna Lejía
- Reconstruir la historiografía del transito de ganado y el rol de laguna Lejía en esas actividades.
- Rescate de conocimiento local, especialmente de la etnobotánica, así como del conocimientos y usos de la fauna nativa del lugar. Recuperar los nombres en kunza de la biodiversidad del lugar.
- Desarrollar un programa de interpretación del patrimonio focalizado en áreas claves (e.g., camino Talabre a laguna Lejía)

2.4. Programa de monitoreo de la biodiversidad

Frente a la incertidumbre generada por el desconocimiento y la escasa capacidad predictiva sobre la respuesta de los ecosistemas a nuestras acciones de manejo, surgen los siguientes conceptos: (a) manejo de ecosistemas, integra las visiones económicas, sociales y ecológicas involucradas en la toma de decisiones por parte de los distintos componentes de la sociedad frente a un problema ambiental, y (b) monitoreo, como una de las herramientas de mayor

proyección en el ámbito de la ecología aplicada, como una nueva forma de detectar a tiempo cambios no deseados en los ecosistemas (Rochelle 1994, Hellawell 1995, Gil 2002).

Monitoreo es el reconocimiento intermitente (regular o irregular) realizado para asegurar el grado de cumplimiento con un estándar determinado o el grado de variación de una norma definida, y asume que ya poseemos una idea, aunque sea vaga, de los resultados a obtener, siendo su principal propósito el fijar límites y decidir qué acciones deben efectuarse al comprobar el traspaso de estos límites (Spellerberg 1994, Goldsmith 1995, Hellawell 1995).

El monitoreo biológico y ecológico tiene un importante rol en el manejo tendiente a la conservación de las poblaciones de plantas y animales. Si no monitoreamos los cambios en las comunidades, los cambios en el estatus de las especies, el efecto de la pérdida de hábitat, tendremos escasa información en la cual basar buenas prácticas conservacionistas.

Lo aquí propuesto es un esquema de monitoreo ya que la implementación de un programa de monitoreo debe hacerse en el contexto de un programa de manejo, el que tiene tres objetivos principales: monitorear el cumplimiento del programa, es decir verificar el progreso; indicar si el manejo está alcanzando la productividad y/o los resultados esperados; y recopilar y proporcionar nueva información continuamente para actualizar y revisar el plan, y decidir sobre las futuras acciones (Gil 2002).

a) Objetivos

- Monitoreo de especies de vertebrados focales

b) Actividades

- Monitorear suris y vicuñas en las tres áreas y los tres flamencos en laguna Lejía. Para el suri y vicuña se deberán hacer censos identificándolos en clases de edad y sexo georeferenciando los registros, integrando la información en un SIG. Los flamencos podrán ser censados fácilmente desde laguna Lejía de manera mensual. En cada caso se deben determinar parámetros de abundancia y densidad (individuos/km2).

2.5. Programa de monitoreo socio ambiental

La implementación de un monitoreo en el contexto de un programa de manejo tiene tres objetivos principales: verificar el progreso del programa; indicar si la implementación está alcanzando los resultados esperados; recopilar y proporcionar nueva información para actualizar, revisar los programas y decidir sobre las futuras acciones. Es necesario, previo a su instauración, tener claridad en al menos cuatro puntos básicos: propósito, método, análisis e interpretación del programa de monitoreo (National Research Council 1986, Horton et al. 1993, Usher 1995, Gil 2002). Al proporcionar una retroalimentación en el tiempo, un sistema de monitoreo permite mejorar la implementación de las actividades en curso o hacer ajustes en los planes y diseños de investigación, para decidir si la actividad debe continuar como se ha planificado, si deben hacerse cambios importantes en las metas o en los planes, o si debe concluirse (Murphy & Noon 1991, Horton et al. 1993). Hecho de manera correcta, un programa de monitoreo proporciona índices continuos de calidad que pueden señalar degradación o recuperación de un sistema (National Research Council 1986).

La incorporación de la dimensión social en los programas de monitoreo obedece a la necesidad de generar información confiable y objetiva acerca de los posibles impactos que la implementación de iniciativas en el área de estudio puedan generar en el aspecto social, para lo cual se deben desarrollar actividades de monitoreo en la comunidad que permitan realizar un seguimiento constante, desarrollando indicadores sociales que posibiliten medir cambios en estos aspectos (e.g., acceso a recreación, acceso a la información y el conocimiento a través de los programas de educación e interpretación ambiental, cambios actitudinales hacia el medio ambiente, valoración del patrimonio). En el diseño del programa de monitoreo socio-ambiental se deben considerar tres aspectos principales: (a) Monitoreo del estado de conservación del patrimonio natural y cultural. (b) Monitoreo de impactos sociales de la implementación de las iniciativas en el área de estudio y de las medidas de conservación adoptadas. (c) Seguimiento o control de gestión, que considera la evaluación de los principales avances de la ejecución de los programas de manejo, con instrumentos ad hoc para cada uno de los aspectos a considerar, así como la sistematización de los aprendizajes.

a) Objetivos

- Seleccionar y aplicar indicadores ambientales para la zona andina de la provincia de El Loa
- Desarrollar indicadores de impactos sociales de la implementación de iniciativas en la zona andina de la provincia de El Loa
- Evaluar la gestión de los programas de manejo, adecuando sus actividades según el resultado del monitoreo.

b) Actividades

- Elaborar una matriz lógica de actividades y resultados
- Elaborar y aplicar un plan de monitoreo
- Análisis periódico de los resultados

3. HORIZONTE TEMPORAL Y NIVEL DE URGENCIA

Se entrega en la siguiente Tabla las sugerencias de temporalidad, horizonte de tiempo que es factible ejecutar las actividades y el nivel de urgencia, o prioridad de la actividad (clases: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo).

PROGRAMA	ACTIVIDAD	HORIZONTE	NIVEL DE URGENCIA
Protección de ecosistemas representativos	Incluir, por continuidad geográfica, el área de laguna Lejía a la Reserva Nacional Los Flamencos, como un nuevo sector.	1 año	muy alto
	Incluir el salar de Aguas Calientes II, como área protegida, por su estrecha vinculación hidrológica con laguna Lejía.	1 año	muy alto
Investigación	Determinar la relación ecológica entre las tres especies de flamencos y el plankton de laguna Lejía, para establecer su importancia como área de alimentación de estas especies	1,5 años	alto
	Establecer la sistemática de micromamíferos registrados en el área, especialmente el grupo filotino.	1 año	alto
	Estudiar la dieta del suri en diferentes ambientes de las tres zonas de estudio, ya que sus poblaciones están, en apariencia, recuperándose en las últimas décadas.	1 año	alto
	Análisis biogeográfico integrado de la zona andina de la provincia de El Loa.	2 años	medio
	Modelamiento de especiación de plantas y animales de la zona andina de la provincia de El Loa.	1 año	medio
	Determinar el efecto de la diagonal árida sobre las plantas de la zona andina de la provincia de El Loa.	1 año	bajo
	Revisar y determinar los estados de conservación de plantas y vertebrados de la zona andina de la provincia de El Loa.	3 meses	muy alto
Interpretación ambiental	Evaluar la zona para su uso interpretativo patrimonial, incluyendo Talabre Viejo, localidad camino a laguna Lejía	6 meses	alto
	Reconstruir la historiografía del transito de ganado y el rol de laguna Lejía en esas actividades.	6 meses	medio
	Rescate de conocimiento local, especialmente de la etnobotánica, así como del conocimientos y usos de la fauna nativa del lugar. Recuperar los nombres en kunza de la biodiversidad del lugar.	6 meses	muy alto
	Desarrollar un programa de interpretación del patrimonio focalizado en áreas claves (e.g., camino Talabre a laguna Lejía)	6 meses	muy alto
Monitoreo de la biodiversidad	Monitorear suris y vicuñas en las tres áreas y los tres flamencos en laguna Lejía. Para el suri y vicuña se deberán hacer censos identificándolos en clases de edad y sexo georeferenciando los registros, integrando la información en un SIG. Los flamencos podrán ser censados mensualmente.	continuo	muy alto
Monitoreo socio ambiental	Elaborar una matriz lógica de actividades y resultados	6 meses	alto
	Elaborar y aplicar un plan de monitoreo	6 meses	alto
	Análisis periódico de los resultados	continuo	alto

CAPÍTULO X
ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN

CAPÍTULO X ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos específicos del estudio en ejecución, es diseñar material de difusión de la información obtenida de los sitios prioritarios, con el propósito de dar a conocer y relevar los objetos que presenten características singulares respecto a su categoría de conservación, taxonomía, atractivo turístico, belleza escénica, geología, valor cultural y arqueológico, entre otros. En base a estos objetos singulares, se han desarrollado seis productos, que contribuyen a la divulgación amplia de los aspectos naturales del sitio Laguna Lejía, como sitio prioritario para su conservación en el marco de la Estrategia Regional de Conservación de la Biodiversidad de la Región de Antofagasta. Se pretende así, motivar el conocimiento y la puesta en valor de este territorio, especialmente los que se relacionan con los componentes de biodiversidad del sitio, las particularidades de su emplazamiento y los procesos geológicos que determinan su condición actual.

Se ha focalizado como público objetivo de esta estrategia de difusión a los establecimientos educacionales de la comuna de San Pedro de Atacama, en particular, y las escuelas de la región en general, con especial énfasis en aquellas escuelas certificadas ambientalmente o en proceso de serlo, sin perjuicio de otros establecimientos u actores que quisieran participar de este programa de difusión.

2. PRODUCTOS CONTENIDOS EN LA ESTRATEGIA

2.1. Síntesis patrimonial del sitio Laguna Lejía

Este documento reúne a modo de síntesis variados antecedentes del área provenientes tanto de fuentes secundarias, como de la información obtenida mediante las investigaciones en terreno en la realización del estudio de biodiversidad. Se proporciona información sobre los accesos al sitio, una descripción de la laguna misma y sectores relevantes adyacentes, clima, aspectos geológicos y geomorfológicos, ecosistemas asociados al sitio y la biodiversidad contenida. También se entregan antecedentes culturales asociados al sitio especialmente vinculados con la etnia atacameña y los usos históricos que se han realizado sobre los recursos del área.

2.2. Portal web

La página web cuenta con un portal de inicio en donde se entrega información general para las cinco áreas estudiadas, pudiendo ser desplegada desde los botones ubicados en la parte superior de la página (desde donde se podrá tener acceso a la información generalizada para los cinco sitios) encontrándose los siguientes botones:

1. "inicio" (lleva al inicio de la pagina),
2. "patrimonio cultural" (donde es posible apreciar de forma sintética el patrimonio cultural de los sitios),

3. "patrimonio natural" (abarca la flora y fauna en forma de lista general de especies presentes en cada sitio),
4. "videos" (donde es posible observar los videos generados para cada sitio),
5. "galería" (muestra una galeria de selección fotográfica para cada sitio),
6. "vínculos en la web" (muestra un compilado de direcciones web relacionadas con la biodiversidad y con los sitios bajo estudio).

Los botones al lado izquierdo de la página, llevan a cada uno de los sitios. Al pinchar se desplegará otro menú que permite tener acceso inmediato a los temas en específico para cada sitio. Dicho menú se repite para cada uno de los sitios.

Los botones de este menú son los siguientes:

Mapa del sitio: direcciona a un mapa referencial para cada zona (Turistel) en donde es posible pinchar y seleccionar en el sitio específico para ver con mejor detalle a través de un enlace con Google-Earth, desplegando una imagen híbrida de fotos satelitales con mapas camineros.

Generalidades del sitio: direcciona a aspectos que muestran a nivel general el área a visitar, tales como la ubicación, clima, geomorfología, entre otros.

Patrimonio cultural: muestra en específico el patrimonio cultural para cada sitio.

Ecosistemas: muestra los distintos ecosistemas presentes en cada sitio.

Flora: muestra una lista detallada de las especies de flora presentes en el sitio enlazando con imágenes de la galería fotográfica.

Fauna: muestra una lista detallada de las especies de fauna presentes en el sitio enlazando con imágenes de la galería fotográfica.

Educación ambiental: enlaza con los materiales desarrollados para la educación ambiental (e.g., cartillas, diaporamas).

2.3. Árchivo fotográfico digital

Compuesto de 162 imágenes. El álbum está divido en cuatro secciones flora, fauna, paisaje y misceláneos, con imágenes de la flora y fauna más característica del área de estudio, paisajes y lugares de interés. Las imágenes están en formato jpg y se entregan en el CD adjunto al presente informe.

2.4. Diaporamas sobre flora y fauna

A partir de la flora vascular y algunos vertebrados registrados fotográficamente en Laguna Lejía y sus alrededores, se confeccionaron dos diaporamas. El de flora contiene los rasgos morfológicos y reproductivos más conspicuos de 24 especies descritas para el área. El álbum fotográfico detalla información como el nombre científico, nombre vulgar (cuando corresponda), el ambiente al que pertenecen y singularidades asociadas a su origen fitogeográfico. Se

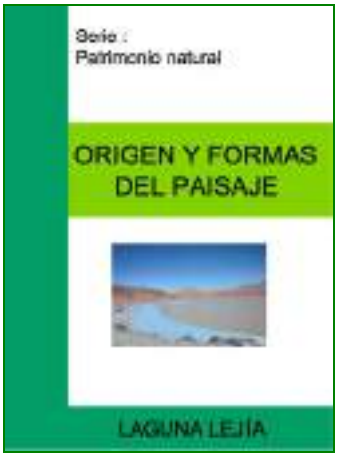
incluyeron además, a modo de introducción, aspectos ecológicos generales de cada uno de los ambientes presentes e información relevante desde el punto de vista del valor de importancia de la biodiversidad contenida en el lugar, así como un mapa de acceso y ubicación del sector. El de fauna contiene las especies más representativas de vertebrados, con sus nombres científicos y vulgares. Se muestran tablas de síntesis de todos los vertebrados presentes.

2.5. Video promocional

El video promocional son imágenes digitales editadas y están diseñados para ser utilizados en la difusión de los sitios estudiados, los cuales contienen vistas del área, tomas de fauna y flora con nombres comunes y científicos para su identificación, así como también se identifican los distintos ambientes que aparecen en las imágenes. Se acompaña de música de los grupos Inti Illimani y Altiplano. El video se entrega en dos formatos (MOV, en alta definición y formato para su reproducción en web). La duración es de 6,59 minutos.

2.6. Cartillas educativas

Son tres cartillas editadas como una serie patrimonial. Cada una consta de al menos ocho páginas y se presentan en un formato de 21 x 25 cm. Reúnen la información obtenida de las prospecciones de biodiversidad realizadas en el área de estudio, información secundaria y aspectos relevantes acerca de la flora, fauna, el origen y la geomorfología del territorio. Las cartillas están dirigidas a todo público, pudiendo ser orientadas a grupos objetivos determinados dependiendo de los objetivos de difusión que se quiera abordar. En principio se presentan como material de apoyo al docente asociado a la propuesta educativa que se acompaña al presente informe. Igualmente pueden ser utilizadas por personas que quieran conocer elementos de la fauna y flora nativa y aprender a identificar algunas de sus especies. La versión de formato pdf de cada cartilla se entregan en el CD adjunto al presente informe.



Fauna de Laguna Lejía. Describe las especies de vertebrados más característicos encontradas durante las prospecciones de biodiversidad en los dos ambientes identificados en el área, el pajonal de la estepa subdesértica de la puna de Atacama y el humedal asociado a la laguna. Entrega una descripción de sus características principales y hábitos, su nombre vulgar y científico de modo que se las pueda reconocer en terreno. Además exhibe las especies con problemas de conservación y los endemismos .

Vegetación de Laguna Lejía. Describe el ambiente desértico y las particularidades de la vegetación adaptada a estas condiciones. Se presentan una descripción de las especies más conspicuas en los dos ambientes relevantes, sus usos actuales y ancestrales y las que presentan algún grado de amenaza a su conservación

Origen y formas del paisaje. Describe el paisaje y las principales unidades geomorfológicas del área, con especial referencia a su origen y las particularidades hidrológicas tanto del área como de la laguna.

3. PROPUESTA EDUCATIVA

3.1. Introducción

Según los datos del MINEDUC, la población total de estudiantes de la Comuna de San Pedro de Atacama, en el año 2005, era de 764 alumnos y alumnas, distribuidos según nivel de educación y dependencia, como se muestra en la siguiente Tabla.

Nivel educacional	Municipal	Particular pagado	Particular subvencionado	Total
Educación Parvularia	79			79
Educación Especial				
Educación Básica niños	54			54
Educación Media niños	141			141
Educación Básica adultos				
Educación Media adultos				
Totales	764			764

Una de las formas de poner en valor los recursos patrimoniales, tanto naturales como culturales, es a través de actividades educativas que incorporen elementos propios del entorno de los estudiantes vinculados a los objetivos educativos propuestos en el currículo escolar. Esto permite, además de dar a conocer los recursos naturales y patrimoniales, generar en los alumnos actitudes positivas hacia su entorno, en la medida que se apropian de su identidad y aumentan la valoración de éste. Para abordar este objetivo se propone desarrollar en las escuelas una estrategia de difusión que incluya al menos una unidad didáctica para cada curso nivel, tanto en enseñanza básica como media, que contenga temas referidos a la flora, fauna,

geomorfología y patrimonio cultural de la región; estos temas estarán vinculados a los contenidos curriculares dispuestos por el Ministerio de Educación.

Esta propuesta educativa, pretende entregar sugerencias para trabajar en dos ámbitos: (a) Educación Formal (especialmente en Educación Básica y Media de niños) y (b) Educación No Formal (con grupos organizados que deseen realizar los planes y proyectos propuestos).

3.2. Educación formal

Para abordar la propuesta educativa en la educación formal se propone la utilización de los materiales de difusión ya descritos, los que servirán de material complementario y de consulta, además de la elaboración de los siguientes materiales, para ser utilizados por los docentes y alumnos:

Fichas de Trabajo de Aula para el docente

Este material servirá para que los docentes puedan tener una sugerencia concreta con la cual trabajar en el aula. Cada ficha debe incluir:

- Objetivos Fundamentales a trabajar.
- Sector de aprendizaje.
- Curso.
- Contenidos, aprendizaje esperado e indicadores.
- Sugerencia metodológica (que incluye actividades, materiales, tiempo y tipo de evaluación).
- Relación con otros subsectores.

Las fichas de trabajo de aula, deben ser sugerencias prácticas y sencillas. Idealmente, se debe trabajar cada Indicador en 1 o 2 clases. De manera de no interrumpir el resto de contenidos que deben ser trabajados por el curso. Evidentemente la idea de las fichas, es que cada temática de los Indicadores tenga directa relación con los antecedentes de la comuna de San Pedro de Atacama y el sitio Laguna Lejía. En el Anexo 10-1 se incluyen dos fichas tipo a modo de ejemplo.

Fichas de trabajo para los alumnos

Es el complemento de la ficha de trabajo de aula del docente.

Estas fichas son el material concreto con el cual los alumnos desarrollaran sus actividades de aprendizaje. En la ficha, se debe indicar claramente:

- Curso al que está dirigida la actividad.
- Subsector a trabajar.
- Contenidos, aprendizaje esperado e indicador.
- Pauta de evaluación de la actividad.

Las instrucciones deben ser claras. Todas las fichas de trabajo pueden ser reunidas en una cartilla. En el Anexo 10-2 se incluyen dos fichas tipo a modo de ejemplo.

Material para trabajo en el aula

Este material complementario, sirve para realizar el trabajo por parte del docente al momento de entregar los contenidos; o por parte de los alumnos, al desarrollar su trabajo. Como también, podría constituir material de difusión del proyecto. Éstos pueden ser: láminas, mapas, planos, moldes, cuestionarios, pautas de cotejo, dibujos, fotografías, presentaciones de power point, mini videos, grabaciones de sonidos, afiches, página web, software educativo, etc.

Jornada de capacitación de los docentes

Para dar a conocer el material (fichas de trabajo de aula del docente, fichas de trabajo de los alumnos y material para el trabajo de aula) y entregar las instrucciones de cómo se utilizan, se debe desarrollar una jornada, donde se instruya a los docentes. En esta jornada se debe tener todos los materiales indicados. Esta actividad, también serviría para conocer experiencias similares realizadas, que puedan servir de motivación y mejoramiento del mismo material, además de responder a las dudas de los docentes sobre el trabajo a realizar.

Temas a trabajar por curso y subsector

Para facilitar el trabajo de desarrollo de fichas del docente y fichas del alumno, se han seleccionado los aprendizajes esperados, contenidos e indicadores sobre los cuales se debe realizar las fichas de acuerdo al trabajo desarrollado en el proyecto. Los contenidos seleccionados, se extrajeron del software “Programas de Estudio. Educación Básica y Media. Formación General” (Ministerio de Educación de Chile). Si bien cada uno de estos aprendizajes, contenidos o indicadores, tiene relación con un sólo tema; al momento de desarrollar las actividades de aprendizajes, se están trabajando otras áreas del conocimiento, por lo que, por ejemplo, una actividad de naturaleza, implica redactar un texto y dibujar alguna especie, por lo tanto los aprendizajes de Lenguaje y Educación Artística, también se desarrollan. En el Anexo 10-3, se entrega la selección realizada.

3.3. Educación no formal

En el trabajo de educación no formal, se deberá utilizar el material elaborado para el trabajo en escuelas, liceos y colegios, eso sí, trabajado con dinámicas especiales, propias de la educación no formal. De igual manera, este tipo de material, podría ser utilizado en el trabajo de adultos, tanto en la educación formal, como en actividades de educación no formal. A continuación, se sugieren dos tipos de actividades.

Actividades semanales:

La idea es trabajar con grupos organizados, como: clubes, centros juveniles, grupos scouts, grupos de iglesia, etc; cualquier organización de niños, jóvenes que estén interesados en tratar el tema del conocimiento ambiental y cultural de su comuna. Para ello, cualquier docente capacitado en las jornadas indicadas en el ítem educación formal, podría servir de monitor de las actividades. El material, sería el mismo indicado anteriormente. Las reuniones y/o sesiones de

trabajo, se podrían coordinar semanalmente. Por ejemplo el día sábado o domingo, con una duración de 3 horas. Estas jornadas, deben ser planificadas de tal manera, que se intercalen los contenidos a trabajar con actividades recreativas.

Actividades en campamento o jornada semanal:

También, se puede dar la situación que se reúnan todos los contenidos a trabajar y se realicen campamentos recreativos o jornadas semanales, donde el programa se base en la entrega de estos contenidos, es decir, en unos cinco días continuos. Estos campamento o jornadas, deben ser planificadas de tal manera, que se intercalen los contenidos a trabajar con actividades recreativas.

CAPÍTULO XI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO XI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES SITIO LAGUNA LEJÍA

En la región de Antofagasta existen dos grandes áreas de endemismo en cuanto a la flora, una de las cuales está asociada a la cordillera de los Andes, en esta última, y al norte de la comuna de San Pedro de Atacama, el nivel de endemismo es de 13,9% para Chile (especies que no están presentes en otro país) y 2,7% a nivel regional (especies que no están presentes en otras regiones de Chile). Los endemismos son igualmente importantes a nivel de la fauna, así, en Laguna Lejía el endemismo de vertebrados a nivel regional es del 2,4%. La macrozona altiplánica que abarca este estudio, presenta su mayor valoración debido a la diversidad ecológica que exhibe, esto es, la presencia de una alta variedad de ecosistemas, muy diferentes entre sí.

En estos ecosistemas únicos los niveles de endemismo son consecuencia de una serie de condiciones muy particulares: están sometidos a un grado de fragmentación al estar inmersos en una matriz desértica; están interrelacionados a través de los taxa con metapoblaciones, es decir con grupos de individuos que se mueven entre los fragmentos separados posibilitando la recolonización y el flujo génico; y es particularmente excepcional por sus adaptaciones a ambientes críticos. Los factores que condicionan estas características de la biodiversidad son: (a) aridez severa por una disponibilidad de agua escasa, estacional y cíclica en el corto, mediano y largo plazo; (b) sistemas hidrológicos en su mayoría endorreicos, dependientes de la precipitación estacional (invierno altiplánico) y cada ciertos años (ENSO) lo que condiciona la superficie de los humedales (e.g., lagunas, salares, bofedales) que concentran una gran parte de la biodiversidad; (c) gradientes de altitud, lo que caracteriza, no tanto a la fauna, pero sí a las comunidades vegetacionales especialmente por su relación con las gradientes térmicas.

En Laguna Lejía se registraron 29 especies de plantas vasculares agrupadas en dos asociaciones vegetales muy disímiles, la estepa subdesértica de la puna de Atacama y la vegetación del humedal altoandino asociado a la laguna. Si bien la diversidad de plantas vasculares no es alta es la esperada para el tipo de hábitat, destacándose la zona ribereña por su rol ecológico en la mantención del ensamble de aves acuáticas e invertebrados presentes en la laguna. Con respecto a la fauna dos aspectos destacan en Laguna Lejía, la riqueza específica de vertebrados tanto dentro de cada ambiente como entre ambos, lo cual indica que la fauna asociada a cada uno de ellos es particular para ese ambiente. Por otro lado se presenta una alta riqueza de especies de aves, las que, como se mencionó, se asocian a la laguna. Es particularmente relevante la presencia de las tres especies de flamencos distribuidos en Chile (de las cinco especies de flamencos existentes en el mundo) y que usan esta laguna en períodos de primavera – verano, como importante zona de alimentación. Desde el punto de vista biogeográfico los reptiles revisten alta importancia, asociado a este taxa en Lejía se encuentra la lagartija de Puritama. Dada la escasez de registros biológicos previos en Laguna Lejía se presume que nuevas expediciones en otras estaciones del año incrementen los registros de biodiversidad en el sitio.

Algunos aspectos generales de la diversidad biológica que deben destacarse, es el grado de endemismos. Esta particularidad refleja la historia evolutiva de las especies y las líneas adaptativas que han seguido para sobrevivir a los cambios ambientales que las han llevado a ser exitosas y a permanecer en el tiempo bajo las condiciones que actualmente se conocen. Esto es un tema crucial, si se considera la adversidad de las condiciones ambientales en el área. Por lo

tanto los endemismo le proporcionan un valor particular a la biodiversidad local. Los estudios de biodiversidad en Laguna Lejía revelan algunas particularidades, entre las que destacan la presencia de especies en **categorías de conservación**, las que representan comparativamente un porcentaje alto del total de especies. Así, en plantas, tres de las 29 especies de flora registradas, todas ellas pertenecientes al género *Nototriche* están en la categoría de Vulnerable. Con respecto a los mamíferos tres de las cinco especies de mamíferos se incluyen en alguna categoría de conservación según el Reglamento de la Ley de caza: *Vicugna vicugna* En Peligro a nivel nacional, *Ctenomys fulvus* Vulnerable y *Lycalopex culpaeus* Insuficientemente conocido. Con respecto a las aves una especie, *Pterocnemia pennata,* está en la categoría en Peligro, otras seis, *Chloephaga melanoptera*, *Larus serranus*, y los flamencos (*Phoenicopterus chilensis*, *P. andinus* y *P. jamesi)* están en la categoría de Vulnerable y una, *Attagis gayi* en la categoría Rara, según el Reglamento de la Ley de Caza.

En relación al **paisaje** de Laguna Lejía su calidad visual es en términos generales media sobresaliendo el paisaje asociado a la laguna y aquellos con cubierta vegetacional. Destaca la calidad del paisaje por sus vistas panorámicas sobre la laguna y su singularidad asociada a alto contraste cromático y brillo. En base a sus valores de fragilidad y calidad, la capacidad de uso el área se orienta hacia el turismo de bajo impacto y a la conservación, en ese sentido los componentes naturales especialmente relacionados con la avifauna y sumado a las particularidades a su geomorfología, geología y a la laguna Lejía propiamente tal refuerzan esta vocación de atractivo para el desarrollo del ecoturismo y controlarlo.

Con respecto a los **usos** y amenazas que se identifican sobre Laguna Lejía, éstas son de grado muy bajo, sin embargo este nivel de amenaza podría incrementarse en caso de un aumento en el flujo turístico y de visitantes no planificado, pero sobre todo si llegasen a existir demandas de uso del agua que pudieran afectar el volumen y la calidad de las aguas de la laguna, ya sea a través del uso directo o por extracción en otros sistemas interconectados a ella (e.g., Aguas Calientes, Miscanti).

En ese sentido los componentes del ecosistema que presentan la mayor vulnerabilidad son las aves acuáticas, pudiendo también la eventual caza ilegal generar impactos puntuales sobre ciertos componentes del ecosistema como la fauna de artiodáctilos. Las funciones y servicios ecosistémicos más sensibles a los impactos ambientales son la calidad del paisaje y el uso recreacional y turístico. Esto requerirá, ante un eventual aumento de la demanda de visita de este sitio, la implementación de herramientas de gestión adecuadas de modo que se garantice su conservación.

En el sitio Laguna Lejía los **objetos de conservación**, sobre los cuales debe focalizarse la conservación de la biodiversidad y la integridad ecosistémica son a) el pajonal de la estepa altoandina y b) los humedales altoandinos lacustres asociados a la laguna del mismo nombre. Así mismo los esfuerzos de conservación deben focalizarse sobre ocho especies, a saber dos de flora: *Calceolaria stellariifolia* y *Junellia tridactila* y seis de fauna: tuco tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), la chinchilla de cola corta *(Chinchilla brevicaudata)* que si bien no fue registrada en este estudio sí lo fue por estudios previos de modo que por su grado de amenaza sí se incorpora como objeto de conservación*,* la vicuña *(Vicugna vicugna),* y los flamencos *Phoenicoparrus andinus*, *Phoenicoparrus jamesi*, *Phoenicopterus chilensis*, además del suri *Pterocnemia pennata*.

Respecto a la protección legal, si se analizan los diversos componentes del ecosistema es posible constatar que existen 14 normas jurídicas que aplican a la conservación de los recursos

hídricos en diferentes aspectos y nueve normas que tendrían influencia sobre la conservación del pajonal de estepa subdesértica de la puna de Atacama. El sistema hídrico es el componente ambiental de mayor protección en relación a la cantidad de regulaciones que lo afectan.

Así, potencialmente existirían regulaciones suficientes que permitan un grado de resguardo de las condiciones ambientales de todos los sistemas abordados. Sin embargo, existen varias limitantes a ello ya que en su mayoría las regulaciones abordan sólo componentes del ecosistema pero no su dimensión integral. Otra de las grandes limitantes al resguardo de la integridad ecológica de los sistemas naturales está en la inexistencia de una correcta y clara adecuación interna de la normativa nacional a las normas y principios consagrados en los Tratados, Convenios y Protocolos Internacionales, menos aún una transversalización de estos principios; la ausencia de manifestaciones reales del Principio de Precaución (ya que, si bien el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental posee una orientación precautoria en la práctica operan la política de mitigación y remediación que adoptan una aproximación reactiva, no preventiva del daño ambiental); la existencia de muchos organismos estatales con competencias sectoriales sobre la biodiversidad y, más aún, responsables de la aplicación de cada una de las normas internacionales.

2. RECOMENDACIONES FINALES

De acuerdo a todos los antecedentes anteriormente expuestos en los diferentes capítulos, el sitio prioritario Laguna Lejía posee atributos suficientes para recomendar su incorporación a la Reserva Nacional Los Flamencos. Esta recomendación se sustenta en que la laguna es parte de un sistema hidrológico y ecológico en el que se interconectan diversos lagos y su fauna asociada, especialmente la avifauna y en particular las tres especies de flamencos. En ese contexto la presión de usos sobre los recursos hídricos, el componente ambiental más relevante para el sustento de la vida en estas condiciones de estepa subdesértica, si bien no se presentan en la laguna Lejía en la actualidad, sí existe sobre humedales adyacentes. La interconexión entre estos acuíferos, la escasa o nula recarga de los mismos y la baja profundidad de la laguna Lejía, permiten predecir su alta vulnerabilidad a la explotación de las aguas fósiles en los sistemas acuáticos aledaños, lo que pondría en riesgo la existencia de la laguna y la conservación de la biodiversidad asociada al sitio. La preexistencia del área protegida (Reserva Nacional Los Flamencos), además de dos sitios Ramsar (el Sistema Hidrológico Soncor y el salar de Tara), sumado a la propiedad fiscal del predio, facilitarían una ampliación del área protegida con la incorporación de laguna Lejía y los demás humedales dándole una continuidad territorial que en la actualidad no posee.

Adicionalmente, el enfoque de cuencas se hace imperativo en el propósito de establecer deslindes de los sitios protegidos que incluyan sistemas acuáticos (lagos, salares, bofedales). Dada la prevalencia de las actuales condiciones hidrogeológicas no es apropiado el enfoque dirigido sólo a las áreas de alta bioversidad (e.g. alrededor de los lagos), sino que debe considerarse la cuenca completa, superficial y subterránea, y su inclusión en la designación del área protegida. Basado en lo anterior, la normativa del Art. 63º del Código de Aguas que faculta la declaración de zonas de protección de acuíferos constituiría un soporte legal que podría evaluarse. La incorporación del enfoque de cuencas encuentra además sustento en el reciente lanzamiento oficial de la Estrategia Nacional de Cuencas Hidrográficas.

Finalmente es importante revisar y determinar los estados de conservación de plantas y vertebrados de la zona andina de la Provincia del Loa.

LITERATURA CITADA Y CONSULTADA

ABELLO R, F BERNALDEZ & E GALIANO (1986) Consensus and contrast in landscape preference. Environment and Behavior 18 (2):155-178.

ALBINO A (1996) The South Amertican fósil Squamata (Reptilia: Lepidosauria). Munchner Geowiss. Abh. (A) 30: 185-202.

ALDRIDGE D (1973) Mejora de la Interpretación de los Parques y la Comunicación con el Público. UICN (ed), Segunda Conferencia Mundial sobre Parques Nacionales; Yellowstone Grand Teton, EE.UU., 18-27 septiembre de 1972. Informe 25.

ALDUNATE C, J ARMESTO, V CASTRO & C VILLAGRÁN (1981) Estudio etnobotánico de una comunidad en una comunidad precordillerana de Antofagasta, Toconce. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (38) 183 –223. Santiago, Chile.

ALVA LM (2003) Expedición a la cordillera de los Andes: consideraciones sobre el hierro y estudio del yacimiento ferrífero el Laco, Chile. Instituto de Geofísica, UNAM Cd. Universitaria, Del. Coyoacán Cuaderno 14. México, D. F. 54 pp.

AMADO N & W SIELFELD (1994) Registro de Garcita Azulada *Butorides striatus* Ciconiiformes: Ardeidae en el río Loa. Boletín Chileno de Ornitología 1:27-28.

AMADO N, J HERREROS & W SIELFELD (1991) Registros de pato silbón (*Dendrocygna viudata*) en la I y II Región de Chile. Boletín Informativo UNORCH 12: 11-13.

ARAYA B & G MILLIE (1996) Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 406 pp.

ARAYA B & G MILLIE (2000) Guía de campo de las aves de Chile. Ninth Ed. Editorial Universitaria. Santiago, 406 pp.

ARAYA B & M BERNAL (1995) Aves. En: Diversidad biológica de Chile. Eds. Simonetti, Arroyo, Spotorno & Lozada. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, Santiago, Chile.

ARAYA B, BERNAL M, SCHLATTER RP & M SALABERRY 1995. Lista Patrón de las aves chilenas. Ed. Universitaria, 35 pp.

ARROYO MTK, C CASTOR, C MARTICORENA, M MUÑOZ, L CAVIERES, O MATTHEI, FA SQUEO, M GROSJEAN & R RODRÍGUEZ (1998) The flora of Llullaillaco National Park located in the transitional winter-summer rainfall area of the northern Chilean Andes. Gayana Bot. 55(2): 93-110.

ARROYO MTK, C VILLAGRÁN, C MARTICORENA & JJ ARMESTO (1982) Flora y relaciones biogeográficas de los Andes del norte de Chile (18-19°S). En: Veloso A & E Bustos (eds.), El Hombre y ecosistemas de montaña. Programa MAB-6 Vol. 1. 71-92.

ARROYO MTK, F SQUEO, JJ ARMESTO & C VILLAGRÁN (1988) Effects of aridity on plant diversity in the northern Chilean Andes: results of a natural experiment. Annals of the Missouri Botanical Garden 75(1): 55-78.

ARROYO MTK, F SQUEO, H VEIT, L CAVIERES, P LEON & E BELMONTE (1997) Flora and vegetation of northern chilean Andes. Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos, pp. 167-178. Universidad de Chile, Santiago, CL.

AVISE JC (2000) Phylogeography: the history and formation of species. Harvard University Press, London. 464 pp.

BARRERA-CATAÑO JI, C VALDÉS-LÓPEZ (2007) Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. Universitas Scientiarum. Edición especial II, 12: 11-24.

BECERRRA P & L FAÚNDEZ (2001) Vegetación del desierto interior de Quillagua, Región de Antofagasta (II), Chile. Chloris Chilensis 4(2).

BEHN F, JOHNSON AW & MILLIE G (1957) Expedició ornitológica al norte de Chile (enero - febrero 1957). Boletín Sociedad Biología de Concepción 32: 95-131.

BENAVIDES AG, A VELOSO, P JIMÉNEZ & MA MENDEZ (2005) Assimilation efficiency in *Bufo spinulosus* tapdoles (Anura: Bufonidae): effects of temperatura, diet quality and geographic origin. Revista Chilena de Historia Natural 78: 295-302.

BENAVIDES E, JC ORTIZ & JR FORMAS (2002) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica. 58(2):210-220.

BENOIT IL ed (1989) Libro rojo de la flora terrestre de Chile. CONAF, Santiago de Chile. 157 pp.

BIBBY C, JN D BURGESS & DA HILL (1992) Bird census techniques. Academic Press, London.
BOLOS M (1992) Manual de ciencia del paisaje. Teoría métodos y aplicaciones Colección de Geografía. Ediciones Masson S.A. Barcelona. 273 pp.
BÖRGEL R (1983) Geomorfología. Colección Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar.182 pp.
BRAUN-BLANQUET J (1964) Pflanzensoziologie-Grundzuge der Vegetationskunde. Springer Verlag, Wien. 865 pp.
BROWN FE & JE SALDIVIA (2000) Informe nacional sobre la gestión del agua. http:/Eclac.cl/DNRI/Proyectos/SAMTAC/InCh01100.pfd.
BROWN S & AE LUGO (1994) Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. Restoration Ecology 2 (2): 97-111.
BRUFORD MW, DG BRADLEY & G LUIKART (2003) DNA markers reveal the complexity of livestock domestication. Nature Genetics Reviews 4: 900-910.
BRUGGEN J (1950) Fundamentos de la geologia de Chile. Instituto Geográfico Militar. Chile.
CABRERA AL & A WILLINK (1973) Biogeografía de América Latina. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Depto. de Asuntos Científicos, Secretaría General de la OEA. Serie de Biología, Monografía N° 13. 120 pp.
CANTO J, R FARIÑA, J YÁÑEZ & D FRASSINETTI (2008) Paleoecología y paleoambientes de los mamíferos fósiles de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 299-304. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
CARO MT & D O'DOHERTY (1999) On the use of surrogate species in conservation biology. Conservation Biology 13:805-814.
CASERTANO L & BAROZZI R (1961) Informe sobre el sistema volcánico del Lascar. Universidad de Chile, Faculdad de Cencias Fisico y Materiali, Instituto de Geologica, Publicaciones, 23, 304–315.
CASTILLO M (1994) Régimen jurídico de protección del medio ambiente. Aspectos generales y penales. Segunda edición. Ediciones Bloc, Santiago.329 pp.
CASTRO V (1997) Huacca Muchay. Evangelización y religión andina en Charcas, Atacama La Baja. Tesis para optar al grado de Magister en Historia, mención Etnohistoria. Departamento de Ciencias Históricas, Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad de Chile. Santiago.
CASTRO V (2002) Ayquina y Toconce: paisajes culturales del norte árido de Chile. En Paisajes Culturales en los Andes, pp. 209-222. Representación de la UNESCO en Perú, Lima.
CASTRO V, C ALDUNATE & V VARELA (2004) Ocupación humana del paisaje desértico de Atacama, Región de Antofagasta ARQ .57, p.14-17. ISSN 0717-6996.
CAVIEDES CN & JA IRIARTE (1989) Migration and distribution of rodents in central Chile since the Pleistocene: the palaeogeographic evidence. Journal of Biogeography 16: 181-187. MARQUET PA (1989) Paleobiogeography of South American cricetid rodents: a critique to Caviedes & Iriarte. Revista Chilena de Historia Natural 62: 193-197.
CAVIERES L, MTK ARROYO, P POSADAS, C MARTICORENA, O MATTHEI, R RODRIGUEZ, F SQUEO & G ARANCIO (2002) Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. Biodiversity and Conservation 11: 1301-1311.
CEA (2003) Vocalizaciones de aves rapaces. Proyecto CHI/01/G09 GEF/PPS/PNUD. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales. CEA Ediciones, Valdivia. (Cassette).
CEA (2008) Estudio línea de base oasis de Calama. Informe final. Ministerio de Bienes Nacioales, Doc. Tecnico (en elaboración).
CEI JM (1962) Batracios de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cviii + 128 pp.
CLAYTON JD & CM CLAPPERTON (1995) The last glacial cycle and paleolake synchrony in the southern Bolivia altiplano: Cerro Azanaques Case Study. Bulletin Ins.T. Fr. de Etudes Andines 24(3): 563-571.
CODY ML (1985) Habitat selection in birds. Academic Press, Orlando
COFRÉ H & P MARQUET (1999) Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation of Chilean mammals: an assessment. Biological Conservation, 88:53-68.
COMITÉ NACIONAL DE HUMEDALES DE CHILE (2000). Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile. 63 pp

CONAMA (1992) Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile.
CONAMA (1993) Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile. Suplemento No.1.
CONAMA (1994) Ley de Bases del Medio Ambiente. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Chile. 44 pp.
CONAMA (1994) Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2º edición. Santiago de Chile. 128 pp.
CONAMA (1996a) Flora, competencias ambientales. Documento Nº4, Serie Jurídica.
CONAMA (1996b) Áreas protegidas, competencias ambientales. Documento Nº6, Serie Jurídica.
CONAMA (1996c) Aire, flora, fauna, áreas silvestres protegidas, procedimientos administrativos ambientales. Documento Nº13, Serie Jurídica.
CONAMA (1996d) Diversidad biológica, identificación y diagnóstico preliminar del ordenamiento jurídico aplicable a la protección de la diversidad biológica. Documento Nº16, Serie Jurídica.
CONAMA (1997a) Áreas silvestres protegidas, legislación punitiva y sancionatoria ambiental. Documento Nº27, Serie Jurídica.
CONAMA (1997b) Áreas silvestres protegidas, legislación sancionatoria ambiental. Documento Nº28, Serie Jurídica..
CONAMA Chile (1998) Documento de Discusión: Gestión Integrada del Recurso Agua www.conama.cl/cds/cat_10acta.
CONESA V (1995) Guía Metodológica para el Desarrollo de la Evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones MundiPrensa. 2º Edición. Madrid, España. 390 pp.
CONTRERAS L & J TORRES-MURA (2008) Biogeografía de mamíferos terrestres de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 305-314. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.
CORTÉS A, E MIRANDA, M ROSENMANN & JR RAU (2000) Thermal biology of the fossorial rodent Ctenomys fulvus from the Atacama desert, northern Chile. Journal of Thermal Biology 25: 425-430.
CORTÉS A, JR RAU, E MIRANDA & JE JIMENEZ (2002) Hábitos alimenticios de Lagidium viscacia y Abrocoma cinerea: roedores sintópicos en ambientes altoandinos del norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 75: 583-593.
CUEVAS CC & JR FORMAS (2002) *Telmatobius philippii*, una nueva especie de rana acuática de Ollagüe norte de Chile (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 75: 245-258.
DAVIS TD ed (1994) The Ramsar Convention Manual. Ramsar Convention Bureau, Gland Switzerland. 207 pp.
DAYTON PK (1971) Competition, disturbance, and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. Ecocolical Monography 41:351-389.
DAZA R (2005) Programa monitoreo Parque Nacional Sajama, SERNAP Programa BIAP. 79 pp
DAZA VON BOECK R (2005) Programa de Monitoreo de la Conservación Parque Nacional Sajama. SERNAP Programa BIAP. Bolivia. 78 pp.
DEMETRIO L (1993) Algunos comentarios sobre la presencia de golondrinas en Calama. Boletín Informativo UNORCH 15: 17.
DERUELLE B (1979) Petrologie d'un volcanisme de marge active: Atacama et Andes Meridionales. PhD Thesis, Université de Paris.
DERUELLE B (1985) Le Volcan Lascar: géologie et pétrologie. Actas 4° Congreso Geológico Chileno 4, Antofagasta, Chile, 120–137.
DGA (1999) Política Nacional de Recursos hídricos. Disponible en www.dga.cl
DGA (2002) Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos. www.dga.cl/secuencias/servicios/derech_criterios.htm.
DGA (2004) Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca río Loa. Diciembre de 2004. Elaborado por CADE - IDEPE.
DGA (2005) Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Loa. Informe técnico realizado por: Departamento de Administración de Recursos Hídricos S.D.T. Nº 192 Santiago, enero del 2005.
DI CASTRI F (1968) Esquisse écologique du Chili. Biologie de la Amérique Australe 4 :7-52.

DI CASTRI F (2003) Globalización y biodiversidad. En: E Figueroa & J Simonetti eds Globalización y biodiversidad: oportunidades y desafíos para la sociedad chilena: 285-323. Editorial Universitaria. 327 pp.
DI CASTRI F & E HAJEK (1976): Bioclimatología de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile.
DÍAZ N (1983) Bibliografía sobre anuros chilenos 1962-1982. Resúmenes y comentarios. Medio Ambiente (Chile) 6: 80-98.
DÍAZ-PAÉZ E & J ORTIZ (2003) Evaluación del Estado de conservación de los anfibios en Chile. Revista Chilena de Historia Natural 76: 509-525.
DONOSO-BARROS R (1961) Three new lizards of the genus Liolaemus from the highest Andes of Chile and Argentina. Coepia 1961 (4): 387-391.
DONOSO-BARROS R (1966) Reptiles de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cxliv + 458 pp.
DONOSO-BARROS R (1970) Catálogo herpetológico chileno. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 31: 49-124.
DUELLMAN WE (1993) Amphibian species of the world: additions and corrections. The University of Kansas, Museum of Natural History, Special Publications, Lawrence, Kansas. iii + 372 pp.
DUGAN PJ ed (1990) Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action. IUCN The World Conservation Union, Gland, Switzerland. 96 pp.
DUGAN PJ & TA JONES (1993) Ecological change in wetlands: A global view. En: Waterfowl and Wetland Conservation in the 1990s - A global perspective, eds M Moser RC Prentice & J van Vessem. IWRB Special Publication No 26, Slimbridge UK: 34-38.
ECONAT Consultores (2005) Análisis general del impacto económico de norma secundaria de calidad de aguas del río Loa en el sector silvoagropecuario. Informe Final.
EDWARDS RY (1976) Interpretation: What Should it Be? Journal of Interpretation 1(1).
EGLI G (1998) Voces de la Fauna Chilena. (Compact Disc).
ELGUETA E (2006) Estudio de flora y fauna vertebrada terrestre del oasis de El Loa. Proyecto Educativo Manuel Montt y Centro Recreativo Pukará Country Club. 16 pp.
ELLENBERG H & D MUELLER-DOMBOIS (1966) A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. Ber. Geob. Inst. ETH Stiftung Rubel, Zurich 37: 56-73.
ERDRA (2000). Estrategia Regional de Desarrollo de la Región de Antofagasta. Gobierno de Chile. Región de Antofagasta 2000-2006.
ESCRIBANO M, M DE FRUTOS, E IGLESIAS, C MATAIX & I TORRECILLA (1991) El Paisaje. Unidades temáticas ambientales de la Secretaría del Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Ministerio de Obras Publicas y Transportes de España. 177 pp.
EUROCHILE- CORFO (sin fechar) Estudio de Capacidad de Carga Turística de San Pedro de Atacama, un proyecto que avanza en la constitución del primer destino en Chile con un sistema de gestión sustentable del turismo. (Documento disponible en la Red, versión PDF.
FARINA A (1998) Principles and methods in landscapes ecology. Chapmen & Hall, London. 235 pp.
FEITO R & MH GALLARDO (1982) Sperm morphology of the Chilean species of Ctenomys (Rodentia, Octodontidae). Journal of Mammalogy, 63: 658-661.
FERNÁNDEZ P (1998) Insitucionalidad ambiental en Chile. Rev de Derecho 9, suplemento especial: 35-42.
FIGUEROA E, C BRAVO & R ÁLVAREZ (2003) Biodiversidad y turismo: oportunidades para el desarrollo económico y la conservación en Chile. En: E Figueroa & J Simonetti eds Globalización y biodiversidad: oportunidades y desafíos para la sociedad chilena: 23-49. Editorial Universitaria. 327 pp.
FINES KD (1968) Landscape evaluation: A research project in east Sussex. Regional studies (2): 41-55.
FJELDSA J (1985) Origin, evolution, and status of the avifauna of Andean wetlands. Ornithological Monographs 36: 85-112.
FLANAGAN JNM, I FRANKE & L SALINAS (2005). Aves y endemismo en los bosques relictos de la vertiente occidental andina del norte del Perú y sur del Ecuador. *Rev. peru biol.*12(2): 239-248.
FLORES L (1997) Marco jurídico aplicable a las Áreas Silvestres Protegidas. Santiago, Chile.
FORMAN RTT & M GODRON (1986) Landscape Ecology, John Wiley, New York. 619 pp.

FORMAN RTT (1995) Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge U.K.
FORMAS JR, CC CUEVAS & JJ NUÑEZ (2006) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica 62: 173–183.
FORMAS JR. E BENAVIDES & C CUEVAS (2003) A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Río Vilama, northern Chile, and the redescription of *T. halli* Noble. HerpetologicA 59 (2): 253-270.
FORMAS R (1995) Anfibios. En: Simonetti J, M T K Arroyo, A. Spotorno & E Lozada (eds) Diversidad biológica de Chile. Imprenta Talleres de Artegrama Ltda. Santiago de Chile. 364 pp.
FORMAS R. I NORTHLAND, J CAPETILLO, J NUÑEZ, C CUEVAS & L BRIEVA (1999) *Telmatobius dankoi,* una nueva especie de rana acuática del norte de Chile (Leptodactylidae). Rev. Chil. Hist. Nat. 72: 427- 445.
FULLER M & MOSHER (1987) Raptor survey techniques. En: BA Giron Pendleton, BA Millsap, KW Cline & DM Bird (eds). Raptor Management Techniques Manual: 37–65. National Wildlife Federation, Washintong, D.C. EE.UU. 276 pp.
GAJARDO R (1994) La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165 pp.
GALLARDO E (1985) Legislación sobre protección de la flora arbórea y arbustiva nativa chilena. En: Benoit IL (ed) Libro rojo de la flora terrestre de Chile (Primera Parte). Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. 157 pp.
GALLARDO E (1989) Legislación sobre protección de la flora arbórea y arbustiva nativa chilena. En: I Benoit (ed): 51-64. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (primera parte). Corporación Nacional Forestal, Santiago de Chile, Chile, 157 pp.
GALLARDO E (1989) Marco jurídico del bosque nativo y su manejo. Exposición efectuada en las jornadas sobre el bosque nativo y su manejo durante el 17 y 18 de noviembre en Concepción. Concepción, Chile. 14 pp.
GARDEWEG M, R SPARKS & S MATTHEWS (1997) (1998) Evolution of Lascar Volcano, Northern Chile. Journal of the Geological Society. Vol 155: 89-104.
GARDEWEG M, R SPARKS & S MATTHEWS (1997) La evolución del volcán lascar y su relación con el clima del Pleistoceno superior-holoceno de los andes centrales. Actas del VII congreso geológico chileno, sesión temática 2: 327-331.
GIL C (2002) Monitoreo ambiental, una herramienta invaluable en el manejo de ecosistemas. Gestión Ambiental 8: 29-44 (2002)
GILPIN ME & ME SOULÉ (1986) Minimum viable populations: Processes of species extinctions. En Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity, M.E. Soulé (ed.), pp. 19-23. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
GLADE A (Ed) (1993) Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago Chile.
GODOY R, C RAMÍREZ, H FIGUEROA & E HAUENSTEIN (1981) Estudios ecosociológicos en Pteridófitos de comunidades boscosas valdivianas, Chile. Bosque 4(1): 12-24.
GOLDSMITH FB (Ed) (1995) Monitoring for conservation and ecology. Chapman & Hall, London.
GOLTE J (2001) Migración andina y cultura peruana en Historia de la cultura peruana. Fondo Editorial del Congreso del Perú. Tomo II. Lima
GONZÁLEZ A (2000) Evaluación del recurso vegetacional en la cuenca del río Budi, situación actual y propuestas de manejo. Tesis Licenciatura en Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de Temuco. 110 pp.
GRANIZO T, ME MOLINA, E SECAIRA, B HERRERA, S BENÍTEZ, O MALDONADO, M LIBBY, P ARROYO, S ÍSOLA & M CASTRO (2006) Manual de planificación para la conservación de áreas, PCA. The Nature Conservancy y USAID. Impresora Flores, Quito, Ecuador. 204 pp.
GRIGERA (2002) III Taller Criterios para la evaluación del estado de conservación de la fauna silvestre. Gestión Ambiental 8: 71-72.
GROSJEAN M (1994) Paleohydrology of the Laguna Lejía and climatic implications for late-glacial times. Palaeoecology 109: 89-100.

GROSJEAN M (1995) Late Quaternary Geology and Hydrology of Laguna Lejía (Northchilean Altiplano) and Paleoclimatic Implications. In A. Saez (ed) Cenozoic and Quaternary lacustrine systems in northern Chile (Central Andes, Arc and Fore-Arc zones) p. 63-68. IGCP324. GLOPALS-IAS, Antofagasta 1995.
GROSJEAN M & L NÚÑEZ (1994) Lateglacial, Early and Midldle Holocene Environmentens, human occupation, and resourse use in the Atacama (Northern Chile). Geoarchaeology: An International Journal Vol. 9. No. 4, 271-286.
GROSJEAN M, GEYH M.A, MESSERLI B & SCHOTTERER U (1995) Late-glacial and early Holocene lake sediments, groundwater formation and climate in the Atacama Altiplano 22-24°S. Journal of Paleolimnology 14/3, 241-252.
GROSSMAN DH, P BOURGERON, WDN BUSCH, D CLELAND, W PLATTS, GC RAY, CR ROBERTS & G ROLOFF (1999) Principles for ecological classification. In: NC Johnson, AJ Malk, RC Szaro & WT Sexton Common Reference for Ecosystem Manegement 2: 353-393. Elsevier Science, Oxford, UK.
GROVES CR (2003) Drafting a Conservation Blueprint: A Practitioner´s Guide to Planning for Biodiversity. Washington DC: Island Press y The Nature Conservancy.
GUEST JE (1969) Upper Tertiary ignimbrites in the Andean cordillera of part of the Antofagasta province of northern Chile. Geol. Soc. Am. Bull. v80:337-362.
GUTIERREZ J, F LÓPEZ-CORREA & P MARQUET (1998) Vegetation in an altitudinal gradient along the Río Loa in the Atacama Desert of northern Chile. Journal of Arid Environment 40: 383-399.
HAUENSTEIN E, C RAMÍREZ, M LATSAGUE & D CONTRERAS (1988) Origen fitogeográfico y espectro biológico como medida del grado de intervención antrópica en comunidades vegetales. Medio Ambiente 9(1): 140-142.
HELAWELL J (1995) Development of a rationale for monitoring. En: Goldsmith FB (ed) Monitoring for conservation and ecology: 1-14. Chapmam & Hall, London.
HELLMAYR CE (1932) The birds of Chile. Pub. 308. Field Museum of Natural History. Zoological Serie 19. Chicago.
HERMOSILLA J (2004) Tratados Internacionales vigentes en Chile en materia de protección a la Biodiversidad y su relación con la legislación interna. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Escuela de Derecho Universidad Austral De Chile.
HESS GR & TJ KING (2002) Planning open spaces wildlife. I Selecting focal species using a Delphi survey approach. Landscape and urban Planning 58: 25-40
HICKMAN GC (1985) Surface-mound formation by the Tuci-tuco, *Ctenomys fulvus* (Rodentia: Ctenomyidae), with comments on earth-pushing in other fossorial mammals. Journal of Zoology (London) 205: 385-390.
HOFFMANN A (1989) Cactáceas en la flora silvestre de Chile. 1ª ed. Fundación Claudio Gay, Santiago. 272 pp.
HOFFMANN A, MK ARROYO, F LIBERONA, M MUÑOZ & J WATSON (1998) Plantas altoandinas en la flora silvestre de Chile. 1ª ed. Fundación Claudio Gay, Santiago. 281 pp.
HOLDRIDGE (1967) Determination of world plan formation from simple climatic data. Science 105: 367-368.
HORTON PB, AA MCCONNEY, M GALLO, AL WOODS, GJ SENN, & D HAMELIN (1993) An investigation of the effectiveness of concept mapping as an instructional tool. Science Education, 77(1), 95-111.
HOWELL SNG & S WEBB (1995) Noteworthy bird observations from Chile. Bull. Brit. Orn. Cl. 115: 57-66.
HÜCKINGHAUS F (1961) Vergleinchende Untersuchungen ber die Formenmannigfaltigkeit der Unterfamilie Caviinae Murray 1886. (Ergebnisse der Südamerikaexpedition Herre/Röhrs 1956- 1957). Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie 166: 1-98.
HUGHES RA (1970) Notes on the birds of the Mollendo district, southern Peru. Ibis 112: 229-241.
HUMPRIES CJ, PH WILLIAMS & RI VANE-WRIGHT (1995) Measuring biodiversiti value for conservation. Annual Review of Ecology and Systematics 26: 93-111.
HUNTER ML (2004) A mesofilter conservation strategy to complement fine and coarse Filtres. Conservation Biology 19(4): 1025-1029.
IBARRA-VIDAL H (1989) Impacto de las actividades humanas sobre la herpetofauna en Chile. Comunicaciones del Museo Regional de Concepción (Chile) 3: 33-39.

IMILAN W (2007) Socaireños en movimiento: Atacameños y Calama. Estudios atacameños: Antropología y arqueología surandinas nº 33. Pp. 105- 123
JARAMILLO A (2005) Aves de Chile. Guía de Campo de las aves de Chile. Lynx ediciones, Barcelona. 239 pp.
JENSEN A (1992) Las cuencas aluvio lacustres Oligoceno-Neogenas de la región del Ante-Arco de Chile septentrional entre los 19º y 23º Sur. Ph D. Thesis Universidad de Barcelona.
JEREZ V (2000) Diversidad y patrones de distribución geográfica de insectos coleópteros en ecosistemas desérticos de la región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 79-92.
JIMÉNEZ J (1996) The extirpation and current status of wild chinchillas Chinchilla lanigera and C. brevicaudata. Biological Conservation, 77: 1-6.
JOHNSON AW, RA HUGHES, JD GOODALL, WR MILLIE & G MOFFETT (1972) Supplement to the birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Perú. Platt Establecimientos Gráficos S. A. Buenos Aires.
JOHNSON WA (1965) The Birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Peru. Volume 1. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires
KEITER R (1998) Ecosystems and the law: toward an integrated approach. Ecological Applications 8(2): 332-341.
KING C (1993) La expresión territorial planimétrica de la legislación ambiental: Ley de Bosques y Reglamento del Decreto Ley 701. Seminario de título para optar al Diplomado en Análisis y Gestión del Ambiente. Escuela de Graduados Universidad de Concepción. 60 pgs.
KLOHN W (1972) Hidrografía de las zonas desérticas de Chile. Ed. por Jean Burz. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Chile.
KOFORD CB (1968) Peruvian desert mice water independence, competition, and breeding cycle near the Equator. Science 160: 552-553.
KRAMER KM, JA MONJEAU, EC BIRNEY y RS SIKES. 1999. Phyllotis xanthopygus. Mammalian Species 617:1-7.
KREBS C (1985) Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 2 Edición. Editorial Interamericana. 753 pp.
LAHSEN A (1982) Upper Cenozoic volcanism and tectonism in the Andean of northern Chile. Earth Science Reviews, Vol. 18, p. 285-302.
LATORRE C, JL BETANCOURT, KA RYLANDER, J QUADE & O MATTHEI (2003) A vegetation history from the arid prepuna of northern Chile (22-23ºS) over the last 13500 years. Palaeo 194: 223-246.
LINHART SB & FF KNOWLTON (1975) Determining the relative abundance of coyotes by scent station lines. Wildlife Society Bulletin 3:119-124.
LÓPEZ M (1991) Alimentación de flamencos altiplánicos, con énfasis en *Phoenicoparrus andinus* (Philippi) en Salar de Carcote, Chile. En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 84-89.
LUEBERT F (2004) Apuntes sobre la vegetación de bosque y matorral del desierto precordillerano de Tarapacá (Chile). Chloris Chilensis 7(1). URL: www.chlorischile.cl (Julio-2005)
LUEBERT F & R GAJARDO (1999) Adiciones y notas a la flora del parque nacional Llullaillaco (Región de Antofagasta, Chile). Noticiero Mensual Museo Nacional de Historia Natural 339: 3-6.
LUEBERT F & R GAJARDO (2000) Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile. Lazaroa 21: 111-130
LUEBERT F & R GAJARDO (2005) Vegetación altoandina de Parinacota (norte de Chile) y una sinopsis de la vegetación de la Puna meridional. Phytocoenologia 35(1): 79-128.
LYNCH JD (1975) A new Chilean frog of the extrandean assemblage of *Telmatobius* (Amphibia-Leptodactylidae). Bull South Acad Sci 74: 160-161.
MAGURRAN AE (1998) Ecological diversity and its measurament. Princeton University Press, New Jersey. 179.
MALDONADO V & CM CHACÓN (2001) Trabajando en marcos jurídicos apropiados para la conservación privada: la experiencia en Chile y Costa Rica. Alianza Regional para Políticas de Conservación en América Latina y el Caribe, 38 p.

MARÍN M (2003) Un nuevo registro de benteveo *Pitangus sulphuratus* para Chile. Cotinga 19: 82-83.
MARÍN M (2004) Lista comentada de las aves de Chile. Lynx Edicions, Barcelona. 141 pp.
MARÍN M, LF KIFF & LG PEÑA (1989) Notes on Chilean birds, with descriptions of two new subspecies. Bull. Brit. Orn. Cl. 109: 66-82.
MARQUET PA (1989) Paleobiogeography of South American cricetid rodents: a critique to Caviedes & Iriarte. Revista Chilena de Historia Natural 62: 193-197.
MARQUET P (1994). Diversity of small mammals in the Pacific coastal desert of Peru and Chile and adjacent Andean area: biogeography and community structure. Australian Journal of Zoology 42:527-542.
MARQUET P, F BOZINOVIC, GA BRADSHAW, C CORNELIUS, H GONZÁLEZ, JR GUTIERREZ, ER HAYEK, JA LAGOR, F LÓPEZ-CORTEZ, L NUÑEZ, EF ROSELLO, C SANTORO, H SAMANIEGO, VG STANDEN, JC TORRES-MURA & FM JAKSIC (1998) Los ecosistemas del desierto de Atacama y área andina adyacente en el norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 593-617.
MÁRQUEZ C, I SÁNCHEZ & J RAU (2004) Técnicas de Observación y Estimación de Abundancia de Aves Rapaces. En: Muñoz-Pedreros A, Rau J & Yáñez J (eds). Aves Rapaces de Chile. CEA Ediciones, Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, Valdivia, Chile. 387 pp.
MARTICORENA A (2005) Malvaceae. Cap. 35, pp. 22-105. En: Marticorena C & R Rodríguez. eds Flora de Chile. Vol. 2(3). Plumbaginaceae - Malvaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 128 pp.
MARTICORENA A, V PARDO & A PENALOZA (2004) Adiciones y notas a la flora del Parque Nacional Llullaillaco, II Region, Chile. Gayana Bot. 61(2):49-54.
MARTICORENA C & M QUEZADA (1985) Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Bot. 42(1-2): 1-155.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (1995) Flora de Chile. Vol. 1. Pteridophyta-Gymnospermae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 351 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2001) Flora de Chile. Vol. 2(1) .Winteraceae-Ranunculaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 99 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2003) Flora de Chile. Vol. 2(2). Berberidaceae-Betulaceae. Edit. Universidad de Concepción, Chile. 93 pp.
MARTICORENA C & R RODRÍGUEZ (2005) Flora de Chile. Vol. 2(3). Plumbaginaceae - Malvaceae. Editorial Universidad de Concepción, Chile. 128 pp.
MARTICORENA C, O MATTHEI, R RODRÍGUEZ, MK ARROYO, M MUÑOZ, F SQUEO & G ARANCIO (1998) Catálogo de la flora vascular de la segunda región (Región de Antofagasta), Chile. Gayana Bot. 55(1): 23-83.
MARTÍNEZ JL (1998) Pueblos del chañar y el : los atacameños en el siglo XVII. Santiago, Chile: DIBAM. Universidad de Chile.
MARTÍNEZ-PARDO R & R MARTÍNEZ-GUZMÁN (1997) Neogene Southest paleogeography, the opening of the Drake passaje and the Humboldt Current history: The Chilean micropaleontologycal perspective. Actas VIII Congreso Geológico Chileno, Universidad Católica del Norte 1: 525-529.
MATTHEI O (1995) Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabeta Impresores, Santiago, Chile. 545 pp.
MAZAR BARNETT J & G KIRWAN eds (1999a) Neotropical notebook. Cotinga 11: 96-105.
MAZAR BARNETT J & G KIRWAN eds (1999b) Neotropical notebook. Cotinga 12: 79-88.
MCALEECE (1997) Biodiversity Profesional Beta Program. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science.
MEFFE GK & CR CARROLL (1994) Genetics: conservation of diversity within species. In: GK Meffe & CR Carroll eds. Principles of conservation biology: 143-178. Sinauer Associates Inc. Sunderland, MA.
MESERVE PL & DA KELT (1990) The role of aridity and isolation on central Chilean small mammals: a reply to Caviedes & Iriarte (1989). Journal of Biogeography 17: 681-684.
MESSERLI B, GROSJEAN M & VUILLE M (1997) Water Availability, Protected Areas, and Natural Resources in the Andean Desert Altiplano. Mountain Research and Development 17/3, 229-238.
MESSERLI B, M GROSJEAN, G BONANI, A BURGI, MA GEYH, K GRAF, K RAMSEYER, H ROMERO, USCHOTTERER, H SCHREIER & M VUILLE (1993) Climate Change and Natural Resource Dynamics

of the Atacama Altiplano during the Last 18,000 Years: A Preliminary Synthesis. Mountain Geoecology of the Andes: Resource Management and Sustainable Development. Mountain Research and Development13(2): 117-127.
MIDEPLAN (1994) Métodos y Técnicas de Planificación Regional. Ministerio de Planificación y Cooperación. Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD). 1ª Edición. Editores Asociados Ltda. Chile. 155 pp.
MINISTERIO DE AGRICULTURA (s/f) Ley 19.473 y Reglamento de la Ley de caza.
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE (1992) Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: contenidos y metodologías. Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), Madrid, España. 809 pp.
MONTENEGRO G, ME ALJARO & J KUMMEROW (1979) Growth dynamics of chilean matorral shrubs. Botanical Gazette 140:114-119.
MONTENEGRO S, D HERVE & V DURÁN (2001) Los tratados ambientales: principios y aplicación en Chile. 1a. ed. Edición Marie Claude Plumer.Santiago de Chile. CONAMA.
MONTTI S & H HENRIQUEZ (1970) Interpretación hidrogeológica de la génesis de salares y lagunas del altiplano chileno. Segundo congreso geológico chileno. Instituto de investigaciones Geológicas. Santiago, Chile. 13 pp.
MOONEY HA & J KUMMEROW (1971) The comparative water economy of representative evergreen sclerophyll and drought deciduous shrubs of Chile. Botanical Gazzete 132: 245-252.
MOP (2007) Declaración de impacto ambiental proyecto conservación y mejoramiento conexión vial San Pedro – El Tatio (rutas B-245-235) región de Antofagasta.
MOPT (1994) Guía para la Elaboración de Estudio del Medio Físico. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. Madrid, España. 809 pp
MORALES H (1997) Pastores transhumantes al fin del mundo. Un enfoque cultural de la tecnología en una comunidad andina de pastores. Tesis de Grado de Antropología Social. Departamento de Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile, Santiago.
MORALES J (2000) Claves para la interpretacion del patrimonio: un valioso apoyo a la gestión. Gestión Ambiental 6: 1-10.
MORENO C (2001) Métodos para medir la biodiversidad. M&T Manuales y Tesis SEA. Volúmen 1. Zaragoza, España. 84 pp.
MORENO S & J GARCIA-ABAD (1996) Cartografía de la calidad visual del paisaje; reflexiones teóricas y ejemplo de aplicación. Serie Geográfica; el paisaje en el mapa, Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares 6: 115-129.
MORENO, R.A. & H. IBARRA-VIDAL. 2004. Additions to the herpetological catalogue of the Museo del Mar, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. Gayana, 68(1), 93-97
MUELLER-DOMBOIS D & E ELLENBERG (1974 Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York. 547 pp.
MUÑOZ C (1966) Sinopsis de la flora chilena. 2a ed. Universidad de Chile, Santiago. 500 pp.
MUÑOZ J (2003) Perspectivas para el desarrollo de las aguas subterráneas en Chile. Taller Nacional-Chile hacia un plan nacional de gestión integrada de los recursos hídricos. CEPAL/SAMTAC-GWP/Comisión Nacional de Riego- Dirección General de Aguas de Chile/Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile/AIDIS. Santiago de Chile. 16 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A (1992) Ecología de la asociación de micromamíferos presentes en un agroecosistema forestal de Chile Central. Revista Chilena Historia Natural.65: 417-428.
MUÑOZ-PEDREROS A (2004) La evaluación de paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77 (1): 139-156.
MUÑOZ-PEDREROS A & E PALMA (2008) Marsupiales de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez (eds) Mamíferos de Chile, segunda edición. CEA Ediciones. 573 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A & J YAÑEZ (eds) (2000) Mamíferos de Chile. CEA Editorial. Valdivia. 417 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A & J YÁÑEZ (eds) (2008) Mamíferos de Chile. CEA Ediciones, Segunda Edición corregida y ampliada (en prensa).

MUÑOZ-PEDREROS A & P MÖLLER (eds) (1997) Conservación de Humedales. Taller Bases para la Conservación de Humedales. CEA Ediciones/Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Valdivia. 118 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A, A BADILLA & H RIVAS (1993) Evaluación del paisaje en un humedal del sur de Chile: El caso de Valdivia (X Región). Revista Chilena de Historia Natural 66: 403-417.
MUÑOZ-PEDREROS A, C GODOY & L OLIVARES (1993b) Santuario Carlos Anwandter: proposiciones para su manejo. Comunicaciones del Museo Regional de Concepción (Concepción) 7: 33-47.
MUÑOZ-PEDREROS A, J MONCADA & A LARRAIN (2000) Variación de la percepción del recurso paisaje en el sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 681-690.
MUÑOZ-PEDREROS A, J RAU & J YÁÑEZ (EDS) (2004) Aves Rapaces de Chile Ediciones. 387 pp.
MUÑOZ-PEDREROS A, J RAU, V QUINTANA, M VALDEBENITO & D MARTÍNEZ (1995) Densidad de pumas (Felis concolor) en un ecosistema forestal del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 68(4): 501-509.
MURPHY DD & BD NOON (1991) Coping with uncertainty in wildlife biology. J. Wildl. Manage. 55:773-782.
MURRA J (1972) El "control vertical" de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas. En Visita a la provincia de León de Huanuco (1562), J. Murra (Ed.), pp. 429-476. Universidad Hermilio Valdizán, Huanuco.
NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1986) Ecological knowledge and environmental problem solving: concepts and case studies. Committee on the Application of Ecological Theory to Environmental Problems; Commission on Life Sciences; National Academy Press, Washington D.C.
NAVARRO G (1993) Vegetación de Bolivia: El altiplano meridional. Rivasgodaya 7: 69-98
NAVARRO G & S RIVAS-MARTÍNEZ (2005) Datos sobre la fitosociología del norte de Chile: la vegetación en un transecto desde San Pedro de Atacama al volcán Licancabur (Antofagasta, II Región). Chloris Chilensis Año 8 Nº 2. URL: http://www.chlorischile.cl
NAVAS ME (1973, 1976, 1979) Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Tres tomos. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago.
NIEMEYER H & P CERECEDA (1984) Hidrografía. Geografía de Chile. Tomo VIII. Instituto Geográfico Militar. Chile.
NOSS RF (1990) Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conservation Biology 4:355-364.
NOWAK RM (1999) Walker's mammals of the world. Sixth edition. John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 1936 pp.
NÚÑEZ H (1992) Geographical data of Chilean lizard and snakes in the Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile. Smithsonian Herpetological Information Service 91. 29 pp.
NÚÑEZ H & A VELOSO (2001) Distribución geográfica de las especies de lagartos de la Región de Antofagasta, Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 50: 109-120.
NÚÑEZ H & F JAKSIC (1992) Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 43: 63-91.
NÚÑEZ H & JL YÁÑEZ (1983) *Ctenoblepharis adituvelatus* new species, a lizard from northern Chile (Reptilia: Iguanidae). Copeia 1983: 454-457.
NÚÑEZ H & JL YÁÑEZ (1983-84) *Ctenoblepharis erroneus* Nov. sp. de Iguanidae para la zona norte de Chile (Reptilia: Iguanidae). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 40: 91-95.
NÚÑEZ H & SF FOX (1989) *Liolaemus puritamensis*, a new species of iguanid lizard previously confused with *Liolaemus multiformis* (Squamata: Iguanidae). Copeia 1989: 456-460.
NUÑEZ H, D PINCHEIRA-DONOSO & C GARIN (2004) *Liolaemus hajeki*, nueva especie de lagartija de Chile (Squamata, Sauria). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 53: 85-97.
NÚÑEZ H, J NAVARRO & A VELOSO (2000) *Liolaemus foxi*, una nueva especie de lagarto para el Norte de Chile (Squamata: Reptolia: Sauria) Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 17: 257-268.
NÚÑEZ H, J NAVARRO & J LOYOLA (1991) *Liolaemus_maldonadae* y *Liolaemus cristiani*, dos especies nuevas de lagartijas para Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 42: 79-88.

NÚÑEZ H, J NAVARRO, C GARIN, D PINCHEIRA-DONOSO & V MERIGGIO (2003) *Phrynosaura manueli* y *Phrynosaura torresi*, nuevas especies de lagartijas para el norte de Chile (Squamata: Sauria). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 52: 67-88. .

NÚÑEZ H, J NAVARRO, J SUFAN & JL GALAZ (1998) Distribución geográfica de *Phrynosaura* (Reptilia: Tropiduridae). Noticiario Mensual Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 334: 11-14.

NÚÑEZ H, JA SCHULTE & C GARIN (2001) *Liolaemus josephorum*, nueva especie de lagartija para el norte de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 50: 91-107.

NÚÑEZ H, MA LABRA & J YÁÑEZ (1982) Hábitos alimentarios de dos poblaciones andinas de *Bufo spinulosus* Wiegmann, 1835 (Anura: Bufonidae). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 39: 81-91.

NUÑEZ H, V MALDONADO & R PÉREZ (1997) Reunión de trabajo con especialistas de herpetología para categorización de especies según estados de conservación. Noticiero Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 329: 12-19.

NÚÑEZ L & T DILLEHAY (1979) Movilidad giratoria , armonía social y desarrollo en los Andes meridionales: patrones de tráfico e interacciones económicas. Antofagasta , Chile: Universidad del Norte.

OLTREMARI J & K TELEN (1999) Manual para la formulación de Planes de Manejo en áreas silvestres protegidas privadas. Producto final del estudio “Análisis y Diseño Metodológico para la Elaboración de Planes de Manejo en Áreas Silvestres Protegidas Privadas”. Informe Final, Tomo II. CONAMA. Santiago.

ORTIZ JC & P MARQUET (1987) Una nueva especie de lagarto altoandino: *Liolaemus islugensis* (Reptilia-Iguanidae). Gayana: Zoología (Chile) 51: 59-63.

ORTIZ JC (1994) Una nueva especie de lagarto altoandino del género *Liolaemus* (Sauria, Tropiduridae). Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile) 65: 191-195.

ORTIZ S (1986) Legislación vigente en el ámbito del manejo de cuencas hidrográficas. Corporación Nacional Forestal Octava Región, Concepción, Chile. 35 pp.

ORTIZ S (1990) La actividad forestal y su regulación ambiental. Seminario CORMA sobre "Legislación forestal y su dimensión en el derecho ambiental". Concepción, Chile, noviembre 1990.

OSGOOD WH (1943) The mammals of Chile. Field Museum of Natural History, Zoological Series 30: 1-268.

OYARZO H & H CORREA (1991) Comunidad avial asociada a la laguna del Negro Francisco (II Región, Atacama). En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 122-131.

PARADA M (1991) Flamencos en el norte de Chile, distribución, abundancia y fluctuaciones estacionales del número. En. Parada M, J Rottmann & C Guerra eds. I Taller Internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. CONAF y Sociedad Zoológica de NY: 52-66.

PATTERSON B & R PASCUAL (1972) The fossil mammal of South America.In: A Keast, F Erk & B Glass, Evolution, Mammals and Southern Continents: 247-310. State University of New York Press, Albany.

PEART B (1977) Definition of Interpretation. Paper at: Association of Interpreters Naturalists Workshop, Texas A & M University, April 1977. USA.

PELLET P, E UGARTE, E OSORIO & F HERRERA (2005) Conservación de la biodiversidad en Chile, ¿legalmente suficiente? La necesidad de cartografiar la ley antes de decidir. Revista Chilena de Historia Natural 78: 125-141.

PEÑA L (1968) Aves observadas y colectadas en la cordillera de Antofagasta. Noticiario Mensual del Museo de Historia Natural 13(145): 8-11.

PEÑA LG (1961) Results of research in the Antofagasta ranges of Chile and Bolivia. Postilla 49: 3-42.

PHILIPPI RA (1964) Catálogo de las aves de Chile con su distribución geográfica. Investigaciones Zoológicas Chilenas 11: 1-179.

PHILIPPI RA (1967) Tres especies de aves capturadas por primera vez en Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 29: 121-124.

PHILIPPI RA, AW JOHNSON & JD GOODALL (1944) Expedición ornitológica al norte de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 22:65-120.

PICHLER & ZEIL (1972) Paleozoic and Mesozoic ignimbriles of Northern Chile. N. Jb. Miner. Abh.,116, 196-207
PIELOU EC (1984) Ecological diversity. John Wiley & Sons, Inc. New York, 165 pp.
PINCHEIRA-DONOSO & H NUÑEZ (2005) Las especies chilenas del género Liolaemus Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae) Taxonomía, sistemática y evolución. Museo Nacional de historia Natural, Chile. Publicación Ocasional 59: 1-486.
PINE RH, SD MILLER & ML SCHAMBERGER (1979) Contributions to the mammalogy of Chile. Mammalia 43: 339-376.
POIANI KA & BD RICHTER (2000) Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad. Documentos de Trabajo para la Ciencia de la Conservación Nº 1. Herdnon, VA: The Nature Conservancy.
QUINTANILLA V (1977) Zonación altitudinal de la vegetación en el norte árido chileno, a la latitud del trópico de Capricornio. Revista de Geografía Norte Grande 5: 17-39
QUINTANILLA V (1988) Fitogeografía y cartografía de la vegetación de Chile árido. Contribuciones Científicas y Tecnológicas, Área Geociencias 82: 1-28.
RAMÍREZ C & M GARDEWEG (1982) Hoja Toconao, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, No. 54, 122 pp.
RAMIREZ C & R WESTERMEIER (1976) Estudio de la vegetación espontánea del Jardín Botánico de la Universidad Austral de Chile (Valdivia), como ejemplo de tabulación fitosociológica. Agro Sur 4(2): 93-105.
RAMIREZ C (1988) Formas de vida, fitoclimas y formaciones vegetales. El Arbol...Nuestro Amigo, Temuco 4: 33-37.
RAMÍREZ G & D PINCHEIRA-DONOSO (2005) Fauna del altiplano y desierto de Atacama. Vertebrados de la provincia de El Loa. Phrynosaura Ediciones. Calama, Chile. 395 pp.
RAU J, C ZULETA, A GANTZ, F SAIZ, A CORTES, L YATES, A SPOTORNO & E COUVE (1998) Biodiversidad de artrópodos y vertebrados terrestres del Norte Grande de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 527-554.
RAU JR, M DELIBES & J F BELTRÁN (1987) Estudio comparado de la dieta de los zorros mediterráneos (Carnivora, Canidae). Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (Chile) 18: 163-168.
RECA A, C UBEDA, D GRIGERA, M BECACECCI, C BERTONATTI, J BIANCHINI, M BOLKOVIC, N BONINO, C BORGHI, E CABEZAS, C CAMPAGNA, H CASTELLO, M COZZUOL, E CRESPO, J CRESPO (1994) Conservación de la fauna de tetrápodos. Un índice para su evaluación. Mastozoología Neotropical 1 (1):17-28.
REDFORD KH & JF EISENBERG (1992) Mammals of the Neotropics. Volume 2, the southern cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, ix + 430 pp.
REIG OA (1981) Teoría del origen y desarrollo de la fauna de mamíferos de América del Sur. Monographiae Naturae 1: 1-162.
REIG OA (1986) Diversity pattern and differentiation of high Andean rodents. In: Vuillemier F & M Monasterio (eds) High altitude tropical biogeography: 404-439. Oxford University Press, New York, New York.
REIG OA (1987) An assessment of the systematics and evolution of the Akodontini, with the description of new fossil species of Akodon (Cricetidae: Sigmodontinae). Pp. 347-399 en Patterson, B. D. & R. M. Timm (Eds.) Studies in neotropical mammalogy: essays in honor of Philip Hershkovitz. Fieldiana: Zoology, New Series 39. vii + 506 pp.
REISE D & W VENEGAS (1987) Catalogue of records, localities and biotopes from research work on small mammals in Chile and Argentina. Gayana, Zool. 51:103-130.
RIDEOUT-CIVITARESE S, MH LEGG & DM ZUEFLE (1997) More thoughts on the differences betwen environmental interpretation and environmental education. Legacy 8(6): 10,28-29.
RIDES (2003) Contribución de los Estudios de Biodiversidad en la Evaluacion Integrada del Salar de Atacama, 79 pp.
RIDGELY RS & G TUDOR (1994) The birds of South America. Vol II the suboscine passerines. University of Texas Press, Austin. USA.

RIEU M (1975) Les formations sédimentaires de la pampa del Tamarugal et le rio Loa. (Ct norte Grande)) du Chili). Cah. ORSTOM, sér. Géol. 7(2) : 145-164.
RISACHER F, H ALONSO & C SALAZAR (1999) Geoquímica de aguas en cuencas cerradas. I, II y III Regiones de Chile. Ministerio de Obras Publicas, Universidad Católica del Norte, Institut de Recherche pour le Développement (Ex Orstom), Dirección General de Aguas. S.I.T. N 51. 89 pp.
ROCHELLE JA (1994) Maintenance of late sucessional ecosystem values in the pacific northwest: evolving methodologies to guide habitat planning and policy making. En VA Sample (ed) Remote sensing and GIS in ecosystem management: 43-47 Island Press, Washington D.C.
ROMERO H (1985) Geografía de climas en geografía de Chile. Ediciones Instituto Geográfico Militar (IGM). Tmo XI. 243 pp.
ROZZI R, JJ ARMESTO, A CORREA, JC TORRES-MURA & M SALLABERRY (1996) Avifauna de bosques primarios templados en islas deshabitadas del Archipiélago de Chiloé, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 69: 125-139.
SALABERRY M, J AGUIRRE & J YÁÑEZ (1992) Adiciones a la lista de aves de Chile: descripción de nuevas especies para el país y otros datos ornitológicos. Noticiero Mensual del Museo de Historia Natural 321: 3-10.
SCHAT H & M SCHOLTEN (1986) Effects of salinity on growth, survival and life of four short-lived pioneers from brackish dune slacks. Acta Oecologica. 7:221-231.
SCHLATTER R & W SIELFELD (2006) Avifauna y mamíferos acuáticos de humedales de Chile. En I Vila, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez eds Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile: 141-187. Editorial Universitária, Santiago de Chile. 188 pp.
SCHLATTER R, J SALAZAR, A VILLA & J MEZA (1991) Demography of black-necked swans, *Cygnus melancoryphus* in three chilean wetland areas. Wildfowl Suppl. 1: 88-94.
SCHMIDT-NIELSEN K (1979) Animal physiology adaptation and environment. Cambridge University Press. Cambridge.
SERNATUR (2004) Actualización plan maestro turístico" Dirección Regional de Turismo. II Región de Antofagasta. I Etapa. Diagnóstico de la situación actual de la actividad turística. Elaborado por la Universidad Andrés Bello.
SGA-GND (2007) Estudio de impacto ambiental para la perforación geotérmica profunda el Tatio Fase I.
SHUMWAY S & M BERTNESS (1992) Salt stress limitation of seedling recruitment in a saltmarsh plant community. Oecologia 92: 490-497.
SIELFELD W & N AMADO (1994) Nuevos antecedentes sobre la presencia de la tagüita purpúrea (*Porphyrula martinico* Linnaeus, 1776) Gruiforme, Rallidae, en la primera región de Tarapacá, Chile. Boletín Chileno de Ornitología 1:24.
SIELFERLD W, N AMADO, J HERRERO, R PEREDO & A REBOLLEDO (1996) La avifauna del salar de Huasco: primera región, Chile. Boletín Chileno de Ornitología 3: 17-24.
SIMONETTI (1995) Diversidad Biológica: algo más que nombres, algo más que números. En Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds) Diversidad Biologica de Chile. CONICYT
SIMONETTI J & A VELOSO (2003) Contribución de los estudios de biodiversidad en la evaluacion integrada del Salar de Atacama. Programa de Estudios Interdisciplinarios en Biodiversidad/RIDES.
SIMONETTI JZ, & A SPOTORNO (1980) Posición taxonómica de *Phyllotis micropus* (Rodentia: Cricetidae).An. Mus. Hist. Nat. Valparaiso 13 285–297.
SOULÉ ME & KA KOHM (1989) Research Prirorities for Conservation Biology. Island Press. Washington, D. C.
SOUSA W (1984) The role of disturbance in natural comunities. Annual Review of Ecology and Systematics 15: 353-391.
SPELLERBERG IF (1994) Monitoring ecological change. Cambridge University Press, Cambridge.
SPOTORNO AE (1986) Systematics and evolutionary relationships of Andean phyllotine and akodontine rodents. Tesis Doctoral, University of California, Berkeley, California. 219 pp.
SPOTORNO AE & A VELOSO (1990) Flora and fauna of the altiplano. En: R Fernández (ed) Strategies in human adaptation to a rigorous environment: the Aymara: 19-32. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 265 pp.

SPOTORNO AE, LI WALKER & JC MARÍN (2008) Origen, evolución y domesticación de los mamíferos chilenos. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez eds. Mamíferos de Chile: 269-284. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.

SPOTORNO A, C ZULETA, A GANTZ, F SAIZ, J RAU, M ROSSEMAN, A CORTES, J RUIZ, L YATES, E COUVE & J MARIN (1998) Sistemática y adaptación de mamíferos, aves e insectos fitófagos en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 71: 501-526.

SPOTORNO A, L WALTER, SV FLORES, M YEVENES, JC MARIN & C ZULETA (2001) Evolución de los filotinos (Rodentia, Muridae) en los Andes del Sur. Revista Chilena de Historia Natural. (47) 1:

SPOTORNO AE, JP VALLADARES, JC MARÍN & H ZEBALLOS (2004b) Molecular diversity among domestic guinea-pigs (*Cavia porcellus*) and their close phylogenetic relationship with the Andean wild species *Cavia tschudii*. Revista Chilena de Historia Natural 77: 243-250.

SPOTORNO AE, JP VALLADARES, JC. MARIN, RE PALMA & C ZULETA (2004) Molecular divergence and phylogenetic relationships of chinchillids (rodentia: chinchillidae). Journal of Mammalogy 85: 384–388.

SQUEO FA, LA CAVIERES, G ARANCIO, JE NOVOA, O MATTHEI, C MARTICORENA, R RODRIGUEZ, MTK ARROYO & M MUÑOZ (1998) Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 571-591.

STATTERSFIELD AJ, ML CROSBY, AJ LONG, & DC WEGE (1998) Endemic bird areas of the world: priorities for biodiversity conservation. Bird Life Conservation Series N.º 7. Cambridge: Bird Life International.

STEPPAN S (1998) Phylogenetic relationships and species limits within Phyllotis (Rodentia: Sigmodontinae): concordance between mtDNA sequence and morphology. Journal of Mamalogy.

STEUBING L, R GODOY & M ALBERDI (2001) Métodos de Ecología Vegetal. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 345 pp.

STORK NE & MJ SAMWAYS (1995) Inventorying and Monitoring. En Global Biodiversity Assessment (ed. Heywood, V.H.), pp. 453-544, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

TEILLIER S (2000) Flora del salar de Ascotán, Región de Antofagasta (II Región), Chile. Chloris Chilensis Año 3 N° 1. URL: http://www.chlorischile.cl

TEILLIER S & P BECERRA (2003) Flora y vegetación del salar de Ascotán, Andes del Norte de Chile. Gayana Bot. 60(2): 114-122.

TEILLIER S (2004) La vegetación de la cuenca media-alta del río Loa (3100-4150 msnm). Región de Antofagasta (II), Chile. Chloris Chilensis Año 7 N° 2. URL: http://www.chlorischile.cl

TORRES-MURA JC, M LEMUS & C GARIN (2003) Registro del turpial norteño, *Icterus galbula* (Aves: Icteridae) em Calama, II región, Chile. Noticiero Mensual del Museo de Historia Natural 351: 9-12.

TREVIZAN J, L BARRIOS, C FONFACH & R ROJAS (2001) Caracterización y delimitación del Oasis de Calama, Provincia del Loa, Región de Antofagasta. JJ Consultores Asociados. 57 pp.

UICN (2007) IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org

UNEP (1992) Convention on biological diversity. United Nations Environmental Program, Environmental Law and Institutions Program Activity Centre. Nairobi, Kenia.

USHER M (1995) Scientific requirements of a monitoring program. En FB Goldsmith (ed) Monitoring for conservation and ecology: 15-32. Chapman & Hall, London.

VALENZUELA R (1994) Diagnóstico preliminar del ordenamiento jurídico vigente, en lo que se refiere a la protección de la diversidad biológica. Contrato N° 01-0007-001 preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile. 47 pp.

VALLADARES J, R ETHERIDGE, J SCHULTE, G MANRIQUEZ & A SPOTORNO (2002) Nueva especie de lagartija del norte de Chile, Liolaemus molinai (Reptilia: Liolaeminae). Revista Chilena de Hitoria Natural. 75:473-489.

VAN ANDEL J & JP VAN DEN VERGH (1987) Disturbance of grasslands. Outline of the theme. In: J Van Andel, JP Bakker & RW Snaydon (eds) Disturbance in grasslands, causes, effects and processes. Geobotany 10, Junk, Dordrecht, 3-13.

VELLARD J (1951) Estudios sobre batracios andinos. I- El grupo *Telmatobius* y formas afines (Estudios sobre batracios andinos). Mem Mus Hist Nat Jav Prado 1: 1-90.

VELOSO A (2006) Batracios de las cuencas hidrográficas de Chile: origen, diversidad y estado de conservación. Pp. 103-140 En: Vila I, A Veloso, R Schlatter & C Ramírez (Eds) (2006) Macrofitas y Vertebrados de los sistemas limnicos de Chile.

VELOSO A & J NAVARRO (1988) Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Boll. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino 6: 481-539.

VELOSO A & L TRUEB (1976) Description of a new species of Telmatobiine frog, *Telmatobius* (Amphibia: Leptodactylidae), from the Andes of northern Chile. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 62: 1-10.

VELOSO A, JC ORTIZ, J NAVARRO, H NÚÑEZ, P ESPEJO & MA LABRA (1995) Reptiles. Pp. 326-335 en Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (Eds.) Diversidad biológica de Chile. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Santiago. xii + 364 pp.

VELOSO A, M SALLABERRY, J NAVARRO, P ITURRA, J VALENCIA, M PENNA & N DÍAZ (1982) Contribución al conocimiento de la herpetofauna del extremo norte de Chile. Pp. 135-268 en Veloso, A. & E. Bustos-Obregón (Eds.) El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del norte grande de Chile (Arica, Lat. 18° 28'S). Volumen I, Proyecto MAB-6, UNEP-UNESCO 1105-77-01, ROSTLAC, Montevideo.

VIDAL M (2004) Reptiles terrestres de Chile. Guías de Identificación y Biodiversidad Fauna Chilena. Apuntes de Zoología, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. 15 pp.

VILLAGRÁN C & V CASTRO (1999) Etnobotánica y manejo ganadero de las vegas, bofedales y quebradas en el Loa Superior, Andes de Antofagasta, Norte de Chile. Chungará 29 (2): 275-304.

VILLAGRÁN C, J ARMESTO & MTK ARROYO (1981) Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro Leon in northern Chile. Vegetatio 48: 3-16.

VILLAGRÁN C, MTK ARROYO & C MARTICORENA (1983) Efectos de la desertización en la distribución de la flora andina de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 56(2): 137-157.

VILLAGRÁN C,MTK ARROYO & J ARMESTO (1982) La vegetación de un transecto altitudinal de los Andes del norte de Chile (18-19º S). En: El ambiente natural y las poblaciones humanas de Los Andes del Norte Grande de Chile (Arica, lat. 18º28' S) (Veloso, A. y E. Bustos, eds.), Vol. 1, pp. 13-70. UNESCO, Montevideo, UY.

VUILLEUMIER F (1997) An overview of field guides to neotropical birds with remarks on their role in the development of neotropical ornithology. Ornitología Neotropical 8: 195-236.

WALKER LI, M ROJAS, S FLORES, AE SPOTORNO & G MANRÍQUEZ (1999) Genomic compatibility between two phyllotine rodent species evaluated through their hybrids. Hereditas 131: 227-238.

WHITTAKER RH (1972) Evolution and measurement of species diversity. Taxon 21 (2/3): 213-251.

WHITTAKER RH (1975) Communities and Ecosystems, segunda edición. Nueva York: Macmillan.

WIKUM D & GF SHANHOLTZER (1978) Application of the Braun-Blanquet cover – abundance scale for vegetation analysis in land development studies. Environmental Management 2(4): 323-329

WING, E. 1986. Domestication of Andean Mammals. Pp: 246-264, en: Vuilleumier, F. & M. Monasterio (Eds). High Altitude Tropical Biogeography. Oxford University Press. 649 pp.

YÁÑEZ J & A MUÑOZ-PEDREROS (2008) Mamíferos vivientes de Chile. En: A Muñoz-Pedreros & J Yáñez (eds) Mamíferos de Chile, segunda edición. CEA Ediciones. 573 pp.

YÁÑEZ JL & H NÚÑEZ (1983) *Liolaemus fabiani*, a new species of lizard from northern Chile (Reptilia: Iguanidae). Copeia 1983: 788-790.

YOUNGMAN, K.J. (1984) Hydrothermal alteration and fluid-rock interaction in the El Tatio geothermal field, Antofagasta province, Chile. MSc Thesis, University of Auckland, NZ

ZINZMEISTER W (1978) Effect of the west Antarctic ice sheet on shallow-water marine fauna of Chile. Antarctic Journal 13: 25-26.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXOS CAPÍTULO IV

ANEXO 4-1. INVENTARIO FLORÍSTICO DE CINCO ÁREAS DE ESTUDIO EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

ESPECIES	VALLE DE QUILLAGUA	OASIS DE CALAMA	VOLCAN LICANCABUR	LAGUNA LEJÍA	GÉISERS EL TATIO
Algae					
Chara sp.	X	X			
Cladophora sp.	X	X			
Nostoc sp		X			
Spirogyra sp.	X	X			
Stygeoclonium sp.	X	X			
Pteridophyta (Filicopsida)					
Azolla filiculoides Lam.	X	X			X
Notholaena nivea (Poiret) Desv.			X		
Pinophyta (Gnetopsida)					
Ephedra breana Phil.			X		X
Ephedra multiflora Phil. ex Stapf			X		X
Ephedra rupestris Benth.					X
Angiospermae (Magnoliophyta)					
Dicotyledoneae (Magnoliopsida)					
Acacia macracantha Humb. & Bonpl.ex Willd.	X	X			
Acantholippia punensis Botta			X		
Adesmia aphylla Clos			X		
Adesmia atacamensis Phil.			X		X
Adesmia echinus K. Presl			X		
Adesmia kingii Phil.			X		
Adesmia melanthes Phil.			X		
Adesmia polyphylla Phil.			X		X
Adesmia sp.			X		
Adesmia spinosissima Meyen ex Vogel					X
Adesmia subterranea Clos			X	X	
Ambrosia artemisioides Meyen et Walp.			X		
Arenaria rivularis Phil.				X	X
Astragalus sp			X		X
Atriplex atacamensis Phil.	X	X			
Atriplex imbricata (Moq.) Dietr.			X		
Atriplex semibaccata R. Br.		X			
Azorella compacta Phil.					X
Azorella cryptantha (Clos) Reiche			X		
Baccharis boliviensis (Wedd.) Cabr.			X		X
Baccharis incarum Wedd.			X		X
Baccharis juncea (Cass.) Desf.	X	X			X
Baccharis petiolata DC.	X	X	X		
Belloa virescens (Wedd.) Cabrera					X

Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze		X			
Cajophora superba Phil.					X
Calandrinia occulta Phil.				X	
Calandrinia salsoloides (Barnéoud) Carolin ex Hershk.	X		X		
Calceolaria stellariifolia Phil.				X	X
Chaetanthera dioica (Remy) B.L. Rob.			X		X
Chaetanthera revoluta (Phil.) Cabr.			X	X	X
Chenopodium petiolare H.B.K.			X		
Chenopodium sp.		X			
Chuquiraga atacamensis O.K.			X		X
*Cistanthe salsoloides (*Barnéoud) Carolin ex Hershk.		X			
Cotula mexicana (DC.) Cabr.					X
Cumulopuntia hystrix F.Ritter			X		
Diplostephium meyenii Wedd.			X		X
Erigeron andicola DC.			X		X
Erigeron senecioides Weed.		X			
Fabiana densa Remy var. ramulosa			X		X
Fabiana denudata Miers			X		X
Fabiana squamata Phil.			X		
Geoffroea decorticans (Guillies ex Hook. & Arn.) Burkart	X				
Gnaphalium sp.			X		X
Haplopappus rigidus Phil.			X		
Heliotropium curassavicum L.	X	X			
Hoffmanseggia sp.			X		
Hypochaeris taraxacoides (Walp.) Benth. et Hooker					X
Junellia minima (Meyen) Mold.					X
Junellia seriphioides (Gill. et Hook.) Mold.			X		X
Junellia tridactyla (Phil.) Mold.				X	X
Krameria lappacea (Dombey) Burdet & B.B. Simpson			X		
Lampaya sp.			X		
Lenzia chamaepitys Phil.				X	X
Lilaeopsis macloviana (Gand.) A.W. Hill					X
Limosella australis R. Br.			X		
Lobivia formosa (Pfeiff.) Dodds					X
Lucilia sp					X
Lupinus oreophilus Phil.			X		
Lycium humile Phil.					X
Lycopersicon chilense Dunal			X		
Lythrum sp		X			
Malesherbia sp.	X				
Medicago sativa L.	X	X			
Menonvillea sp.			X	X	
Mimulus glabratus H.B.K. var. *glabratus*					X
Moschopsis monocephala (Phil.) Reiche			X	X	
Mulinum crassifolium Phil.			X	X	X
Mutisia lanigera Wedd.					X

Myriophyllum quitense H.B.K.					X
Neuontobothrys linifolius (Phil.) O.E. Schulz			X		
Nototriche argentea A.W. Hill					X
Nototriche auricoma (Phil.) A.W. Hill			X	X	
Nototriche cfr. *pulvinata*			X		
Nototriche sp.				X	
Nototriche sp.1				X	
Opuntia conoidea (Back.) A. Hoffmann			X		X
Opuntia ignescens Vaupel			X		X
Opuntia sp					X
Oreocereus leucotrichus (R.Phil.) Wagenkn.					X
Oxalis erythrorrhiza Gill. ex H. et A.				X	
Oxalis pycnophylla Wedd.					X
Parastrephia lucida (Meyen) Cabr.					X
Parastrephia phylicaeformis (Meyen) Cabr.			X		X
Parastrephia quadrangularis (Meyen) Cabr.			X		X
Parastrephia teretiuscula (O.K.) Cabr.			X		
Perezia atacamensis (Phil.) Reiche			X	X	X
Perezia pygmaea Wedd.			X		X
Polyachyrus carduoides Phil.			X		
Prosopis alba Griseb.	X	X			
Prosopis chilensis Stuntz	X	X			
Prosopis tamarugo Phil.	X				
Pycnophyllum bryoides (Phil.) Rohrb.			X	X	X
Pycnophyllum macropetalum Mattf.			X	X	X
Pycnophyllum molle Remy					X
Reicheella andicola (Phil.) Pax					X
Satureja parvifolia (Phil.) Epling					X
Schinus molle L.		X			
Senecio adenophyllus Meyen ex Walp.			X		
Senecio atacamensis Phil.			X		
Senecio cfr. *algens*			X		
Senecio cfr. *socompae*			X		
Senecio graveolens Wedd.			X		
Senecio puchii Phil.			X	X	X
Senecio rosmarinus Phil. var. *rosmarinus*			X		X
Senecio sp		X			
Sisymbrium amplexicaule A. Gray			X		
Sisymbrium sp					X
Solanum furcatum Dunal ex Poir. var. *furcatum*			X		
Solanum sp.		X			
Tagetes multiflora H.B.K.			X		X
Tarasa operculata (Cav.) Kapov.			X		
Tephrocactus atacamensis (Phil.) F. Ritter			X		
Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) H.Rob. & Cuatrec.	X	X			X
Tiquilia sp.			X		

Trichocereus atacamensis (Phil.) Backeb			X		X
Trichocline caulescens Phil.			X		
Urbania pappigera Phil.			X	X	X
Urtica trichantha (Wedd.) Acev. ex L.E. Navas					X
Valeriana nivalis Wedd.			X		
Valeriana urbanii Phil.					X
Werneria aretioides Wedd.			X		
Werneria denticulata Blake			X		X
Werneria glaberrima Phil.					X
Werneria incisa Phil.				X	
Werneria pinnatifida J. Rémy					X
Werneria poposa Phil.			X		
Monocotyledoneae (Liliopsida)					
Aristida adscensionis L.			X		X
Aristida asplundii Henrard.			X		
Arundo donax	X				
Carex gayana Desv.					X
Carex maritima Gunn. var. Misera				X	
Cortaderia atacamensis (Phil.) Pilger		X	X		X
Cyperus sp					X
Deyeuxia antoniana (Griseb.) Parodi				X	X
Deyeuxia breviaristata Wedd.					X
Deyeuxia cabrerae (Parodi) Parodi				X	X
Deyeuxia chrysantha J. Presl					X
Deyeuxia crispa Rugolo et Villav.			X		
Deyeuxia curvula Wedd.					X
Deyeuxia deserticola Phil.			X		
Deyeuxia eminens J. Presl					X
Deyeuxia sp.			X		X
Deyeuxia velutina Nees et Meyen					X
Dielsiochloa floribunda (Pilger) Pilger			X		X
Distichlis humilis Phil.			X		
Distichlis spicata (L.) Greene	X	X			X
Festuca chrysophylla Phil.			X	X	X
Festuca deserticola Phil.					X
Festuca hypsophila Phil.					X
Festuca orthophylla Pilger			X		X
Festuca sp.			X	X	
Hordeum chilense Roem. & Schult.	X				
Hordeum sp.				X	
Juncus acutus L.		X			
Juncus articus Willd.		X			X
Juncus dombeyanus J.Gay ex Laharpe		X			
Lemna minor L.					X
Myriophyllum quitense H.B.K.		X			
Oxychloe andina Phil.					X

Phragmites australis (Cav.) Trin. Ex Steud.	X	X			
Poa sp.		X			
Polypogon australis Brongn.			X		X
Polypogon monspeliensis (L.) Desf.		X			
Potamogeton strictus Phil. ENDEMICA		X			
Puccinellia frigida (Phil.) I. M. Johnst.				X	
Puccinellia sp					X
Ruppia maritima L.	X	X			
Scirpus americanus Pers.	X	X			
Stipa bomanii Haum.			X		
Stipa chrysophylla Desv.			X		
Stipa frigida Phil.			X	X	
Stipa nardoides (Phil.) Hackel ex Hitchc.			X	X	X
Stipa speciosa Trin. et Rupr.			X		
Stipa venusta Phil.			X		X
Zameioscirpus atacamensis (Phil.) Dhooge & Goetgh.					X
Zea mays L.		X			
TOTAL ESPECIES	24	37	93	29	92

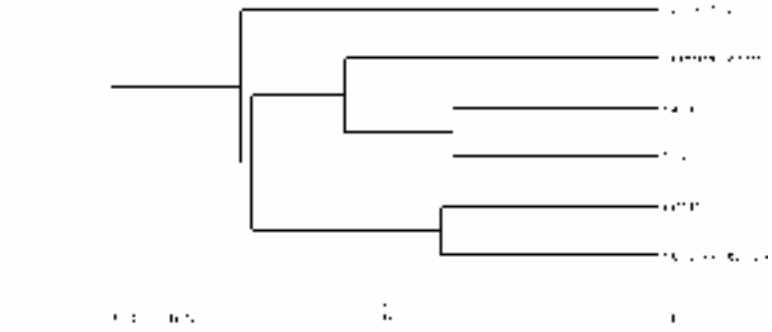
ANEXO 4-2. SIMILITUD ENTRE DIFERENTES ESTACIONES EN LA PROVINCIA DE EL LOA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.

Valle de Quillagua

Oasis de Calama

Laguna Lejía

Volcán Licancabur



Geisers del Tatio

ANEXO 4-3. MAMÍFEROS PRESENTES EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008.
EC= ESTADO DE CONSERVACIÓN. 1= LEY DE CAZA, 2= GLADE (1993), 3= UICN (2007), 4= COFRÉ & MARQUET (1998).

	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa sub desértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
ÁREAS		Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur, Tatio	Licancabur, Tatio	Tatio	Tatio
MAMÍFEROS													
Myotis atacamensis	V[3]	x											
Chaetophractus nationi	P[1]									x	x		
Akodon albiventer									x	x	x		
Abrothrix olivaceus		x		x									
Abrocoma cinerea							x	x		x	x	x	x
Abrothrix andinus							x			x	x	x	
Eligmodontia puerulus	LR/Ic[3]									x	x		
Phyllotis rupestris				x						x	x		
Phyllotis magister	NP[4]			x			x	x	x	x	x	x	x
Auliscomis sublimis												x	x
Lagidium viscacia	P[1]						x			x	x		
Chinchilla brevicaudata							x						
Ctenomys fulvus	V[1]					x			x	x	x		
Ctenomys opimus										x	x		
Rattus norvergicus				x									
Rattus rattus		x	x	x	x								
Mus musculus		x	x	x	x								
Lycalopex culpaeus	I[1]			x		x		x	x	x	x	x	x
Lycalopex griseus				x									
Leopardus colocolo	P[1]							x	x				
Vicugna vicugna	P[1]						x			x	x	x	x
Lama glama							x					x	
Lama guanicoe									x				
Equus asinus									x			x	
Oryctolagus cuniculus				x	x								

ANEXO 4-4. AVES PRESENTES EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. EC= estado de conservación. 1= Ley de Caza, 2= Glade (1993), 3= UICN (2007).

ESPECIE	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa altoandina subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
		Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur, Tatio	Licancabur, Tatio	Tatio	Tatio
Agriornis andicola	V[3]									x	x	x	
Agriornis montana				x	x								
Anas cyanoptera		x		x									
Anas flavirostris		x		x				x				x	
Anas georgica		x		x				x	x			x	
Anas puna												x	
Asthenes modesta							x			x	x	x	
Athene cunicularia				x									
Attagis gayi	R[1]					x							
Bolborhynchus aurifrons							x						
Bubo magellanicus				x	x								
Buteo polyosoma		x		x						x	x	x	
Calidris bairdii						x						x	
Calidris minutilla		x											
Carduelis atrata							x	x		x	x	x	
Charadrius alticola						x							
Chloephaga melanoptera	V[1]					x						x	
Chordeiles acutipennis		x		x									
Cinclodes atacamensis								x				x	
Cinclodes fuscus				x									
Circus cinereus				x	x								
Columba livia				x	x								
Conirostrum cinereum			X										
Conirostrum tamarugense			X										
Dendrocygna viduata				x									
Egretta caerulea				x									
Falco femoralis		x		x						x	x	x	
Falco peregrinus	V[1]			x	x								
Falco sparverius				x	x								
Fulica ardesiaca		x		x									

Fulica gigantea	V[1]											x	
Gallinago andina												x	
Geositta cunicularia						x							
Geositta punensis						x	x						
Geranoaetus melanoleucus				x	x								
Icterus galbula				x									
Larus modestus	V[1]	x											
Larus serranus	V[1]					x						x	
Leptasthenura aegithaloides				x				x				x	
Lessonia oreas								x				x	
Lophonetta specularioides						x						x	
Metriopelia melanoptera				x					x	x	x	x	
Metropelia aymara										x	x	x	x
Muscisaxicola flavinucha						x				x	x	x	
Muscisaxicola frontalis						x	x						
Muscisaxicola maclovianus		x	X										
Muscisaxicola maculirostris		x	X	x						x	x		
Muscisaxicola rufivertex				x		x	x		x	x	x	x	x
Nycticorax nycticorax				x									
Oreotrochilus estella							x						
Oreotrochilus sp.										x	x		
Pardillarus sanguinolentus		x		x									
Passer domesticus		x	X	x									
Petrochelidon pyrrhonota				x									
Steganopus tricolor				x		x							
Phalcoboenus megalopterus				x			x			x	x	x	
Phleocryptes melanops		x		x									
Phoenicoparrus andinus	V[1]					x						x	
Phoenicoparrus jamesi	V[2]					x							
Phoenicopterus chilensis	V[3]					x						x	
Phrygilus atriceps							x	x	x	x	x	x	
Phrygilus dorsalis										x	x	x	x
Phrygilus fruticeti				x				x					
Phrygilus gay				x									
Phrygilus plebejus						x	x	x		x	x		
Phrygilus unicolor							x			x	x		
Pterocnemia pennata	P[1]						x						x
Pygochelidon cyanoleuca		x		x				x				x	
Riparia riparia				x									

Sicalis auriventris						x	x	x	x	x	x		
Sicalis olivascens						x	x						
Sicalis uropygialis						x	x						
Tachuris rubrigastra		x		x									
Thinocorus orbignyianus												x	
Tinamotis pentlandii	V[1]									x	x		x
Tringa flavipes												x	
Troglodytes aedon		x	X	x	x			x					
Turdus chiguanco								x					
Tyrannus savana		x											
Tyrannus tyrannus				x									
Tyto alba				x	x								
Upucerthia dumetaria			X	x	x		x						
Upucerthia ruficaudus							x			x	x		
Vultur gryphus	V[1]									x	x	x	x
Zenaida auriculata			X	x	x								
Zenaida meloda				x									
Zonotrichia capensis		x	X	x	x			x					

ANEXO 4-5. HERPETOFAUNA PRESENTE EN 12 AMBIENTES EN CINCO ÁREAS DE ESTUDIO. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. E= Especie endémica; EC= estado de conservación. 1= Ley de Caza, 2= UICN (2007), 3= Veloso (2006).

ESPECIE	E	EC	Matorral ripariano del desierto absoluto de Quillagua	Cultivos del Valle de Quillagua	Matorral ripariano del desierto absoluto de Calama	Cultivos del Oasis de Calama	Humedal altoandino de Laguna Lejía	Pajonal de la estepa altoandina subdesértica de la puna de Atacama	Humedales riparianos del Guatín	Ojalar del desierto de aluviones	Pajonal/tolar de la estepa altoandina subdesértica	Pajonal/tolar de la estepa altoandina altiplánica	Humedales altoandinos del Tatio	Tolar de la estepa arbustiva prepuneña
ÁREAS			Quillagua	Quillagua	Calama	Calama	Lejía	Lejía	Licancabur	Licancabur	Licancabur Tatio	Licancabur Tatio	Tatio	Tatio
Liolaemus andinus								x		x	x	x	x	
Liolaemus erguetae											x	x		
Liolaemus barbarae	E										x	x		
Liolaemus constanzae		R[1]							x	x	x	x		
Liolaemus fabiani	E	R[1]								x				
Liolaemus hajeki	E													x
Liolaemus paulinae	E	R[1]			x									
Liolaemus puritamensis	E							X			x	x		
Microlophus theresioides	E	R[1]	x	X	x	x								
Phrinosaura audivelata	E	R[1]								x				
Phrynosaura torresi	E				x									
Phyllodactylus gerrhopygus					x									
Tachymenis peruviana										x	x	x		
Bufo spinulosus		V[1]							x				x	
Telmatobius dankoi	E	I[3]			x									
Telmatobius vilamensis	E	DD[2]							x					

ANEXO 4-6. CATÁLOGO DE VERTEBRADOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO LAGUNA LEJÍA. REGIÓN DE ANTOFAGASTA. 2008. O= ORIGEN EC= ESTADO DE CONSERVACIÓN.

ORDEN	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	O	EC
MAMÍFEROS				
RODENTIA	*Abrothrix andinus* (Philippi, 1858)	ratón andino	N	
	Phyllotis magister Thomas, 1912	lauchón orejudo grande	N	
	Ctenomys fulvus Philippi, 1860	tuco tuco de Atacama	N	V
	Ctenomys opimus Wagner, 1848	tuco tuco de la puna	N	
	Lagiduim viscacia (Molina, 1782)	vizcacha	N	P
	Chinchilla brevicaudata	chinchilla de cola corta	N	P
	Abrocoma cinerea	ratón chinchilla de cola corta	N	
CARNIVORA	*Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782)	zorro culpeo	N	I
ARTIODACTYLA	*Vicugna vicugna* (Molina, 1782)	vicuña	N	P
	Lama glama (Linnaeus, 1758)	llama	N	
PERISSODACTYLA	*Equus asinus* Linnaeus, 1758	burro	I	
AVES				
RHEIFORMES	*Pterocnemia pennata* (Chubb)	suri	N	P
ANSERIFORMES	*Lophonetta specularioides* (King)	pato juarjual	N	
	Chloephaga melanoptera (Eyton)	piuquén, guayata	N	V
APODIFORMES	*Oreotrochilus estella* (d´Orbigny & Lafresnaye)	picaflor de la puna	N	
CHARADRIIFORMES	*Charadrius alticola* (Berlepsch y Stolzmann)	chorlo de la puna	N	
	Calidris bairdii (Coues)	playero de Baird	N	
	Steganopus tricolor (Vieillot)	pollito de mar tricolor	N	
	Attagis gayi Geoffroy Saint-Hilaire y Lesson	perdicita cordillerana	N	R
	Larus serranus Tschudi	gaviota andina	N	V
CICONIFORMES	*Phoenicopterus chilensis* Molina	flamenco chileno	N	V
	Phoenicoparrus andinus (Philippi)	parina grande	N	V
	Phoenicoparrus jamesi (Sclater)	parina chica	N	V
COLUMBIFORMES	*Metriopelia melanoptera* (Molina)	tórtola cordillerana	N	
FALCONIFORMES	*Phalcoboenus megalopterus* (Meyen)	carancho cordillerano	N	
PASSERIFORMES	*Sicalis uropygialis* (d´Orbigny & Lafresnaye)	chirihue cordillerano	N	
	Sicalis auriventris Philippi & Landbeck	chirihue dorado	N	
	Sicalis olivascens (d´Orbigny & Lafresnaye)	chirihue verdoso	N	
	Phrygilus atriceps (Lafresnaye & d´Orbigny)	cometocino del norte	N	
	Phrygilus unicolor (Lafresnaye & d´Orbigny)	pájaro plomo	N	
	Phrygilus plebejus Tschudi	plebeyo	N	
	Carduelis atrata (Lafresnaye & d´Orbigny)	jilguero negro	N	
	Geosita cunicularia (Vieillot)	minero	N	
	Geosita punensis Dabbene	minero de la puna	N	
	Upucerthia ruficauda (Meyen)	bandurrilla de pico recto	N	
	Upucerthia dumetaria Geoffroy Saint-Hilaire	bandurrilla	N	
	Asthenes modesta (Eyton)	canastero chico	N	
	Muscisaxicola rufivertex (d´Orbigny & Lafresnaye)	dormilona de nuca rojiza	N	
	Muscisaxicola flavinucha Lafresnaye	dormilona fraile	N	
	Muscisaxicola frontalis (Burmeister)	dormilona de frente negra	N	
PSITTACIFORMES	*Bolborhynchus aurifrons* (Lesson)	perico cordillerano	N	
REPTILES				
SQUAMATA	*Liolaemus andinus* Koslowsky, 1895	lagartija andina	N	
	Liolaemus puritamensis Núñez y Fox, 1989	lagartija de Puritama	E	

ANEXOS CAPÍTULO VI

ANEXO 6-1. BASE DE DATOS TABULADOS PARA VALORES DE FRAGILIDAD DE PAISAJE.

D= DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN; E= DIVERSIDAD DE ESTRATOS; A= ALTURA DE LA VEGETACIÓN; ES= ESTACIONALIDAD DE LA VEGETACIÓN; CV= CONTRASTE CROMÁTICO V/V; CS= CONTRASTE CROMÁTICO V/S; P=PENDIENTE Y H= VALOR HISTÓRICO Y CULTURAL; X=VALOR DE FRAGILIDAD, VFSUP=VALOR DE FRAGILIDAD SUBUNIDAD DE PAISAJE, VFUP= VALOR DE FRAGILIDAD UNIDAD DE PAISAJE, VFMUP= VALOR DE FRAGILIDAD MACROUNIDAD DE PAISAJE.

											VFSUP		VFUP		VFMUP
MUP	COD UP	Foto	D	E	A	ES	CV	CS	P	H	X	DE	X	DE	X
Sin vegetación plano	SVCR	24	3	0	0	0	3	2	1	1	2	1,3	2	0,1	2
		25	3	0	0	0	3	1	1	1	2	1,2			
		26	3	0	0	0	3	2	1	1	2	1,3			
		22	3	0	0	0	0	0	1	2	2	1,2			
	SVC	31	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1	2	0,1	
		37	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		74	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		75	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		76	3	0	0	0	0	0	1	2	2	1,2			
		77	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		48	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		49	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		42	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
	SVP	78	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1	2	0,1	
		30	3	0	0	0	3	2	1	1	2	1,3			
		44	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		45	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		46	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		36	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		29	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
Sin vegetación ladera	SVLC	35	3	0	0	0	0	0	2	1	2	1,2	2	0,1	2
		38	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		39	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		40	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		43	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		71	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		67	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		41	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
	OP	34	3	0	0	0	0	0	0	1	2	1,1	2	0,0	
Sin vegetación laguna	LSVL	63	3	0	0	0	0	0	1	2	2	1,2	2	0,1	2
		64	3	0	0	0	0	0	1	2	2	1,2			
		66	3	0	0	0	0	0	1	2	2	1,2			
		70	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		51	3	0	0	0	0	0	1	2	2	1,2			
	LSVC	47	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1	2	0,1	
		72	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		73	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		87	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		68	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		69	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1,1			
		65	3	0	0	0	0	0	1	2	2	1,2			

Pajonal muy ralo	PBMR	8	3	3	1	1	3	2	1	1	2	1,0	2	0,1	2
		9	3	3	1	1	3	1	1	1	2	1,0			
		12	3	3	1	1	3	2	1	1	2	1,0			
	PBMRPC	81	3	3	1	1	3	1	1	1	2	1,0	2	0,1	
		10	3	3	1	1	3	2	1	1	2	1,0			
		11	3	3	1	1	3	2	1	1	2	1,0			
		13	3	3	1	1	3	2	1	1	2	1,0			
		32	3	3	1	1	3	2	1	1	2	1,0			
		33	3	3	1	1	3	2	1	1	2	1,0			
		23	3	3	1	1	3	2	1	2	2	0,9			
		28	3	3	1	1	3	2	1	1	2	1,0			
		79	3	3	1	1	3	1	1	1	2	1,0			
		80	3	3	1	1	3	1	1	1	2	1,0			
	PBMRLC	15	3	3	1	1	3	2	2	1	2	0,9	2	0,0	
		16	3	3	1	1	3	2	2	1	2	0,9			
		17	3	3	1	1	3	2	2	1	2	0,9			
		18	3	3	1	1	3	2	2	1	2	0,9			
		19	3	3	1	1	3	2	2	1	2	0,9			
		20	3	3	1	1	3	2	2	1	2	0,9			
		21	3	3	1	1	3	2	2	1	2	0,9			
Paja brava rala	PBRC	14	3	3	1	1	3	2	2	1	2	0,9	2	0,1	2
		27	3	3	1	1	3	2	1	1	2	1,0			
	PBRL	5	3	3	1	1	3	2	1	1	2	1,0	2	0.0	
		6	3	3	1	1	3	2	1	1	2	1,0			
Pajonal semi denso semi densa	PBSD	2	2	3	1	1	3	2	1	1	2	0,9	2	0,1	2
		1	2	3	1	1	3	2	1	1	2	0,9			
		3	2	3	1	1	3	2	1	1	2	0,9			
		4	2	3	1	1	3	2	1	1	2	0,9			
		50	2	3	1	1	2	3	1	2	2	0,8			
		7	3	3	1	1	3	2	1	1	2	1,0			
Laguna Lejía	LC	52	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3	2	0,0	2
		55	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			
		82	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			
		83	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			
		85	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			
	LCS	84	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3	2	0,0	
		86	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			
	LCC	53	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3	2	0,0	
		54	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			
		56	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			
		57	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			
		58	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			
		61	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			
		59	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			
		60	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			
		62	3	3	1	0	0	0	1	2	2	1,3			

ANEXO 6-2. BASE DE DATOS TABULADOS PARA LOS VALORES DE CALIDAD VISUAL DE LAS UP REGISTRADAS EN EL ÁREA, SEGÚN EL MÉTODO DE Muñoz-Pedreros et al. (1993). N= NÚMERO IDENTIFICADOR DE LAS IMÁGENES O PAISAJES, G1= EVALUACIÓN DEL GRUPO DE EXIGENTES, G2= EVALUACIÓN DEL GRUPO TRANSFORMADOR DEL PAISAJE, G3= EVALUACIÓN DEL GRUPO CONTROL, X1, X2, X3= VALOR PROMEDIO QUE CADA GRUPO EVALUADOR LE ASIGNO A CADA PAISAJE, X4= VALOR PROMEDIO DE LA UP, DE= DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

UP	N	PANEL DE EVALUADORES																			
		G1						G2						G3							
		cgo	rs	cg	gr			ssm	mc	cm	rg			jv	jh	pc	cd				
		1	2	3	4	X1	DE	5	6	7	8	X2	DE	9	10	11	12	X3	DE	X4	DE
Sin vegetación, plano, pajonal segundo plano, cerros segundo plano	24	18	15	20	14	17	2,8	15	13	12	11	13	1,7	19	23	11	16	17	5,1	16	3,8
Sin vegetación, plano, pajonal segundo plano, cerros segundo plano	25	15	14	16	9	14	3,1	15	13	12	13	13	1,3	15	18	10	18	15	3,8	14	2,8
Sin vegetación, plano, pajonal segundo plano, cerros segundo plano	26	16	15	19	12	16	2,9	15	17	16	18	17	1,3	25	19	11	19	19	5,7	17	3,7
Sin vegetación, plano, laguna seca segundo plano, cerros segundo plano	22	16	14	21	16	17	3	16	17	17	16	17	0,6	25	16	11	20	18	5,9	17	3,6
Sin vegetación, plano, cordillera segundo plano	31	15	15	20	12	16	3,3	10	13	15	15	13	2,4	21	23	10	16	18	5,8	15	4,1
Sin vegetación, plano, cordillera segundo plano	37	15	12	12	16	14	2,1	12	13	12	14	13	1	11	16	11	17	14	3,2	13	2,1
Sin vegetación, plano, cordillera segundo plano	74	16	13	8	13	13	3,3	14	16	21	22	18	3,9	16	17	11	19	16	3,4	16	4,0
Sin vegetación, plano, cordillera segundo plano	75	16	13	7	9	11	4	12	16	22	22	18	4,9	11	17	16	21	16	4,1	15	5,0
Sin vegetación, plano, cordillera segundo plano	76	16	12	13	14	14	1,7	12	16	18	24	18	5	17	18	15	18	17	1,4	16	3,3
Sin vegetación, plano, cordillera segundo plano	77	13	13	6	9	10	3,4	10	11	18	24	16	6,6	8	12	14	14	12	2,8	13	4,8
Sin vegetación, plano, cordillera segundo plano	48	15	13	9	12	12	2,5	15	11	10	11	12	2,2	13	17	12	21	16	4,1	13	3,3
Sin vegetación, plano, cordillera segundo plano	49	16	14	12	16	15	1,9	15	12	10	11	12	2,2	22	17	11	20	18	4,8	15	3,7
Sin vegetación, plano, cordillera segundo plano	42	16	12	16	9	13	3,4	13	16	16	20	16	2,9	23	18	14	14	17	4,3	16	3,7
Sin vegetación, plano, cerro clastos grandes	78	15	15	12	15	14	1,5	11	13	12	21	14	4,6	9	14	12	16	13	3,0	14	3,0
Sin vegetación, plano, cerro con paja brava rala segundo plano	30	15	14	18	7	14	4,7	14	11	10	12	12	1,7	11	15	9	13	12	2,6	12	3,0
Sin vegetación, plano y ondulado, cerros	44	14	11	13	5	11	4	15	10	10	17	13	3,6	13	13	7	17	13	4,1	12	3,7
Sin vegetación, plano y ondulado	45	14	10	15	7	12	3,7	11	10	10	16	12	2,9	9	16	12	18	14	4,0	12	3,4
Sin vegetación, plano y ondulado, cordillera segundo plano	46	14	11	13	7	11	3,1	11	12	11	11	11	0,5	11	18	12	20	15	4,4	13	3,4
Sin vegetación, plano y ondulado, cordillera segundo plano	36	14	12	15	16	14	1,7	10	12	12	13	12	1,3	15	16	9	16	14	3,4	13	2,4
Sin vegetación, ondulada, cordillera segundo plano	29	16	14	20	9	15	4,6	15	16	16	14	15	1	16	19	10	17	16	3,9	15	3,2
Sin vegetación, ladera, cerro con clastos medianos y grandes agrupados	35	11	10	9	7	9,3	1,7	10	10	9	7	9	1,4	8	12	9	13	11	2,4	10	1,8
Sin vegetación, ladera, clastos pequeños dispersos, cerros segundo plano	38	14	11	10	5	10	3,7	12	11	11	13	12	1	10	15	11	17	13	3,3	12	3,0
Sin vegetación, ladera, cordillera segundo plano	39	16	13	21	16	17	3,3	12	15	12	18	14	2,9	25	22	22	20	22	2,1	18	4,3
Sin vegetación, ladera, clastos medianos homogeneos, cordillera segundo plano	40	15	12	10	7	11	3,4	13	12	13	16	14	1,7	17	19	14	14	16	2,4	14	3,2
Sin vegetación, ladera, clastos medianos agrupados, cordillera segundo plano	43	16	11	20	11	15	4,4	16	13	12	19	15	3,2	12	18	16	15	15	2,5	15	3,1
Sin vegetación, ladera, cordillera segundo plano	71	15	13	10	14	13	2,2	14	11	11	20	14	4,2	12	14	12	17	14	2,4	14	2,8
Sin vegetación, ladera, clastos pequeños, cordillera segundo plano	67	18	14	12	10	14	3,4	15	16	18	21	18	2,6	16	16	14	19	16	2,1	16	3,0
Sin vegetación, ladera, clastos medianos homogeneos, cordillera segundo plano	41	14	12	7	7	10	3,6	13	12	9	15	12	2,5	20	16	15	14	16	2,6	13	3,8
Sin vegetación, obstrucción de paisaje	34	10	10	7	8	8,8	1,5	15	10	10	7	11	3,3	9	10	7	12	9,5	2,1	10	2,3
Sin vegetación, ladera, laguna, clastos medianos, cordillera segundo plano	63	21	15	7	6	12	7,1	22	20	20	21	21	1	15	19	16	18	17	1,8	17	5,3
Sin vegetación, ladera, laguna, clastos medianos, cordillera segundo plano	64	21	14	7	6	12	7	22	20	23	23	22	1,4	20	19	12	18	17	3,6	17	6,0
Sin vegetación, ladera, laguna, clastos medianos, cordillera segundo plano	66	21	13	15	14	16	3,6	17	18	18	24	19	3,2	25	15	13	16	17	5,3	17	4,0
Sin vegetación, ladera, laguna, cordillera segundo plano	70	18	14	19	10	15	4,1	18	18	18	24	20	3	25	15	16	16	18	4,7	18	4,1
Sin vegetación, plano, laguna, clastos medianos, cerros	51	23	15	21	20	20	3,4	21	23	21	23	22	1,2	26	25	23	23	24	1,5	22	2,8
Sin vegetación, plano, laguna, cordillera segundo plano	47	15	13	6	16	13	4,5	16	11	11	12	13	2,4	20	19	13	20	18	3,4	14	4,2
Sin vegetación, plano, laguna, cordillera segundo plano	72	16	15	10	12	13	2,8	15	18	18	19	18	1,7	19	17	13	16	16	2,5	16	2,8
Sin vegetación, plano, laguna, cordillera segundo plano	73	15	13	9	9	12	3	13	17	17	20	17	2,9	15	12	11	18	14	3,2	14	3,5
Sin vegetación, plano, laguna, cordillera segundo plano	87	22	16	18	16	18	2,8	14	12	12	13	13	1	24	19	11	16	18	5,4	16	4,1
Sin vegetación, plano, laguna, cordillera segundo plano	68	19	15	12	18	16	3,2	18	23	20	26	22	3,5	28	19	13	23	21	6,3	20	4,9
Sin vegetación, plano, laguna, cordillera segundo plano	69	23	15	17	16	18	3,6	18	23	20	26	22	3,5	14	20	12	21	17	4,4	19	4,2

Sin vegetación, plano, laguna, cordillera segundo plano	65	21	14	8	11	14	5,6	22	22	23	23	23	0,6	23	16	14	19	18	3,9	18	5,2
Vegetación muy rala de paja brava, plano	8	13	10	15	7	11	3,5	10	11	10	12	11	1	10	12	13	14	12	1,7	11	2,2
Vegetación muy rala de paja brava, plano, clastos medianos homogeneos	9	14	11	13	12	13	1,3	10	12	15	16	13	2,8	19	11	14	14	15	3,3	13	2,5
Vegetación muy rala de paja brava, plana, clastos medianos homogeneos	12	14	11	16	12	13	2,2	11	12	15	14	13	1,8	15	18	10	15	15	3,3	14	2,4
Vegetacion muy rala de paja brava, plana, camino,cordillera segundo plano	81	22	15	20	16	18	3,3	15	12	15	14	14	1,4	23	23	22	23	23	0,5	18	4,2
Vegetación muy rala de paja brava, plana, cordillera segundo plano	10	16	12	20	16	16	3,3	15	18	16	24	18	4	20	23	10	17	18	5,6	17	4,1
Vegetación muy rala de paja brava, plana, cordillera segundo plano	11	16	16	20	17	17	1,9	16	16	18	24	19	3,8	22	24	9	18	18	6,7	18	4,2
Vegetación muy rala de paja brava, plana, cordillera segundo plano	13	16	16	16	16	16	0	15	20	18	19	18	2,2	24	20	10	20	19	6,0	18	3,5
Vegetacion muy rala de paja brava, plano, cordillera segundo plano	32	15	16	19	12	16	2,9	15	17	18	16	17	1,3	16	23	11	18	17	5,0	16	3,1
Vegetacion muy rala de paja brava, plano, cordillera segundo plano	33	15	15	20	16	17	2,4	15	18	15	15	16	1,5	11	24	12	21	17	6,5	16	3,7
Vegetación muy rala de paja brava, plano, laguna seca,clastos medios y pequeños,	23	16	15	18	16	16	1,3	16	23	18	10	17	5,4	23	25	19	22	22	2,5	18	4,3
Vegetación muy rala de paja brava, ondulada, cordillera segundo plano	28	16	13	22	16	17	3,8	15	15	17	18	16	1,5	17	19	11	20	17	4,0	17	3,0
Vegetacion muy rala de paja brava, ondulada, cordillera segundo plano	79	15	15	17	16	16	1	11	15	14	17	14	2,5	15	16	12	22	16	4,2	15	2,7
Vegetacion muy rala de paja brava, ondulada, cordillera segundo plano	80	22	16	20	18	19	2,6	16	23	14	15	17	4,1	25	24	23	25	24	1,0	20	4,1
Vegetación muy rala de paja brava, ladera, cordillera segundo plano	15	18	14	17	12	15	2,8	15	15	14	22	17	3,7	13	21	9	20	16	5,7	16	3,9
Vegetación muy rala de paja brava, ladera, cordillera segundo plano	16	18	13	18	14	16	2,6	14	13	14	16	14	1,3	15	22	9	20	17	5,8	16	3,5
Vegetación muy rala de paja brava, ladera, cordillera segundo plano	17	18	13	17	16	16	2,2	16	18	18	20	18	1,6	19	24	9	21	18	6,5	17	3,8
Vegetación muy rala de paja brava, ladera, cordillera segundo plano	18	18	12	23	14	17	4,9	15	16	17	17	16	1	22	23	9	23	19	6,8	17	4,6
Vegetación muy rala de paja brava, ladera, cordillera segundo plano	19	18	13	20	10	15	4,6	15	15	13	14	14	1	9	18	9	21	14	6,2	15	4,1
Vegetación muy rala de paja brava, ladera, clastos pequeños, cordillera segundo	20	18	13	19	13	16	3,2	15	20	15	13	16	3	15	21	10	21	17	5,3	16	3,6
Vegetación muy rala de paja brava, ladera, clastos medios y pequeños,cordillera	21	18	14	19	14	16	2,6	15	21	16	16	17	2,7	17	19	10	20	17	4,5	17	3,1
Vegetación rala de paja brava, plana y laderas, cordillera segundo plano, camino	14	18	17	19	18	18	0,8	16	16	15	25	18	4,7	24	24	14	22	21	4,8	19	3,8
Vegetación rala de paja brava, plana y ondulada, cordillera segundo plano	27	16	15	21	17	17	2,6	15	16	15	18	16	1,4	26	21	12	17	19	5,9	17	3,7
Vegetación rala de paja brava, ladera con clastos medianos dispersos	5	13	11	19	15	15	3,4	10	10	9	7	9	1,4	12	13	9	17	13	3,3	12	3,5
Vegetación rala de paja brava, ladera con clastos medianos dispersos	6	13	10	12	10	11	1,5	10	10	9	7	9	1,4	11	12	13	14	13	1,3	11	2,0
Vegetación semidensa de paja brava, plano	2	17	16	24	23	20	4,1	13	14	16	24	17	5	26	25	14	23	22	5,5	20	5,0
Vegetación semidensa de paja brava, ladera, clastos grandes agrupados	1	17	16	25	23	20	4,4	11	15	14	13	13	1,7	24	23	15	24	22	4,4	18	5,1
Vegetación semidensa de paja brava, plano y ladera	3	14	12	17	20	16	3,5	10	11	9	10	10	0,8	17	15	12	18	16	2,6	14	3,6
Vegetación semidensa de paja brava, plano y ladera	4	14	12	22	23	18	5,6	10	11	10	13	11	1,4	18	16	9	19	16	4,5	15	4,8
Vegetacion densa, plano, laguna, cordillera segundo plano	50	23	16	22	20	20	3,1	23	25	23	22	23	1,3	22	22	25	25	24	1,7	22	2,5
Vegetación en parches de paja brava, plano	7	13	19	18	12	16	3,5	10	9	10	11	10	0,8	15	16	12	13	14	1,8	13	3,2
Laguna, plano, cerros	52	23	14	18	15	18	4	21	23	23	24	23	1,3	22	23	23	22	23	0,6	21	3,4
Laguna, plano, cerros	55	23	14	16	15	17	4,1	21	23	23	23	23	1	20	21	23	23	22	1,5	20	3,4
Laguna, plano, cerros	82	22	16	18	14	18	3,4	15	21	16	20	18	2,9	21	19	17	23	20	2,6	19	2,9
Laguna, plano, cerros	83	23	16	21	14	19	4,2	15	22	20	17	19	3,1	23	21	17	22	21	2,6	19	3,3
Laguna, plano, cerros	85	23	17	19	23	21	3	16	23	23	24	22	3,7	27	22	17	21	22	4,1	21	3,3
Laguna, plano, cerros, sal	84	23	16	21	14	19	4,2	16	23	22	24	21	3,6	23	21	18	23	21	2,4	20	3,4
Laguna, plano, cerros, sal	86	22	16	19	20	19	2,5	16	18	23	27	21	5	26	22	20	23	23	2,5	21	3,5
Laguna, plano, cerros, cordillera segundo plano	53	23	15	23	22	21	3,9	23	24	23	27	24	1,9	26	25	24	25	25	0,8	23	3,0
Laguna, plano, cerros, cordillera segundo plano	54	23	15	20	20	20	3,3	22	22	23	23	23	0,6	24	21	18	18	20	2,9	21	2,7
Laguna, plano, cerros, cordillera segundo plano	56	23	14	13	15	16	4,6	23	23	23	24	23	0,5	25	21	18	25	22	3,4	21	4,4
Laguna, plano, cerros, cordillera segundo plano	57	23	15	21	16	19	3,9	23	21	23	24	23	1,3	26	22	21	25	24	2,4	22	3,3
Laguna, plano, cerros, cordillera segundo plano	58	22	14	22	18	19	3,8	22	20	22	26	23	2,5	24	21	16	26	22	4,3	21	3,7
Laguna, plano, cerros, cordillera segundo plano	61	23	15	15	16	17	3,9	21	20	22	23	22	1,3	18	19	19	23	20	2,2	20	3,0
Laguna, plano, cerros, clastos grande, cordillera segundo plano	59	22	15	22	18	19	3,4	22	20	23	26	23	2,5	28	22	24	24	25	2,5	22	3,4
Laguna, plano, cordillera segundo plano	60	23	16	14	16	17	3,9	21	22	23	25	23	1,7	17	21	21	25	21	3,3	20	3,7
Laguna, plano, cordillera segundo plano	62	22	16	18	23	20	3,3	23	21	22	21	22	1	17	18	16	20	18	1,7	20	2,6

ANEXO 6-3. Ficha de caracterización de los evaluadores de paisaje.
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXO 6-4. Planilla para la evaluación de la calidad del paisaje.
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXOS CAPÍTULO VII

ANEXO 7-1. Encuesta General. Caracterización Socioeconómica-Cultural
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXO 7-2. Entrevista General. Actores Relevantes
(véase archivo digital en CD INFORME FINAL/Instrumentos evaluación)

ANEXOS CAPÍTULO X

ANEXO 10-1. DOS EJEMPLOS DE FICHAS DE TRABAJO DE AULA PARA EL DOCENTE.

Ficha de Actividad “LOS PUEBLOS ATACAMEÑOS”
1. Objetivo Fundamental Conocer las características principales de los pueblos originarios de Chile.
2. Sector de Aprendizaje Comprensión del Medio Natural, Social y Cultural
3. Curso 4º básico
4. Aprendizaje esperado Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.
5. Indicador Comparan diferentes formas de vida de algunos pueblos originarios.
6. Sugerencia metodológica Actividades - El docente preguntará a los alumnos que pueblos originarios de Chile conocen y con que características los relacionan. - El docente afirmará o corregirá la información entregada. - El docente preguntará a los alumnos, que conocen del pueblo “atacameño”. - Observarán imágenes sobre la cultura “atacameña” (restos arqueológicos, manifestaciones culturales actuales, etc), se comentará lo observado. - Los alumnos colorearán imágenes de objetos y ceremonias propias del pueblo atacameño. - Los alumnos consultarán en sus casas, a sus vecinos o en software educativos, información sobre las imágenes coloreadas. La siguiente clase se comentará los resultados de la tarea.
7. Materiales - Pizarra y plumón. - Presentación en power point sobre el pueblo o los pueblos “atacameños”. - Cartilla de trabajo de los alumnos. - Texto con información sobre características de los pueblos atacameños. - Software sobre culturas indígenas nortinas.
8. Tiempo 90 minutos (2 horas pedagógicas)
9. Tipo de Evaluación - Se evaluará la participación de los alumnos, tanto en el aporte de ideas como en la información entregada. - Se evaluará el trabajo realizado en la cartilla (realización del trabajo, orden y calidad de la información).
10. Relación con otros subsectores - Artes: colorear imágenes - Lenguaje: entrevistas y escritura de información obtenida.

Ficha de Actividad: “LOS FLAMENCOS”
1. Objetivo Fundamental Identificar a las especies y poblaciones biológicas como niveles de organización de vegetales, animales y seres humanos.
2. Sector de Aprendizaje Estudio y Comprensión de la Naturaleza
3. Curso 5º básico
4. Contenido Recursos naturales y conservación: conocimiento de especies animales y vegetales nativas y reconocimiento de la importancia comercial de algunas de ellas; señalar estrategias básicas de cuidado y conservación de especies animales y vegetales; consecuencias positivas y negativas del uso y explotación de las especies sobre la calidad de vida de los habitantes en su región.
5. Aprendizaje esperado Identifican especies nativas e introducidas (plantas y animales) de la región; reconocen las características del paisaje de la región que permiten que tales especies vivan allí.
6. Sugerencia metodológica Actividades - Los alumnos comentarán lo que conocen sobre los flamencos y sus hábitos de vida. - El profesor entregará un documento y se observarán imágenes, donde se detalla las características de los flamencos, y por qué ellos viven en el sector de las lagunas de la Reserva Nacional de los Flamencos, en esta región. - Los alumnos responderán un cuestionario sobre la información leída y observada. - Los alumnos realizarán un dibujo de lo leído y observado.
7. Materiales - Pizarra y plumón. - Documento sobre características de los flamencos. - Presentación en power point sobre los flamencos. - Cartilla de trabajo de los alumnos. - Computadores e impresora.
8. Tiempo 90 minutos (2 horas pedagógicas)
9. Tipo de Evaluación - Se evaluará el trabajo de búsqueda de información (pertinencia, claridad y trabajo en equipo). - Se evaluará el dibujo realizado en la cartilla (realización del trabajo, orden y calidad de la información).
10. Relación con otros subsectores - Educación artística: Dibujo de flora y fauna. - Lenguaje: Lectura y comprensión de un texto. Redacción adecuada de varias respuestas.

ANEXO 10-2. DOS EJEMPLOS DE FICHA DE ACTIVIDAD DE CARTILLA DE ALUMNOS.

Ficha de Actividad “LOS PUEBLOS ATACAMEÑOS”
Curso: 4º básico
Subsector: Comprensión del Medio Natural, Social y Cultural
Aprendizaje esperado: Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.

A trabajar…

En esta ficha, tienes 4 imágenes que representan aspectos culturales de los pueblos atacameños.

Consulta con tus familiares, personas mayores o busca en algún libro o CD… y averigua a que corresponde cada imagen

_____ _____ _____ _____

_____ _____ _____ _____

_____ _____ _____ _____

Evaluación:
Responde brevemente:

¿A quien consulté por las imágenes?

¿Hice mi tarea con suficiente anticipación?

Ficha de Actividad “LOS FLAMENCOS”
Curso: 5º básico
Subsector: Estudio y Comprensión de la Naturaleza
Aprendizaje esperado: • Identifican especies nativas e introducidas (plantas y animales) de la región; reconocen las características del paisaje de la región que permiten que tales especies vivan allí.

Tareas…

1. Responde el siguiente cuestionario

a) ¿Cuáles son las principales especies de flora de la Reserva Nacional Los Flamencos?

b) ¿Cuáles son las principales especies de la fauna de la Reserva Nacional Los Flamencos?

c) ¿Qué características tienen los flamencos?

2. Dibuja un flamenco y el entorno en el cual vive en el norte de Chile.

Evaluación:

Responde brevemente:

¿Observé atentamente las imágenes y leí el documento?

¿Respondí todas las preguntas y realicé el dibujo?

¿Fui ordenado al realizar mis tareas?

ANEXO 10-3. SUGERENCIA DE APRENDIZAJES ESPERADOS, CONTENIDOS E INDICADORES A TRABAJAR

A continuación, se entregan Aprendizajes Esperados, Contenidos e Indicadores, según corresponda, sobre los cuales se debe realizar las fichas. Los contenidos seleccionados, se extrajeron del software "Programas de Estudio. Educación Básica y Media. Formación General" (Ministerio de Educación de Chile). Se han ordenado por curso y subsectores.

1º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Identifican y caracterizan sus grupos de pertenencia a nivel familiar, escolar, local y nacional	- Describen sus grupos de pertenencia: familia, escuela, vecindario o localidad y país. - Describen algunas tradiciones regionales o nacionales: mitos, leyendas, celebraciones y comidas.
Describen algunas plantas y animales de su entorno y reconocen la importancia de su cuidado	- Observan plantas y animales de su entorno más cercano. - Identifican plantas y animales de su entorno. - Relatan como es el lugar donde viven los animales y plantas observadas. - Dan ejemplos de cómo cuidar plantas y animales.
Establecen relaciones entre el pasado y el presente y proyectan acciones a desarrollar en el futuro	- Distinguen situaciones, hechos, objetos y costumbres del pasado y del presente. - Establecen semejanzas y diferencias entre las situaciones, hechos, objetos y costumbres del pasado y del presente.

2º BÁSICO. COMPRENSION DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Identifican diferentes actividades laborales y valoran la importancia del trabajo para el desarrollo de la vida en sociedad.	• Nombran profesiones y oficios que se realizan en la región donde viven. • Describen la función que cumplen trabajadores que se desempeñan en diferentes actividades laborales.
Comprenden la importancia del uso de instrumentos para percibir características no observables a simple vista en organismos de su entorno.	• Comparan observaciones realizadas con lupa y sin ella. • Describen rasgos de organismos del entorno, a partir de observaciones realizadas con instrumentos.
Manifiestan curiosidad para ampliar su conocimiento del entorno.	• Formulan preguntas para profundizar el conocimiento del entorno. • Buscan y comparan información para aclarar sus interrogantes.
Caracterizan diferentes paisajes, agudizando su capacidad de observación.	• Reconocen diferentes elementos del paisaje, tales como cordillera, cerro, valle, nubes, viento, agua, animales, plantas, construcciones, caminos, campos cultivados. • Distinguen elementos naturales y elementos culturales de los paisajes.
Caracterizan flora y fauna típica de Chile y señalan las medidas adoptadas para su protección.	• Reconocen flora y fauna típica de Chile. • Describen características de algunas plantas y animales de Chile. • Señalan algunas especies de plantas y animales que están en peligro de extinción en nuestro país. • Identifican instituciones, locales y nacionales, que protegen a la flora y fauna. • Dan ejemplos de medidas adoptadas para la protección de la flora y fauna.
Reconocen diferentes formas en que animales y	• Definen, con sus propias palabras, el concepto de "hábitat"

plantas se relacionan con su hábitat.	como el lugar donde los organismos viven y encuentran lo que necesitan para vivir: refugio, aire, agua, alimento y espacio. • Describen distintas formas de interacción de animales y plantas con su hábitat: de alimentación, de defensa y de refugio.
Describen diferentes maneras en que el ser humano se relaciona con su medio ambiente y reconocen la importancia de su cuidado	• Reconocen la necesidad que tiene el ser humano de interactuar con el medio ambiente. • Describen situaciones que muestran cómo los seres humanos interactúan con su medio ambiente. • Dan ejemplos de conductas de las personas que contribuyen al cuidado del medio ambiente. • Relacionan el cuidado del medio ambiente con la salud de las personas.

3º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Describen interacciones entre plantas, animales y el medio.	• Describen experiencias que muestran que las plantas fabrican su propio alimento. • Distinguen entre organismos productores y organismos consumidores. • Identifican animales carnívoros, herbívoros y omnívoros.
Comprenden el concepto de recurso natural como todo elemento que el ser humano obtiene de la naturaleza para satisfacer sus necesidades.	• Identifican recursos naturales. • Dan razones que muestran la importancia de cuidar los recursos naturales. • Identifican los principales recursos naturales que se explotan en Chile, y los localizan en el mapa. • Nombran y describen actividades productivas relacionadas con la obtención de recursos naturales

3º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTISTICA

Aprendizaje esperado	Indicadores
Reconocen propiedades estéticas de diversos materiales en elementos naturales, objetos y obras de arte, por ejemplo: piedra, cuero, huesos, madera, arcilla, fibras, textiles, metal, papel, cartón, vidrio, plástico, otros.	• Identifican diversos materiales en el entorno natural y cultural.
Exploran manifestaciones musicales folclóricas mediante la ejecución grupal vocal e instrumental de danzas y canciones.	• Ejecutan danzas folclóricas, incorporando elementos del entorno cultural.
Reconocen y exploran diversas formas de interacción de las manifestaciones artísticas entre sí y con el entorno social y cultural. Emplean combinaciones de medios artísticos para expresarse.	• Relacionan diferentes manifestaciones artísticas en cuanto a: medios, temáticas, formas, personajes, ideas o sentimientos expresados. • Expresan sentimientos, emociones e ideas combinando diferentes medios de expresión artística.
Recrean en trabajos de grupo manifestaciones lúdicas del folclor por medio de la música y la expresión corporal, con movimiento corporal, expresión verbal y cantada, apropiados a cada caso.	• Practican, conocen y valoran distintas manifestaciones lúdicas del folclor (danzas imitativas, juegos, rondas y otros). • Ejecutan cantos tradicionales con acompañamiento instrumental.

4º BÁSICO. LENGUAJE Y COMUNICACIÓN

Aprendizaje esperado	Indicadores
Escuchan comprensivamente cuentos, fábulas, leyendas poemas y noticias; captando la información explícita e implícita que contienen.	• Reconocen información explícita sobre personajes, acciones o lugares de las narraciones escuchadas. • Demuestran la comprensión de lo escuchado a través de preguntas pertinentes, comentarios, opiniones y expresiones artísticas.
Relatan diversas narraciones en forma clara y coherente y recitan poemas con expresión de las emociones que contienen.	• Relatan cuentos, leyendas, fábulas, experiencias personales, hechos y películas, escuchados, vistos o leídos, utilizando oraciones completas y bien construidas. • Recitan poemas, de tres estrofas o más, dándoles la adecuada entonación a sus versos.

4º BÁSICO. COMPRENSIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIAL Y CULTURAL

Aprendizaje esperado	Indicadores
Caracterizan la diversidad geográfica en Chile en relación a su clima, flora y fauna.	• Localizan en el mapa: el norte, el centro y el sur del país. • Describen las principales características del norte, centro y sur del país, en relación a su clima. • Identifican fauna y flora típica del norte, centro y sur de Chile.
Reconocen la diversidad cultural presente en Chile y valoran la presencia y el aporte de los pueblos originarios a la cultura nacional.	• Nombran y ubican en el mapa pueblos originarios de Chile. • Comparan diferentes formas de vida de algunos pueblos originarios. • Señalan aportes de los pueblos originarios a la cultura nacional.
Caracterizan la diversidad de plantas y animales, los clasifican según criterios convencionales y reconocen la importancia de su cuidado.	• Describen la diversidad de plantas y animales existente en distintos hábitat. • Clasifican plantas usando categorías convencionales: con flores y sin flores. • Clasifican animales usando categorías convencionales, como vertebrados (mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces) e invertebrados (insectos y arañas). • Dan razones de la importancia de la preservación de la diversidad de organismos presentes en el planeta.
Identifican características de adaptación en plantas y animales.	• Relacionan características morfológicas de plantas con su hábitat. • Relacionan características morfológicas de animales con su hábitat. • Identifican mecanismos de adaptación relacionados con la defensa y la alimentación.

4º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTÍSTICA

Aprendizaje esperado	Indicadores
Aprecian manifestaciones artísticas, identifican en ellas elementos que reflejan su diversidad (etnias, culturas, contextos geográficos y estilos) y emiten opiniones al respecto.	• Observan y analizan obras artísticas visuales provenientes de diferentes etnias, culturas y contextos geográficos, reconociendo en ellas semejanzas y/o diferencias en términos estéticos (formas, colores, materiales, temáticas). • Manifiestan sus opiniones acerca de obras artísticas visuales.
Aprecian y valoran las diversas funciones y posibilidades expresivas de las artes en la naturaleza y la sociedad, demostrando una capacidad reflexiva y crítica adecuada al nivel.	• Investigan, conocen y reflexionan acerca de las posibilidades expresivas de los distintos lenguajes artísticos. • Expresan sentimientos e ideas artísticos utilizando distintos materiales sonoros, visuales, plásticos, literarios y otros). • Conocen y valoran mediante la práctica grupal de cantos, música instrumental y danzas, distintas funciones de la música en diferentes sociedades.

5º BÁSICO. LENGUAJE Y COMUNICACIÓN

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Lectura y audición de leyendas y cuentos tradicionales chilenos que representen la diversidad cultural del país.	• Valoran las leyendas y cuentos tradicionales como un medio de aproximación a la diversidad cultural del país.

5º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Niveles de organización de los seres vivos: diferenciar especies vegetales y animales; apreciar diferencias entre especies animales y la especie humana; establecer relaciones entre especies y población; apreciar el papel que los procesos de mortalidad, natalidad y migratorios desempeñan en los cambios de magnitud de una población.	• Identifican, a partir de observación y consulta en fuentes diversas, diferentes plantas y animales. • Conocen y utilizan algunos descriptores para identificar y clasificar representantes de los reinos: animal, planta, fungi, protista y monera. • Conocen por qué los hongos (Fungi), los protozoos, las algas (Protista) y las bacterias (Monera) son seres vivos. • Usan claves dicotómicas para identificar animales vertebrados. • Demuestran que en todos los ambientes es posible encontrar diversidad de seres vivos.
• Recursos naturales y conservación: conocimiento de especies animales y vegetales nativas y reconocimiento de la importancia comercial de algunas de ellas; señalar estrategias básicas de cuidado y conservación de especies animales y vegetales; consecuencias positivas y negativas del uso y explotación de las especies sobre la calidad de vida de los habitantes en su región.	• Identifican especies nativas e introducidas (plantas y animales) de la región; reconocen las características del paisaje de la región que permiten que tales especies vivan allí. • Identifican procesos de natalidad, mortalidad y migratorios como factores que determinan la magnitud de una población. • Determinan usos dados a las especies y poblaciones de la región y algunas consecuencias posibles de la sobre-explotación de especies para la calidad de vida de sus habitantes.

5º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA SOCIEDAD

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Tipos de mapas: reconocimiento de ejemplos y comprensión de la funcionalidad de mapas de tipo físico y político.	• Distinguen y confeccionan distintos tipos de mapas con simbología convencional. • Entienden la funcionalidad de los mapas físicos y políticos.
• Pueblos precolombinos: localización y caracterización de sus formas de vida.	• Ubican espacial y temporalmente las culturas maya, azteca e inca. • Describen las principales características de la organización de la sociedad en las culturas maya, azteca e inca. • Valoran el desarrollo cultural americano antes de la llegada del europeo.
• Relación sociedad-paisaje: valoración de los procesos de producción agropecuaria y forestal, urbanización, construcción de áreas verdes, erosión, contaminación y reservas naturales.	• Comparan las características del mundo rural y urbano. • Caracterizan los procesos de producción agropecuaria y forestal en Chile. • Identifican y valoran la importancia de las reservas naturales en América. • Distinguen factores naturales y humanos que inciden en el deterioro de la naturaleza. • Buscan información y comunican los resultados de su indagación en torno a temas medioambientales.

5º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTISTICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• El arte indígena chileno: conocer y apreciar producción en escultura, alfarería, textiles: - Las artes visuales como actividad humana fundamental en los pueblos indígenas. - Aplicación de temáticas y técnicas del arte indígena en la creación personal y en la elaboración de proyectos artísticos integrados.	• Comprenden el arte y el quehacer artístico como una actividad humana fundamental tanto en el presente como en el pasado. • Reconocen y aplican elementos visuales y técnicas del arte indígena chileno en composiciones creativas. • Reconocen en imágenes y objetos concretos, las formas y colores característicos del arte de las culturas atacameña, diaguita y mapuche. • Aplican o adaptan creativamente temáticas y técnicas del arte indígena en la producción y/o decoración de objetos de uso cotidiano. • Reconocen en el arte del presente, huellas o influencias del pasado indígena chileno. • Elaboran proyectos grupales que consideran el uso de diferentes lenguajes artísticos en la expresión de creencias, mitos, ritos y costumbres del presente o del pasado.
• Folclor regional: conocer, identificar y valorar las diversas manifestaciones de la expresión artística regional.	• Entienden y valoran el canto y la danza folclóricos como formas de expresión propias y representativas de las comunidades. • Cantan canciones pertenecientes a la tradición musical de su región, en forma afinada, con precisión rítmica y adecuada posición corporal, respiración, fraseo y dicción. • Escuchan variada música folclórica de su región, reconociendo auditivamente los instrumentos musicales utilizados y las diferentes modalidades de interpretación vocal e instrumental.

5º BÁSICO. EDUCACIÓN FISICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Actividades de expresión rítmica-corporal: danzas folclóricas, bailes populares y danza.	• Asocia e interpreta con gracia y coordinadamente movimientos y ritmos mediante la práctica de danzas folclóricas nacionales, en parejas o en grupos.

6º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSION DE LA NATURALEZA

Contenidos	Aprendizajes esperados
	• Conocen tipos de energía. • Interpretan situaciones cotidianas y experimentales en términos de transformaciones y transferencias de energía.
	• Caracterizan un ecosistema como una unidad ecológica en que interactúan el biotopo y la biocenosis. • Reconocen que el flujo de materia y energía se produce en cadenas y tramas alimentarias.
	• Analizan críticamente información relativa al impacto ambiental que tiene en la sociedad actual la generación y el consumo de energía, y evalúan propuestas de solución. • Asumen una posición crítica y fundamentada acerca de los efectos de la acción humana sobre diferentes ecosistemas.

6º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA SOCIEDAD

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Las grandes unidades de relieve, clima y vegetación en las regiones geográficas naturales de Chile.	• Distinguen las regiones geográficas naturales de Chile y sus características en cuanto a relieve, clima y vegetación. • Valoran las regiones geográficas naturales como ecosistemas

	particulares.
• Las regiones administrativas de Chile.	• Identifican las regiones administrativas del país.
• La Guerra del Pacífico: Consecuencias para Chile, Perú y Bolivia. La vida cotidiana durante la guerra.	• Comprenden el factor económico como uno de los que originan la Guerra del Pacífico.
• Recursos naturales y actividades económicas en el país y en la región. • Actividades económicas principales del país por sector económico.	• Describen las principales actividades económicas del país, y su distribución geográfica.
• Población económicamente activa de la región: trabajos representativos y sectores económicos.	• Caracterizan las regiones de Chile desde una perspectiva económica, distinguiendo población económicamente activa y pasiva, y sectores económicos.

6º BÁSICO. EDUCACIÓN ARTISTICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Conocimiento de las principales características de las diversas manifestaciones artísticas del período colonial. Por ejemplo: formas, técnicas, colores, materiales, simbología y otros elementos de la arquitectura, imaginería, pintura, objetos y artesanía de la época.	• Reconocen elementos básicos de la arquitectura, imaginería, pintura, objetos y la representación de costumbres en el arte colonial.
• Percepción, experiencia personal y registro del color en el entorno natural y cultural.	• Identifican y registran colores del entorno natural y cultural.
• Sentido de la música en la cosmovisión de algunas etnias nacionales: aymará, mapuche, rapa-nui.	• Discriminan auditivamente características de timbre, rítmicas y melódicas de la música de las distintas etnias que habitan nuestro territorio.
• La música de las diferentes zonas folclórico-musicales del país: especies cantadas y música de danzas; instrumentos y música instrumental.	• Establecen, en términos generales, diferencias musicales (rítmicas, melódicas, armónicas, de timbre y de interpretación) entre la música tradicional del norte, el centro y el sur del país.
• Ejecución de un instrumento melódico.	• Ejecutan individual y/o grupalmente música instrumental de alguna región del país, utilizando el instrumento que estudian.
• Baile de una danza tradicional del país	

7º BÁSICO. EDUCACIÓN MATEMÁTICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Comparación de la escritura de los números en el sistema decimal con la de otros sistemas de numeración en cuanto al valor posicional y a la base (por ejemplo, egipcio, romano, maya).	• Conocen otros sistemas de numeración, sus usos en otras culturas, sus usos actuales.

7º BÁSICO. ESTUDIO Y COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Alimentación en el ser humano. Alimentación sana. Enfermedades asociadas a la alimentación. Salud dental.	• Aprecian la importancia para el ser humano de una alimentación sana en el mantenimiento de la salud.

7º BASICO. ESTUDIO Y COMPRENSION DE LA SOCIEDAD

Contenidos	Aprendizajes esperados
• La revolución agrícola y su influencia en las primeras Civilizaciones.	• Valoran el esfuerzo y las habilidades técnicas e inventivas del hombre y mujer prehistórico para adaptarse y transformar el medio, reconociendo la creación de herramientas y símbolos como aportes muy significativos del período.

7º BÁSICO. EDUCACIÓN TECNOLOGICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
	• Aplican los conocimientos sobre formas de energías no convencionales y usos eficientes de la energía y de los materiales en el diseño y construcción de un objeto tecnológico.

7º BÁSICO. ARTES VISUALES

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Descubrimiento del entorno natural como referente de distintas áreas del diseño.	• Descubren formas, estructuras y colores del entorno natural y las asocian a diversas modalidades del diseño.
• Percepción y registro de formas, estructuras y colores del entorno natural empleados en el ámbito del diseño.	• Reconocen el diseño en objetos y otros elementos del entorno cultural.
• Aplicación de formas, estructuras y colores del entorno natural en la elaboración de diseños en el plano y/o el volumen.	• Emplean formas, estructuras y colores del entorno natural en la elaboración de diseños en el plano y el volumen.
• Reconocimiento y registro de diseños que dan cuenta de nuestra identidad, en diferentes épocas, regiones y ámbitos socioculturales.	• Reconocen y caracterizan diseños representativos de diversas localidades y regiones de Chile.
• Apreciación de manifestaciones del diseño en rituales, fiestas religiosas, carnavales, celebraciones, etc.	• Identifican áreas del diseño en festividades de diferentes épocas, regiones y ámbitos socioculturales. • Aprecian elementos utilizados en la celebración de festividades tales como: trajes típicos, adornos, objetos, etc.
• Diseño y elaboración de máscaras, vestuario, objetos y otros elementos necesarios para la celebración de festividades propias del entorno cultural.	• Realizan diseños de elementos necesarios para la celebración de festividades.

1º MEDIO. HISTORIA Y CIENCIAS SOCIALES

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Grandes unidades naturales que caracterizan la región.	• Identifica y localiza las grandes unidades naturales que caracterizan la región (cordillera de Los Andes, cordillera de la Costa, planicies litorales, depresión intermedia, valles fluviales, áreas desérticas, zonas de islas y fiordos).
• Clima, relieve, vegetación y fauna de la región y su variación entre unidades naturales.	• Diferencia las grandes unidades naturales de la región en términos de relieve, clima, vegetación y fauna.
• Causas y factores explicativos de las variaciones del clima entre unidades naturales (altitud, latitud, orografía, continentalidad).	• Caracteriza el clima de la región y explica su variación entre unidades naturales, considerando como factores explicativos la latitud, la altitud, la orografía, la continentalidad.
• El paisaje natural y su transformación por la acción humana.	• Aprecia el papel de la sociedad en la creación del paisaje. • Valora la preocupación por los efectos ambientales de la acción humana.
• Problemas ambientales.	• Discute la existencia de problemas ambientales en su región, distinguiendo sus causas, las distintas posiciones en juego y las

	alternativas para enfrentarlos.
• Recursos naturales de la región.	• Conoce la existencia y distribución de los recursos naturales de la región; identifica aquellos que sirven de sustento a las actividades productivas más destacadas: suelos, aguas, vegetación, recursos mineros, pesqueros, etc.; y los diferencia en recursos renovables y no renovables.
• Población regional: volumen, densidad, distribución por sexo y edad, condición urbano-rural.	• Describe la población regional en términos de su volumen, densidad, distribución por sexo y edad, y condición urbano-rural.
• Dinámica demográfica: natalidad, mortalidad, migraciones.	• Reconoce la natalidad, la mortalidad y las migraciones como los grandes factores de cambio demográfico.
• Caracterización de la población en términos socioeconómicos.	• Conoce la distribución de la población regional por sectores económicos. • Opina sobre la desigualdad socio-económica de la población, y valora la equidad social.
• Diversidad cultural en la región.	• Reconoce similitudes y diferencias entre grupos sociales y culturales en la región. • Comprende el significado de los conceptos cultura, costumbre y diversidad cultural, y los aplica al análisis de la realidad regional. • Valora su propia identidad e historia local.

1º MEDIO. BIOLOGÍA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Influencia humana en el ecosistema.	• Los diversos aspectos de la relación humana con el ambiente, que satisfacen necesidades orgánicas, tecnológicas y estéticas. • El valor de la responsabilidad y preocupación individual y colectiva por el ambiente.

1º MEDIO. QUÍMICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Mineralogía: cristales, minerales metálicos y no metálicos; minerales primarios y secundarios; distribución geográfica de los minerales en Chile.	•. Identifiquen, a lo menos, cinco minerales metálicos y cinco no metálicos producidos en Chile. •. Distingan entre minerales primarios y secundarios.

1º MEDIO. EDUCACIÓN FISICA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Formas y técnicas de exploración básicas de al menos un entorno natural, tal como: espacio abierto dentro del establecimiento educacional, espacio natural cercano a éste, zona precordillerana, zona desértica, terreno costero, etc.	•. Demuestren sensibilidad y valoración de los recursos naturales desde puntos de vista diversos: deportivo, estético, lúdico, descanso, salud, diversión, económico, etc. •. Dominen las técnicas que les permitan relacionarse debidamente con el entorno natural, por ejemplo, manejo de desechos, manejo del fuego, cuidado de especies naturales, purificación del agua para consumo humano, etc. •. Exploren en forma segura, reconozcan especies de flora y fauna del lugar, y respeten la realidad sociocultural de los lugares visitados.
• Técnicas de seguridad en al menos un espacio físico natural, tal como: espacio abierto dentro del establecimiento educacional, espacio natural cercano a éste, zona precordillerana, zona desértica, terreno costero, etc.	•. Se desenvuelvan con seguridad y confianza en los medios físicos naturales, previniendo riesgos derivados de las condiciones climáticas o de higiene. •. Muestren capacidad para relacionarse positivamente y trabajar con compañeros en el logro de objetivos comunes durante situaciones adversas y de incertidumbre generadas en ambientes físicos

	naturales.
• Técnicas de campamento en un terreno geográfico natural, tal como: espacios abiertos dentro del establecimiento educacional, espacios naturales cercanos a éste, zonas precordilleranas, zonas desérticas, terrenos costeros, etc.	•. Apliquen técnicas básicas que se relacionan con la selección, armado y cuidado de un campamento. •. Conozcan los elementos básicos para cuidar y dar buen uso a los recursos naturales existentes en lugares seleccionados para el armado de un campamento. •. Seleccionen el lugar de campamento considerando criterios de seguridad pertinentes.

2º MEDIO. HISTORIA Y CIENCIAS SOCIALES

Contenidos	Aprendizajes esperados
• América Precolombina. Las grandes civilizaciones precolombinas. Los pueblos pre-hispánicos en el actual territorio chileno.	• Reconoce que el continente americano estaba poblado en el siglo XV por una multiplicidad de grupos humanos, distinguiendo a mayas, aztecas e incas, y los pueblos indígenas en el actual territorio de Chile. • Aplica el concepto antropológico de cultura para caracterizar los pueblos indígenas de América.
• La conquista española. Principales características y propósitos de la empresa de conquista de los españoles en América y sus efectos para los pueblos indígenas. La conquista de Chile: la ocupación del territorio.	• Reconoce los efectos que tuvo la conquista española en los pueblos indígenas y distingue las distintas políticas que la Corona y la Iglesia mantuvieron en su relación con ellos.
• Relaciones entre españoles e indígenas: trabajo obligatorio, mestizaje, evangelización, sincretismo cultural y resistencia mapuche.	• Entiende que la historia de los pueblos indígenas no termina con la llegada de los europeos y visualiza las dificultades que tienen actualmente estos pueblos para insertarse en las naciones-estados latinoamericanos. • Vincula la situación actual de los grupos indígenas en Chile con la relación entre españoles e indígenas iniciada en la Colonia, y comprende que este es un proceso que afecta diferentes pueblos indígenas del continente. • Describe las características principales de la empresa de conquista en América, con énfasis en la conquista del territorio de Chile. • Caracteriza la sociedad colonial, en términos de sus instituciones políticas, las actividades económicas preponderantes, la vida cotidiana en la ciudad y fuera de ella. • Reconoce que la identidad cultural latinoamericana se construyó en el encuentro entre españoles e indígenas.

2º MEDIO. BIOLOGÍA

Contenidos	Aprendizajes esperados
1. Biodiversidad y factores que la afectan.	• La biodiversidad como el número de especies (riqueza específica) en un cierto hábitat, producto de la interacción entre genoma, especie y ecosistema; que el cuidado de la biodiversidad demanda el estudio de múltiples factores que la determinan.
2. Recursos naturales.	• Que las perturbaciones introducidas por la actividad humana pueden resultar en destrucción de hábitats naturales o su conversión a actividades incompatibles con la conservación de la biodiversidad.
3. Preservación, conservación y protección	• El concepto de desarrollo sustentable como la forma de explotar los excedentes biológicos sin agotar el capital, asegurando que las generaciones futuras tengan las mismas oportunidades de beneficiarse que las actuales. • Cómo evaluar éticamente la conveniencia de perturbar ecosistemas frágiles y aquilatar los costos biológicos del desarrollo, apreciando

	que el ser humano no es el dueño final de la biodiversidad, sino que debe legarla a futuras generaciones.

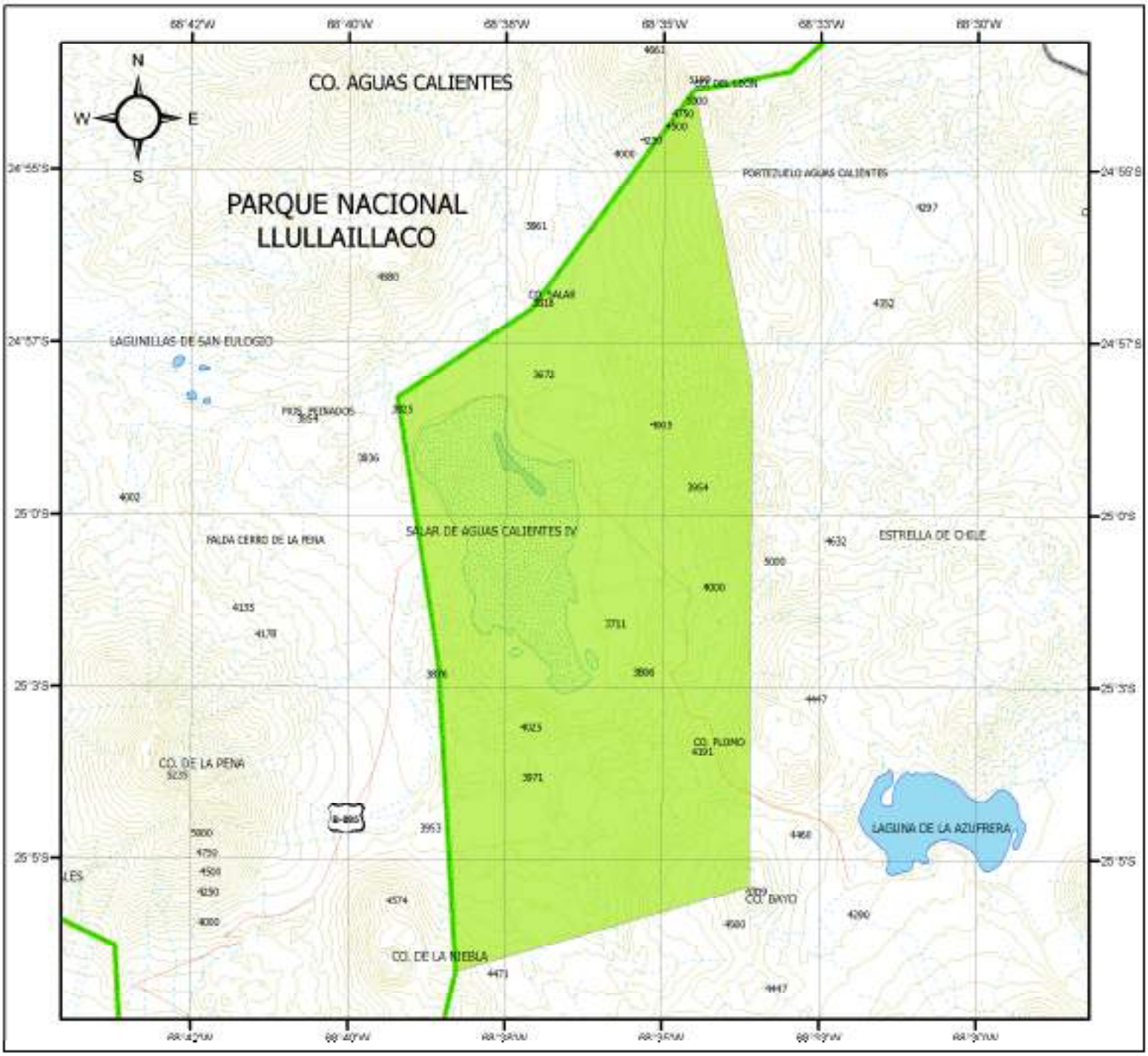
4º MEDIO. BIOLOGÍA

Contenidos	Aprendizajes esperados
• Ecología y sociedad	• La estructura y composición de especies de los ecosistemas presentan un equilibrio en el tiempo, que puede perdurar por años sin grandes variaciones, a menos que se altere por factores externos o ruidos, principalmente actividad humana (ej. Sobreexplotación. de especies y contaminación), con consecuencias a veces catastróficas. • El desarrollo tecnológico ha traído consigo un uso creciente, actualmente de gran magnitud, de recursos naturales no renovables, tales como petróleo (carbono fósil) y minerales, generando grandes fuentes de contaminación. • La velocidad de recuperación de un sistema ecológico dañado es mayor mientras mayor sea su diversidad específica. Por esto los daños por intervención humana pueden ser dramáticos si atentan contra la diversidad específica, especialmente en los biomas menos diversos y de hábitat extremos (desérticos, polares o de grandes alturas). La intervención humana en un ecosistema debe ser cuidadosamente estudiada para no ocasionar daños irreversibles y los gobiernos han adquirido la obligación de velar por el cuidado de sus comunidades biológicas.

SITIO RAMSAR SALAR DE AGUAS CALIENTES IV

REGION DE ANTOFAGASTA, CHILE

GOBIERNO DE CHILE
CONAF



Escala

ESCALA: 1:150.000

0 1 2 3 4 5 KM

MINISTERIO RE AGRICULTURA DE CHILE
Corporación Nacional Forestal
Región de Antofagasta
Coordenadas geograficas,
referidas a Datum PSAD 56,
Huso 19 Zona Sur.

Leyenda

- Limite Región de Antofagasta
- Sitio Ramsar Salar de Aguas Calientes IV
- Parque Nacional Llullaillaco
- Salar
- Lagunas
- Red hidrográfica
- Curvas de Nivel
- Vialidad

FICHA PARA LA DESIGNACIÓN DE NUEVO SITIO RAMSAR

SALAR DE AGUAS CALIENTES IV

Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2009 -2012

1. **Nombre y dirección del compilador de la Ficha**

Nombre Institución: Corporación Nacional Forestal (CONAF), Región de Antofagasta

Dirección Institución: Avenida Argentina 2510, Antofagasta

Nombre de los compiladores:

Eduardo Rodríguez Ramírez: Director Regional Corporación Nacional Forestal, Región de Antofagasta.

Juan Pablo Contreras Rodríguez: Encargado Oficina Estudios y Planificación, Corporación Nacional Forestal Región de Antofagasta.

Correos electrónicos: _____ _____

2. Fecha: Febrero de 2008

3. País: Chile

4. Nombre del sitio Ramsar: Salar de Aguas Calientes IV

5. Designación de nuevo sitio Ramsar o actualización de los ya existentes:

- **a) Designar un nuevo sitio Ramsar**

La designación del humedal denominado Salar de Aguas Calientes IV como nuevo sitio Ramsar para la zona altoandina del norte de Chile, se presenta en conjunto con la Ficha Informativa para la designación del sitio Ramsar Salar de Pujsa, también ubicado en esta zona, los que a su vez pasarán a formar parte de la red de humedales Ramsar designados en la zona altoandina del norte de Chile (regiones administrativas de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama), complementando los objetivos de conservación y manejo de este complejo de humedales Ramsar.

7. Mapa del Sitio:

a) Mapa del Sitio

a) i) versión impresa (necesaria para inscribir el sitio en la Lista de Ramsar): sí √

a) ii) formato digital (electrónico) (optativo): *sí* √

b) Describa sucintamente el tipo de delineación de límites aplicados

La delineación del límite norte y oeste corresponde al límite del Parque Nacional Llullaillaco, y los límites este y sur, a líneas rectas que unen las cotas máximas o altas cumbres, de los cerros que constituyen los límites de la Cuenca del Salar de Aguas Calientes IV propiamente tal (ver cartografía adjunta).

8. Coordenadas geográficas: Las coordenadas geográficas del Salar de Aguas Calientes IV son 24°58'43" latitud sur, y 68° 38'16" longitud oeste.

9. Ubicación general:

Región : Antofagasta
Provincia : Antofagasta
Comuna : **Antofagasta**
Bioregión : De la Puna o altoandina, ecosistema de altiplanicie que se comparte con Perú, Bolivia y Norte de Argentina.
Ubicación : Sur del Altiplano de la Región
Situación legal: Terrenos fiscales no protegidos legalmente.

Se ubica aproximadamente a 300 kilómetros al sudeste de la ciudad más cercana, Antofagasta. El acceso principal lo constituye la ruta 5 Norte, carretera Panamericana Norte, hasta el kilómetro 1.310, distante a 60 kilómetros al sur de Antofagasta, continua al este por la ruta B - 55, camino Internacional a Argentina por el paso de Socompa, en un tramo de 133 kilómetros hasta la estación de ferrocarril de Imilac. De ahí se continúa al sur por otra vía secundaria, en un tramo de 50 kilómetros.

10. Altitud: (en metros: media y/o máxima y mínima)

El Salar de Aguas Calientes IV se ubica a una altura media de aproximadamente 3.665 metros sobre el nivel del mar (msnm)

11. Área: (en hectáreas)

El sitio cubre una superficie de 15.529,497 hectáreas, que incluye espejo de agua de lagunas someras, zonas de vegetación en borde de salar y vegetación azonal de vegas.

12. Descripción general del sitio:

El Salar de Aguas Calientes IV constituye un humedal de importancia en el norte de Chile para la conservación de las especies de flamencos presentes en la Puna, clasificadas con problemas de conservación por la comunidad científica (CONAF, 1989), destacándose por los registros de abundancia del

flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*), pudiendo observarse también flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*) y flamenco de James (*Phoenicoparrus jamesi*) en bajas abundancias.

El humedal además es un sitio de paso (descanso y alimentación) de aves migratorias interhemisféricas, tales como el playero de Baird (*Calidris bairdii*).

El Salar de Aguas Calientes IV y entorno directo, además es utilizado como sitio de alimentación y reproducción por importantes especies, principalmente por avifauna amenazada de extinción. En él es posible observar el suri (*Pterocnemia pennata*), piuquén (*Cloephaga melanoptera*), perdiz de la puna (*Tinamotis pentlandii*) y los mamíferos chinchilla andina (*Chinchilla brevicaudata*) y vicuña (*Vicugna vicugna*) (Aramayo, O. et al, 2005).

Como sitio prioritario de conservación biológica, la importancia del humedal radica en que es una reserva de recursos hídricos importante para las especies de fauna que se protegen en el Parque Nacional Llullaillaco que colinda con el Salar, y que pueden verse afectadas por exploraciones de recursos hídricos. El sitio propuesto es integrante de la red de salares altoandinos y lugar de encuentro para fauna amenazada de extinción (Aramayo, O. et al, 2005).

La vegetación presenta cierta variación dentro del salar dependiendo del gradiente de salinidad. Presenta un patrón en su distribución caracterizado por la distancia desde el nivel de surgencia. La forma de vida predominante son las hemicriptófitas las cuales son considerablemente más abundantes en la zona de surgencia que en los lugares alejados a esta (Aramayo, O. et al, 2005).

El Salar constituyó un sitio de explotación de sales, pero actualmente presenta un bajo impacto antrópico, a excepción de instalaciones mineras abandonadas ubicadas en el borde noreste del Salar. No obstante, se reconoce como un espacio potencial de explotación minera. Parte importante de sus tierras son fiscales, y una fracción no menor estaría bajo concesiones mineras (Aramayo, O. et al, 2005).

No constituye un sitio de ocupación indígena efectiva, registrándose en los antecedentes disponibles solo sitios arqueológicos que lo evidencian como de uso pastoral en el pasado.

Posee un notable fondo escénico de alta compacidad y tamaño de cuenca visual. Conjuga diversos elementos singulares tales como la topografía, diversidad cromática, hidrografía, vegetación y fauna. Destacan el conjunto de altos cerros de atractivas formas erosivas, que demarcan una amplia cuenca en la que se alojan sistemas fluviales que permiten la existencia de vegetación azonal en sus márgenes, y lagunas en el nivel altitudinal inferior de la unidad paisajística.

13. Criterios de Ramsar:

Marque con una cruz las casillas de todos los criterios que se aplican para el sitio.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
❑	☑	☑	☑	❑	☑	❑	❑	❑

14. Justificación para aplicar los criterios seleccionados:

Lineamientos para la aplicación del Criterio 2: Sustenta especies vulnerables, en peligro o en peligro crítico, o comunidades ecológicas amenazadas.

El sistema de humedales altoandinos, del cual el Salar de Aguas Calientes IV forma parte, constituyen la base para la sustentación de las poblaciones de las tres especies de flamencos que habitan en la región ecológica de la puna árida de los andes centrales, y además son sitios de descanso y alimentación para especies de playeros y chorlitos migratorios inter - hemisféricos, en su ruta migratoria altoandina.

El Salar de Aguas Calientes IV constituye un hábitat de importancia para el flamenco andino (*P. andinus*). De acuerdo a la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (2004), el flamenco andino (*P. andinus*) se encuentra en categoría Vulnerable dado que su población se ajusta a los criterios de esta categoría, referidos a que la especie presente una reducción de tamaño poblacional superior al 30% durante los últimos 10 años, y que en el futuro se espera una reducción del tamaño de su población en ese mismo porcentaje y lapso. Esta especie está clasificada en el Apéndice I de la Convención de Especies Migratorias (CMS).

Cabes señalar que los flamencos utilizan todo el complejo de humedales existentes en la zona que comprende la bioregión de la Puna Árida de Los Andes Centrales, de manera que los antecedentes respecto de las abundancias poblacionales varían mucho entre las estaciones de un año y entre años. No obstante, de acuerdo a los antecedentes censales existentes (Rodríguez, E. (ed), 2006); el Salar de Aguas Calientes IV solo sustentaría de forma regular el 0,8 % de la abundancia continental del flamenco andino, como promedio en períodos estivales, siendo casi inexistente durante el invierno (ver Cuadro 1).

Cuadro 1: Rango Abundancias Flamenco Andino Salar Aguas Calientes IV, verano 1997 - 2005

Especie	Abundancia Continental (Nº individuos)	Rango abundancias Salar de Aguas Calientes IV (Verano período 1997 – 2005)
Flamenco Andino (P. andinus)	40.000 aprox. 1 % = 400	484 máxima poblacional (año 1999). 122 mínima poblacional (año 2005). Promedio poblacional verano 313 individuos.

Por otra parte, caben destacar la presencia de 6 especies de fauna dependientes de los ecosistemas asociados a la Cuenca del Salar de Aguas Calientes IV, que se encuentran clasificadas en algún grado de amenaza, de acuerdo a la clasificación nacional establecida en la Ley de Caza (Ley Nº 19.473 de 1996), de las cuales cuatro son aves (*Phoenicoparrus andinus*, *Phoenicoparrus jamesi, Phoenicopterus chilensis* y *Chloephaga melanoptera* o piuquen), y dos son mamíferos, a saber la vicuña (*Vicugna vicugna)* y el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*).

El listado de especies de fauna clave y su estado de conservación según la Ley de Caza, de 1996, se muestra en Anexo 1.

Lineamientos para la aplicación del Criterio 3: Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta poblaciones de especies vegetales y/o animales importantes para mantener la diversidad biológica de una región biogeográfica determinada.

Por sus características, la Ecoregión de la Puna o altoandina, ha sido catalogada por el Biodiversity Support Program y por Dinerstein *et al.* (1995) en estado vulnerable y de altísima prioridad para su conservación.

La Puna o Zona Altoandina, es una bioregión asociada a las altiplanicies andinas caracterizadas por numerosas cuencas principalmente endorreicas, en cuyo nivel de base aparecen parches de vegetación azonal que tienen el aspecto de oasis en una zona predominantemente desértica. Los humedales típicos que existen en la Puna son el salar, el bofedal y la vega.

Este complejo de humedales ubicados en una zona inminentemente desértica, como complejo, constituyen la base para la sustentación de las poblaciones de flamencos y aves migratorias interhemisféricas (ver Cuadro 2) que lo utilizan como hábitat preferencial y corredores biológicos.

Lineamientos para la aplicación del Criterio 4: Las especies de aves acuáticas migratorias interhemisféricas, que han sido registradas en el humedal Salar de Aguas Calientes IV, son presentadas en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Especies de aves acuáticas migratorias interhemisféricas registradas en humedal Salar de Aguas Calientes IV.

Nombre común	Nombre científico
Chorlo dorado	*Pluviales dominica*
Pitotoy grande	*Tringa melanoleuca*
Pitotoy chico	*Tringa flavipes*
Playero grande	*Catoptrophorus semipalmatus*
Playero de Baird	*Calidris bairdii*
Playero pectoral	*Calidris melanotos*
Playero de patas largas	*Calidris himantopus*
Pollito de mar tricolor	*Steganopus tricolor*

De acuerdo a lo documentado en Rodríguez, E. (ed.) 2006, se puede señalar que el Salar de Aguas Calientes IV, constituye un sitio de importancia para la alimentación y descanso del flamenco andino (*P. andinus)*, además de otras especies de aves representativas de la ecoregión, tales como la gaviota andina (*Larus serranus)*, el pato juarjual (*Laphonetta specularioides*), el caití (*Recurvirrostra andina*), entre las principales.

Lineamientos para la aplicación del Criterio 6: Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta de manera regular el 1% de los individuos de una población de una especie o subespecie de aves acuáticas.

No obstante que el Salar de Aguas Calientes presenta de forma regular el 0,8% de la abundancia continental del flamenco andino, en algunos años se ha identificado en el humedal poblaciones de *P. andinus*, que alcanzan el 1,2 % de la abundancia continental de esta especie (ver Cuadro Nº 1).

15. Biogeografía:

a) Región biogeográfica:

A nivel regional, el Salar de Aguas Calientes IV, se encuentra bajo la influencia de la ecorregión denominada la Puna Árida de los Andes Centrales (Dinerstein *et al*. 1995, Olson et al.2001).

b) Sistema de regionalización biogeográfica: (incluya referencia bibliográfica):

- Ecorregiones Terrestres de World Wildlife Found (WWF) (Olson, D. M, E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W.Wettengel, P. Hedao, &

K.R. Kassem. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. BioScience 51:933-938).

- Dinerstein, E., Olson D., Graham D., Webster A., Primm S., Bookbinder M., & Ledec G. 1995. Una evaluación del Estado de Conservación de las Ecoregiones Terrestres de América Latina. Banco Mundial, Washington, DC.

16. Características físicas del sitio:

Geomorfología

Las unidades geomorfológicas presentes en la Cuenca se asocian a procesos tectónicos y volcánicos. El Salar propiamente tal, se originaría como resultado de la desecación de un lago formado como consecuencia del derretimiento de glaciares. El Salar está formado por una fracción líquida de tipo salmuera (lagunas someras), una parte salina representada por depósitos de diferentes sales transportados en solución, y una fracción sólida, o costra salina, constituida por distintos niveles de arena, limo y arcilla.

La costra salina presenta variada composición química, las cuales ofrecen cubiertas de formas muy conspicuas, algunas de las cuales están delimitadas en parte por antiguas terrazas lacustres.

Meteorología

Se reconocen tipos climáticos influenciados por la altitud por sobre los 3.000 metros, donde la temperatura media anual ha disminuido lo suficiente para caracterizarlo como un clima frío. Las precipitaciones de verano son las más frecuentes, con montos anuales que fluctúan entre los 25 y 150 mm, lo que unido a las bajas temperaturas causadas por la altitud, le otorgan al paisaje una fisonomía esteparia.

Registros obtenidos en el Salar de Punta Negra, cercano al Salar de Aguas Calientes IV, indican una temperatura media anual de 8º C, con una máxima de 32º C y una mínima de - 20º C. En tanto que la cantidad aproximada de días de frío al año es de 125 (35%) y 150 días libres de condiciones de congelamiento. El área recibe un valor medio anual de 9,5 horas de sol al día, con un máximo de once horas en la primavera y un mínimo de ocho en el invierno (Rescan, 1994).

La información histórica relativa a la velocidad del viento, indica una media anual de 14 km./h con una velocidad máxima observada de 90 km./h (Rescan, 1996).

Hidrología

La dinámica de las lagunas internas del Salar, está afecta a un sistema hidrológico formado por surgencias, canales y lagunas. La salinidad varía desde niveles muy bajos en los sitios de surgencia, hasta máximos en el interior de las lagunas o riberas alejadas de la surgencia. Esta variación de la

salinidad del agua se corresponde con cambios en al flora acuática vascular y algal y también en la distribución y abundancia de la fauna.

No existen ríos tributarios o aportes de escurrimiento superficial al Salar.

17. Características físicas de la zona de captación:

El Humedal Salar de Aguas Calientes IV, constituye el nivel de base de la cuenca hidrográfica mayor cerrada, del mismo nombre, que involucra una superficie aproximada de 73.100 ha (ver Cuadro 3), en donde ocurren procesos ecológicos que involucran la dinámica de los recursos naturales del Salar propiamente tal. Constituye una típica cuenca endorreica intermontana (ver cartografía adjunta).

Es de interés la quebrada de La Pena, que se origina en el cerro homónimo y otros tributarios menores que se desprenden del cordón de Aguas Calientes.

La calidad de los suelos solo permite el desarrollo de la vegetación nativa adaptada a las condiciones de extrema aridez, y las formaciones azonales de vegas y bofedales asociada a las surgencias y canales de escurrimiento presentes en la superficie del Salar.

Cuadro 3. Cuenca Hidrográfica Salar de Aguas Calientes IV

		Altura Extremas (m.s.n.m.) y Nombre del Cerro al que corresponde la Altura Máxima		
Nombre de La Hoya	Superficie (ha)	Máxima	Nombre del Cerro	Mínima
Salar de Aguas Calientes IV	73100	6.739	Volcán Llullaillaco	3.672

Fuente: Plan de Acción Regional (P.A.R.A.) (COREMA II 1996).

18. Valores hidrológicos: Describa los principales valores hidrológicos del humedal, por ejemplo, los servicios ecológicos que presta a la población. Esto puede incluir, aunque sin limitarse forzosamente a ello, la función del sitio para el control de crecidas, la reposición de aguas subterráneas, la retención y descarga de nutrientes.

Los cursos de agua generados de las surgencias de aguas en los bordes del Salar y tributarios menores que aportan agua al Salar, mantienen vegetación ribereña azonal de vegas y bofedales, que son utilizadas por la fauna silvestre.

Las aguas que alimenta a las lagunas del Salar aportan nutrientes y sedimentos al humedal, lo que se traduce en el alto valor ecológico de este, el cual presenta una gran concentración de especies animales y vegetales dependientes del ecosistema acuático.

Por otra parte, los paisajes naturales, dependientes del recurso hídrico para su mantención en el tiempo, poseen una belleza escénica singular que es motivo de un creciente interés turístico nacional e internacional. Estas funciones ambientales, deben mantenerse en toda su dinámica, a fin de proveer beneficios sociales y económicos de gran importancia para la conservación del humedal.

19. Tipo(s) de humedal(es):

a) presencia:

Marino/costero: A • B • C • D • E • F • G • H • I • J • K • Zk(a)

Continental: L • M • N • O • P • Q • R • Sp • Ss • Tp Ts • U • Va

• Vt • W • Xf • Xp • Y • Zg • Zk(b)

Las características y límites de los sistemas subterráneos del humedal no están descritas. No obstante, como es característico en humedales ubicados en los niveles base de cuencas endorreicas en el norte de Chile, los sistemas cársticos, tienen importantes efectos directos e indirectos en el funcionamiento hidrogeológico y características de las lagunas superficiales.

Artificial: 1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7• 8 • 9 • Zk(c).

b) tipo dominante: R, U, Zk(b), Va

20. Características ecológicas generales:

En el Salar de Aguas Calientes IV es posible identificar claramente tres unidades de paisaje, el sistema de lagunas someras, la vegetación ribereña azonal de vegas y bofedales y las zonas de vegetación de secano; dos de las cuales están modeladas fisionómicamente, por el tipo de humedal involucrado.

Se puede identificar dos tipos de humedales particulares que además sustentan procesos ecológicos fundamentales:

a. Lagunas someras de efloresencias de aguas subterráneas salobres, ubicadas en la superficie del Salar propiamente tal, en el nivel base de la cuenca endorreica respectiva, contenedoras de ecosistemas frágiles, donde existen cadenas ecológicas complejas, compuestas por flora y fauna terrestre y acuática incluyendo mamíferos, aves, reptiles, batracios, insectos, crustáceos y una gran cantidad de organismos microscópicos.

Los procesos ecológicos del sistema de lagunas, son de gran importancia por las funciones que estas cumplen en relación a los requerimientos de las poblaciones de aves. La retención, transformación, remoción de sedimentos y nutrientes son fundamentales en el ciclo de la materia y en la calidad del agua.

Su productividad ecológica permite sustentar poblaciones de vertebrados e invertebrados que son la base de alimentación de especies de avifauna. Constituyen también hábitat para especies migratorias o estacionarias y en general son reservorio para la diversidad biológica representativa de la bioregión de la Puna.

b. Vegetación azonal de vegas, que corresponden a formaciones de gramíneas cespitosas que responden a situaciones ambientales excepcionales, caracterizadas por una condición hídrica de saturación permanente y de suelo principalmente orgánico, con escaso microrrelieve, que permiten el desarrollo de especies de flora principalmente halófila. La composición de la vegetación, varía según altitud y grado de salinidad, pero que en general presenta una elevada homogeneidad fisonómica y baja diversidad específica de especies.

La vegetación azonal de vegas, son parte de corredores biológicos más amplios que dan sustento alimentario a numerosas especies silvestres de vertebrados terrestres como la vicuña, el suri, la vizcacha, entre otros, y la cadena trófica asociada, en donde destacan especies predadoras como el zorro, el puma y el gato colocolo, clasificadas en grados de amenaza a nivel nacional.

De igual forma, estas especies de vertebrados silvestres complementan su dieta con las especies de flora que se desarrollan en las praderas de secano asociadas a la cuenca mayor, correspondiente a la unidad de paisaje de secano señalada precedentemente.

21. Principales especies de flora:

La vegetación presenta un patrón en su distribución caracterizado por la distancia desde el nivel de surgencia. La forma de vida predominante son las hemicriptófitas las cuales son considerablemente más abundantes en la zona de surgencia que en los lugares alejados a esta.

La vegetación es muy rala, presenta la fisonomía típica de desierto. No obstante en determinados sectores se observa un aumento de cobertura vegetal. Las especies más típicas de esta formación son: *Stipa chrysophylla, Stipa atacamensis, Parastrephia lepidophylla, Acantholippia trifida, Cristaria andicola, Atriplex microphylla y Fabiana bryoides.*

Por otra parte, en las formaciones azonales de vegas, predominan elementos herbáceos densos como: *Scirpus californicus, Juncus balticus, Carex sp, Hypsela sp., Eleocharis aff. albibracteata, Deyeuxia velutina, Deschampsia caespitosa.*

22. Principales especies de fauna:

Los estudios de relevamiento de flora para el salar de Aguas Calientes IV, indican la presencia de 12 especies de vertebrados, de las cuales 10 son aves acuáticas o ribereñas y 2 son mamíferos. No se registró la presencia de

anfibios ni reptiles (Ver Anexo 1: Listado de Especies de Fauna Clave Salar de Aguas Calientes IV).

En el espejo de agua la especie más abundante fue el flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*), seguida del pato juarjual (*Lophonetta specularioides*). Destacan también las siguientes especies clasificadas en algún grado de amenaza, de acuerdo a la clasificación establecida en la Ley de Caza y su Reglamento (Ley Nº 19473, 1996) (ver Anexo 1).

El endemismo de las especies de fauna es bajo, debido principalmente a la cercanía limítrofe con Argentina.

23. Valores sociales y culturales:

a) Describa si el sitio posee algún tipo de valores sociales y/o culturales en general, por ej., producción pesquera, silvicultura, importancia religiosa, lugares de interés arqueológico, relaciones sociales con el humedal, etc. Distinga entre significado histórico/arqueológico/religioso y los valores socioeconómicos actuales.

Los antecedentes históricos del área indican que debido al clima sumamente árido, que se encuentra al sur del Salar de Atacama, hacia el valle de Copiapó, y en donde se encuentra ubicado el Salar de Aguas Calientes IV, se ha conocido desde tiempos de la colonia como el “despoblado de Atacama”. Durante la época pre-hispánica, se utilizaba solamente como zona de paso hacia otros sectores más productivos. Los asentamientos mineros que posteriormente fueron establecidos en la zona, dependían de los suministros que eran transportados por esas vías de aprovisionamiento y que provenían de otros lugares de Chile (Rescan, 1994).

Se identifican estancias de pastoreo estacionales que dejaron de explotarse al agudizarse la aridez, lo que afectó sustancialmente la rentabilidad del lugar, incluso a nivel de economía simple de pastoreo de ovejas y cabras.

La falta de condiciones mínimas para la ocupación humana ha influido notablemente en la ausencia de evidencias que relaten el uso y devenir histórico del área, desde épocas precolombinas, situación que pudo agravarse en épocas tempranas por efecto de la erupción y colapso del volcán Socompa, ocurrida entre 7.220 y 1.860 años antes del presente de acuerdo a dataciones de maderos carbonizados en depósitos piroclásticos originados por este volcán (Rescan 1994ª), situación de despoblamiento que se ha mantenido hasta la actualidad.

Por otra parte, los rasgos arqueológicos indicarían que el área en general, fue utilizada por pastores y cazadores prehispánicos, los que tenían sus asentamientos cercanos a cursos de agua. En estos lugares establecieron sus cultivos, apacentaban su ganado y eran zonas de caza de los grandes mamíferos silvestres, vicuñas o guanacos, cuando bajaban a beber al Salar. No obstante lo anterior, en el Salar de Aguas Calientes IV propiamente tal, no se han identificados sitios arqueológicos de relevancia.

Cabe destacar el volcán Llullaillaco, ubicado en la zona de influencia de la cuenca del Salar de Aguas Calientes IV. Los representantes de la cultura Inca que aquí se instalaron utilizaban las altas cumbres como sitios ceremoniales religiosos y las partes bajas y planas para establecer rutas de comercio. Debido a la condiciones de accesibilidad y climáticas extremas, el Volcán Llullaillaco no es utilizado actualmente como cerro ceremonial por parte de las poblaciones indígenas de origen atacameño que habitan en la zona altoandina.

b) ¿Se considera que el sitio tiene importancia internacional para tener, además de valores ecológicos relevantes, ejemplos de valores culturales significativos, ya sean materiales o inmateriales, vinculados a su origen, conservación y/o funcionamiento ecológico?

De ser así, marque con una cruz esta casilla ❑ y describa esa importancia bajo una o más de las siguientes categorías:

El humedal Salar de Aguas Calientes IV, no presenta importancia internacional desde la perspectiva de los valores culturales significativos que han influido en el funcionamiento ecológico del humedal.

i) sitios que ofrecen un modelo de uso racional de humedales, que demuestren la aplicación de conocimiento tradicional y métodos de manejo y uso que mantengan las características ecológicas de los humedales:

ii) sitios en donde haya tradiciones o registros culturales excepcionales de antiguas civilizaciones que hayan influido en las características ecológicas del humedal:

iii) sitios donde las características ecológicas del humedal dependen de la interacción con las comunidades locales o los pueblos indígenas:

iv) sitios donde valores pertinentes no materiales como sitios sagrados están presentes y su existencia se vincula estrechamente con el mantenimiento de las características ecológicas del humedal.

24. Tenencia de la tierra / régimen de propiedad:

(a) dentro del sitio Ramsar:

El Salar de Aguas Calientes IV y área incluida en el sitio, corresponde a terrenos fiscales, no obstante existen concesiones mineras que no están siendo ejercidas.

(b) en la zona circundante:

En los límites norte y oeste del sitio, corresponde a territorios protegidos en el Parque Nacional Llullaillaco, mientras que en la zona circundante ubicada hacia el sur y el este del sitio, constituyen terrenos fiscales de uso público. No se verifican concesiones mineras en esta zona.

25. Utilización actual del suelo (incluido el aprovechamiento del agua):

(a) Dentro del sitio Ramsar:

Se verifican concesiones mineras para el aprovechamiento de las sales en superficie en parte del Salar de Aguas Calientes IV. No obstante en los últimos 20 años no se han registrado proyectos de aprovechamiento minero, encontrándose solo algunas instalaciones mineras ubicadas en el borde Nor - Este del Salar, en absoluto abandono, las que constituyen actualmente pasivos ambientales.

Las aguas de los ríos tributarios menores que drenan hacia el Salar y los reservorios freáticos, no son utilizadas para fines de abastecimiento doméstico, o uso minero, ni para regadío.

(b) En la zona circundante /cuenca: En la zona circundante al sitio y colindante al borde Norte del sitio se encuentra el Parque Nacional Llullaillaco, y en consecuencia son terrenos fiscales, declarados áreas protegidas del Estado en virtud de Decreto Supremo del Ministerio de Agricultura, que crea dicha unidad protegida, y entrega a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) su tuición y administración, en el marco de la administración y manejo del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile.

En consecuencia, existe el potencial de aprovechar la capacidad instalada del Parque Nacional, para impulsar la administración y manejo del Salar Ramsar Aguas Calientes IV.

No se verifican emprendimientos mineros ni derechos de aprovechamiento de aguas en la Cuenca del Salar de Aguas Calientes IV. Existen derechos de exploración de aguas en la Cuenca del Salar de Aguas Calientes IV, a favor de una compañía minera, lo que constituye un factor de amenaza para la mantención de las funciones ecológicas del Salar.

26. Factores (pasados, presentes o potenciales) que afecten a las características ecológicas del sitio, comprendidos cambios en el uso del suelo (incluido el aprovechamiento del agua) y proyectos de desarrollo:

(a) dentro del sitio Ramsar:

En este sitio, las perturbaciones antrópicas fueron importantes, donde existieron extracciones de sal, pero actualmente se presenta una baja perturbación.

No obstante se verifican instalaciones mineras abandonadas y concesiones vigentes para la extracción de sales de la superficie del Salar. Esta presión de uso que puede constituir una amenaza grave para la mantención de los ecosistemas del Salar, ya sea por la extracción directa de sales desde la superficie del salar y/o la extracción del recurso hídrico de las surgencias de agua que drenan al Salar.

En la actualidad el desarrollo del turismo es incipiente en el área de manera que no requiere de control permanente.

Por otra parte no se verifican usos de recursos por parte de comunidades indígenas.

(b) en la zona circundante:

En la zona circundante al sitio, no se observan prácticas que podrían afectar directamente las características ecológicas del territorio, solamente aquellas actividades potenciales, asociadas a la circulación de vehículos derivados de actividades de prospección minera.

Actividades de turismo en el área son de muy baja intensidad y no constituyen un factor de amenaza. De igual forma, en esta zona no se manifiestan usos tradicionales por parte de comunidades locales.

27. Medidas de conservación adoptadas:

a) Indique la categoría nacional y/o internacional y el régimen jurídico de las áreas protegidas, especificando la relación de sus límites con los del sitio Ramsar:

El Salar de Aguas Calientes, no se encuentra bajo ningún régimen jurídico asociados a la administración del sistema nacional de áreas protegida del Estado, ni regímenes internacionales de conservación de ningún tipo.

Cabe señalar, que colindante a la Cuenca del Salar de Aguas Calientes IV, se encuentra el Parque Nacional Llullaillaco, área protegida del Estado cuya tuición y administración, es encomendada a la Corporación Nacional Forestal, a través de su Decreto Supremo de creación (Ver mapa adjunto).

b) Cuando proceda, enumere la categoría o categorías de áreas protegidas de la UICN (1994) que son de aplicación en el sitio (marque con una cruz la casilla o casillas correspondientes):

Ia ❑; Ib ❑; II ☑; III ❑; IV ❑; V ❑; VI ❑

La Categoría II, *Parque Nacional*: es aplicable al Salar de Aguas Calientes IV, en el sentido de establecer un área protegida área protegida manejada principalmente para la conservación de ecosistemas y con fines de recreación, y con el fin de proteger la integridad ecológica de las lagunas someras ubicadas en el nivel base del Salar propiamente tal, y los humedales de vegas y bofedales.

De igual forma, esta categoría de manejo permitiría evitar la eventual explotación minera de concesiones de explotación vigente en el área y proporcionar un marco para actividades científicas, educativas, recreativas y turísticas.

c) ¿Existe algún plan de manejo oficialmente aprobado? ¿Se aplica ese plan?

No existe un plan de manejo específico asociado al Salar de Aguas Calientes IV.

d) Describa cualquier otra práctica de manejo que se utilice: No se aplican otras prácticas de manejo en el humedal.

A pesar que no existe un plan de manejo cabe señalar, que en el marco de la Estrategia Nacional de Biodiversidad y su componente regional “La Estrategia de Conservación de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta”, se determinó como principales necesidades de acción el fortalecimiento regional del sistema de áreas silvestres protegidas, el desarrollo de nuevas formas de protección de sitios importantes de la región y la modificación y/o generación de instrumentos legales de apoyo a la gestión de conservación, entre otras (CONAMA 2002).

En el marco de la conservación *in situ*, se estableció como plan de acción la identificación de sitios importantes para la conservación de la biodiversidad regional. Así, se identificaron 14 sitios, entre los cuales se encuentra el Salar de Aguas Calientes IV, en la prioridad 1.

Junto con estas acciones, la estrategia regional impulsa en estos sitios prioritarios para la conservación, la educación y creación de conciencia pública respecto de la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica, la investigación, el acceso a la información para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, y la recuperación de especies y ecosistemas en peligro.

Lo anterior a dado el marco para impulsar la protección legal del sitio, en donde destaca la iniciativa de declararlo Humedal Ramsar, y de anexar el Salar al Parque Nacional Llullaillaco, a través de un decreto Supremo de redelimitación de la superficie del Parque Nacional.

En este sentido, se realizó el estudio “Levantamiento de información, estudio de línea base e instrumento legal para la conservación de la biodiversidad en el sitio priorizado en la Estrategia Regional de Biodiversidad: Aguas Calientes IV”, a cargo de especialistas del Departamento de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile.

Por otra parte, el humedal forma parte del Programa Nacional de Censos Simultáneos de Flamencos en el Norte de Chile, y programa de censos simultáneos internacional, en el contexto de la bioregión de la Puna, en coordinación con agencias de conservación de carácter pública y privada de Argentina, Bolivia y Perú.

28. Medidas de conservación pendientes de aplicación:

En el Salar no se aplican actualmente medidas específicas de conservación, a excepción de los estudios de línea de base necesarios para elaborar una propuesta de protección legal del sitio.

No existe un plan para dejar sin efecto las concesiones mineras existentes en el área.

29. Actividades e infraestructura de investigación:

En el sitio no existe infraestructura de investigación y no se ejecuta ninguna investigación específica, a excepción de los censos periódicos de flamencos y aves migratorias señalados precedentemente.

30. Actividades existentes de comunicación, educación y concienciación del público (CECoP) referentes al sitio o en su beneficio:

No se aplica ninguna actividad de comunicación, educación y concienciación del público.

31. Actividades turísticas y recreativas:

El humedal no ofrece ningún tipo de infraestructura o servicios turísticos o recreativos. Solo se verifica el desarrollo incipiente de actividades de turismo de intereses especiales (observación de fauna y paisajes altoandinos), principalmente asociadas a actividades de andinismo (ascenso al Volcán Llullaillaco) y caminata en altura.

32. Jurisdicción:

El Salar de Aguas Calientes IV se encuentra en la Comuna de Antofagasta, Provincia de Antofagasta, II Región de Antofagasta, Chile.

No existe jurisdicción administrativa sobre el humedal para efectos de conservación.

33. Autoridad responsable del manejo:

En caso de declararse el Salar de Aguas Calientes IV como Sitio Ramsar, la autoridad responsable del manejo recaería en la Corporación Nacional Forestal II Región de Antofagasta.

Dirección Regional CONAF Antofagasta: Avenida Argentina 2510, Ciudad de Antofagasta

Nombre responsables de la administración del humedal: Eduardo Rodríguez Ramírez, Profesor de Biología y alumno de Maestría en Medio Ambiente, Universidad de Antofagasta.

Eduardo.rodriguez@conaf.cl

34. Referencias bibliográficas:

Aramayo, O. et al, 2005. Levantamiento de información, estudio de línea base e instrumento legal para la conservación de la biodiversidad en el sitio priorizado en la Estrategia Regional de Biodiversidad: Aguas Calientes IV", adjudicado a la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile.

CONAF, 1987. Libro Rojo de La Fauna Terrestre de Chile. Alfonso Glade (Ed.), Santiago, Chile.

CONAF, 1989. Libro Rojo de La Flora Terrestre de Chile. Iván Benoit (Ed.). Santiago, Chile, 157 pág.

CONAF, 1997. Informe Técnico - Justificativo para la Creación del Parque Nacional Llullaillaco.

CONAF, 2001, Plan De Manejo Parque Nacional Llullaillaco.
Contreras, J.P., Rodríguez, E. 1997. Informe de Gestión Proyecto Conservación de la Vicuña en los Andes de Antofagasta. CONAF Antofagasta, Chile.

COREMA II. 1996. Plan de Acción Regional Ambiental P.A.R.A., II Región. Chile.

Olson, D. M, E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W.Wettengel, P. Hedao, & K.R. Kassem. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. BioScience 51:933-938

Rescan Consultants Inc. 1994ª. Estudio de Impacto Ambiental del Programa de Aumento de Producción de Minera Escondida Limitada. Vol. I al IV. Vancuover, Canada.

Rescan Consultants Inc. 1994^{b}. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento del Mineral Sulfurado. Vancuover, Canada.

Rodríguez, E. (ed.) 2005. Flamencos Altoandinos en el Norte de Chile: Estado Actual y Plan de Conservación.

ANEXO N º 1: Listado de Fauna Clave en Salar de Aguas Calientes IV, según la Ley de Caza y su Reglamento (1996)

Nombre científico	**Nombre común**	**Estado de Conservación Norte de Chile**
Lophonetta specularioides	Pato Juarjual	**F**
Anas flavirostris	Pato jergón chico	
Chloephaga melanoptera	Piuquen	**V**
Charadrius alticola	Chorlo de la puna	***F***
Phoenicoparrus andinus	Flamenco andino	**V**
Phoenicoparrus jemesi	Flamenco de james	**V**
Phoenicopterus chilensis	Flamenco chileno	**V**
Recurvirostra andina	Caiti	***F***
Calidris bairdii	Playero de Blaird	***F***
Lessonia rufa	Colegial del norte	***F***
Muscisaxicola flavinucha	Dormilona fraile	***F***
Vicugna vicugna vicuña	Vicuña austral	**P**
Lycalopex culpaeus	Zorro Culpeo	**I**

P: En Peligro
V: Vulnerable
I: Inadecuadamente conocida
F: Fuera de Peligro

Folio008331

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO
UNIVERSIDAD DE CHILE

"LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN, ESTUDIO DE LINEA BASE E INSTRUMENTO LEGAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LOS SITIOS PRIORIZADOS EN LA ERB: AGUAS CALIENTES IV Y SECTOR COSTERO DE PAPOSO, II REGIÓN DE ANTOFAGASTA".

Informe Final

Jefe de Proyecto	:	Dr. Orión Aramayo
Coordinador de Proyecto	:	Francisco de la Barrera
Staff Técnico	:	Pablo Aranda
		Marianne Asmüssen
		Darío Moreira
		Francisca Vargas
		Francisco Zorondo
Asesores	:	Adriana Hoffmann
		Luis Faúndez
		Jesús Rodríguez

NOVIEMBRE 2005

Folio008332

Índice de la Propuesta

1 ANTECEDENTES 3

2 OBJETIVOS 4

2.1 OBJETIVO GENERAL 4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4

3 LEVANTAMIENTO, ACTUALIZACIÓN Y RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN DE FLORA Y FAUNA 6

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SITIOS PRIORIZADOS 7
3.1.1 SITIO PRIORITARIO DE AGUAS CALIENTES IV 7
3.1.2 SECTOR COSTERO DE PAPOSO 11
3.1.2.1 Flora 15
3.1.2.2 Fauna 17

4 IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN 20

4.1 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS 20
4.2 DELIMITACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS 25
4.3 DEFINICIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS 27

5 PROPUESTA DE MANEJO 34

5.1 APLICACIÓN FODA MODIFICADO 34
5.2 ZONIFICACIÓN 40

6 IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS LEGALES DE PROTECCIÓN E INFORME JUSTIFICATIVO 46

6.1 INSTRUMENTOS LEGALES DE PROTECCIÓN 46
6.2 INFORME JUSTIFICATIVO 63
6.2.1 SALAR AGUAS CALIENTES IV 63
6.2.2 SECTOR COSTERO DE PAPOSO 71

7 INCORPORACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS RESULTADOS EN UNA COBERTURA EN FORMATO SHAPE (ARC VIEW) 78

Folio008333

1 ANTECEDENTES

Para la formulación de la estrategia de conservación de la diversidad biológica, la Región de Antofagasta determinó como principales necesidades de acción el fortalecimiento regional del sistema de áreas silvestres protegidas, el desarrollo de nuevas formas de protección de sitios importantes de la región, la modificación y/o generación de instrumentos legales de apoyo a la gestión de conservación y la generación de un instrumento validado de planificación del borde costero, entre otras. Junto con estas acciones, la estrategia regional se diseñó centrada en la conservación de la biodiversidad *In Situ*, en la educación y creación de conciencia pública respecto de la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica, en impulsar la investigación en relación a la biodiversidad, en establecer acceso a la información para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, y en recuperar especies y ecosistemas en peligro (CONAMA 2002).

En el marco de la conservación *in situ*, se estableció como plan de acción la identificación de sitios importantes para la conservación de la biodiversidad regional. Así, se identificaron 14 sitios, entre los cuales se incluye el sector costero de Paposo y el salar de Aguas Calientes IV junto a sus alrededores.

El sector costero de Paposo destaca por su alto grado de endemismo de especies de flora, así como por la presencia de especies de flora y fauna amenazadas de extinción. Por esta razón, también ha sido reconocido a nivel mundial como un sitio de prioridad en conservación biológica (CITA). Esta particular biota convive con un alto impacto antrópico, existiendo gran cantidad de ganado caprino, extracciones mineras, construcción de carreteras y extracción de recursos por comunidades locales[1].

La importancia el salar de Aguas Calientes IV junto a sus alrededores, por otro lado, radica en ser habitado por varias especies de aves y mamíferos amenazados de extinción. Además, este sitio forma parte del sistema de salares altoandinos, siendo importante en la alimentación de la avifauna andina que lo visita. En este sitio, las perturbaciones antrópicas fueron importantes, donde existieron extracciones de sal, pero actualmente se presenta una baja perturbación.

[1] Documento Técnico. Introducción de ganado caprino y su impacto el proyecto reserva nacional Paposo. Guido Gutiérrez Gutiérrez – Museo municipal Taltal. Noviembre 2005

Folio008334

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Levantar información sobre la diversidad biológica e identificar instrumentos legales de protección para dos sitios priorizados en la Estrategia Regional de Biodiversidad de la II Región de Antofagasta.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Levantamiento, actualización y recopilación de información de **flora y fauna** de los sitios de Aguas Calientes IV y Sector Costero de Paposo (sitios de interés).
2.2.2 Identificación y delimitación de **áreas prioritarias de conservación** de los sitios de interés.
2.2.3 Elaborar una **propuesta de manejo** para cada uno de los sitios de interés.
2.2.4 Identificar **instrumentos legales de protección** para cada uno de los sitios de estudio.
2.2.5 Elaborar un **informe justificativo** para la aplicación de propuestas de protección legal.

a. En lo referente a Aguas Calientes IV:

a. Levantar, actualizar y recopilar información de especies de **flora y fauna** presentes en el área de interés.
b. Definir, identificar y delimitar la o las áreas necesarias de proteger, indicando claramente su ubicación en **coordenadas UTM y superficie**. (Datum - Huso).
c. Desarrollar una propuesta de **plan de manejo** para la o las áreas definidas.
d. Identificar **instrumentos legales de protección** para la o las áreas definidas para los sitios de Aguas Calientes IV.
e. Realizar un **informe justificativo** para la aplicación de una o más propuestas legales de protección, especificando el procedimiento necesario, para ser presentado ante la autoridad competente. Para ello debe establecerse claramente: ¿A qué Ministerios u Organismos se deben presentar los antecedentes?, ¿Existe un formato predefinido?, ¿Se debe solicitar o llenar formularios?, ¿A qué otras instancias más se deben presentar estos antecedentes?, ¿Qué documentos deben contemplar los antecedentes solicitados?, entre otros

b. En lo referente al Sector Costero de Paposo:

a. Levantar, actualizar y recopilar información de especies de **flora y fauna** presentes en el área de interés.
b. Definir, identificar y delimitar la o las áreas de protección, sean éstas **terrestres y marinas**, indicando claramente su localización en coordenadas **UTM y superficie**. (Datum - Huso).

Folio008335

c. Desarrollar una propuesta de **plan de manejo** para cada una de las áreas definidas.
d. Identificar alternativas de **instrumentos legales de protección** para cada una de las áreas, incluyendo la alternativa para un área marina.
e. Realizar un **informe justificativo** para la aplicación de una o más propuestas legales de protección, especificando el procedimiento necesario, para ser presentado ante la autoridad competente. Para ello. de establecerse claramente ¿A qué Ministerios u Organismos se deben presentar los antecedentes?, ¿Se deben solicitar o llenar formularios?; ¿A qué otras instancias más se deben presentar los antecedentes?, ¿Qué documentos deben contemplar los antecedentes solicitados?, entre otros.

Folio008336

3 LEVANTAMIENTO, ACTUALIZACIÓN Y RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN DE FLORA Y FAUNA

En la región de Antofagasta se presenta una biodiversidad única en el mundo. En ella es posible encontrar una alta riqueza de especies, donde muchas de ellas son endémicas[2] de la región o, incluso, de zonas particulares. Además, en esta región es posible observar exclusivos sistemas ecológicos, como desiertos hiperáridos, salares altoandinos y oasis de camanchaca, así como fenómenos de connotación mundial como el desierto florido.

En esta región, de características áridas, confluyen varios factores que han permitido el desarrollo de tal singular biodiversidad. En general, los sistemas áridos han sido descritos como ambientes altamente dinámicos y hostiles, permitiendo el desarrollo de un alto grado de endemismo[3]. En el caso de Antofagasta, las diferentes unidades geomorfológicas, donde las principales son Cordillera de los Andes, Depresión intermedia y Cordillera de la Costa, permiten la existencia de relevantes factores abióticos como humedad, radiación solar y orografía[4]. Por otro lado, biogeográficamente la biota de Antofagasta tiene una influencia tropical y templada, pues esta región representa una zona disjunta entre la biota de origen tropical, subtropical y la de los bosques templados del resto de Sudamérica[5].

Estos factores, entre otros, han determinado una distribución heterogénea de la biodiversidad en la región. Así, se han determinado seis formaciones vegetacionales principales. En la zona andina, es posible reconocer la pre-Puna (2700 – 3100 m.s.n.m.) caracterizado por una escasa cobertura de pequeños arbustos espinosos, la Puna (3100 – 3800 m.s.n.m.) que presenta la más alta abundancia de plantas, y la región andina (3800 – 4200 m.s.n.m.) caracterizada por hierbas y plantas en cojín[6]. En la depresión intermedia se ubica el desierto de Atacama, donde muchos lugares están desprovistos de plantas con excepción de algunos oasis o cursos de ríos. A lo largo de la cordillera de la costa, por último, es posible ubicar dos formaciones de desierto costero: el desierto costero de Tocopilla, caracterizado por una escasa vegetación restringida a las cumbres de algunos acantilados, y el desierto costero de Taltal, una rica vegetación dominada por cactus columnares y globosos, y por plantas bajas.

La heterogeneidad de la biodiversidad regional ha sido caracterizada en términos de distribución de las especies endémicas, determinado zonas con mayor grado de endemismo. Un área de endemismo es un área de congruencia distribucional entre diferentes especies endémicas, especies únicas del área, por lo que esta área podría

[2] Las especies endémicas son aquellas que su distribución natural está restringida a un área específica.
[3] Messerli, B., M. Grojean & M. Vuille (1997) Water availability, protected areas, and natural resources in the Andean desert altiplano. Mountain Research and Development 17:229 – 238.
[4] Quintanilla, V. (1988) Fitogeografía y cartografía de la vegetación de Chile árido. Contribuciones científicas y Tecnológicas 82: 5 – 27.
[5] Villagrán, C. & Hinojosa (1997) Historia de los bosques templados de Sudamérica, II: Análisis fitogeográfico. Revista Chilena de Historia Natural 70: 241 – 267.
[6] Villagrán, C., J.J. Armesto & M.T.K. Arroyo (1981) Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro León in northern Chile. Vegetation 48: 3-16.

Folio008337

ser considerada como irremplazable y, por lo tanto, de alta prioridad de conservación biológica. En la región de Antofagasta, las áreas de mayor endemismo, tanto en flora como fauna, están localizadas en la zona andina y en la cordillera de la costa[7], las cuales debieran recibir un alto esfuerzo de conservación.

Sin embargo, estas áreas prioritarias de conservar están insuficientemente o no representadas en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), la principal forma de conservación en Chile. En la región de Antofagasta se ubican dos áreas protegidas (Parque Nacional Llullaillaco y Reserva Nacional Los Flamencos), las cuales cubren una reducida superficie del territorio (2,5%) y albergan el 67% de las especies de plantas que habitan en la región[8]. Ambas áreas silvestres protegidas se ubican en la región andina, teniendo una superficie que no asegura la conservación de los sistemas ecológicos altoandinos y, mayor aún, sin representar al desierto costero en el SNASPE.

Recientemente, en la estrategia regional de conservación biológica se determinaron sitios prioritarios de protección como complementación a la protección ejercida en las áreas silvestres protegidas. De esta forma, en las dos zonas de alto grado de endemismo se definieron sitios prioritarios de conservación. En la zona andina se determino al Salar de Aguas Calientes IV, mientras en el desierto costero se determino al Sector Costero de Paposo[9]. Las características de cada sitio se describen a continuación.

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SITIOS PRIORIZADOS

3.1.1 SITIO PRIORITARIO DE AGUAS CALIENTES IV

Los salares, depósitos salinos, se presentan en las cuencas cerradas que se forman entre los diferentes cordones que forman la cordillera de Los Andes del Norte Grande de Chile[10]. Estos habrían resultado de la desecación de lagos formados como consecuencia del derretimiento de los glaciares[11]. Estos salares están formados por una fracción líquida de tipo salmuera, una parte salina representada por depósitos de diferentes sales transportados en solución, y una fracción sólida constituida por

---

[7] Cavieres, L.A., M.T.K. Arroyo, P. Posadas, C. Marticorena, O. Matthei, R. Rodríguez, F.A. Squeo & G. Arancio (2002) Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. Biodiversity and Conservation 11: 1301 – 1311.

Jerez, V. (2000) Diversidad y patrones de distribución geográfica de insectos coleópteros en ecosistemas desérticos de la región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 79 – 92.

[8] Squeo, F.A., L.A. Cavieres, G. Arancio, J. Novoa, O. Matthei, C. Marticorena, et al. Biodiversidad de la flora vascular en la región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 571 – 591.

[9] ESTRATEGIA REGIONAL DE BIODIVERSIDAD

[10] Brüggen, J. (1950) Fundamentos de geología de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 504 pp.

[11] Messerli, B., M. Grojean G. Bonani, A. Bürgi, M. Geyh, K. Graf, K. Ramseyer, H. Romero, U. Schotterer H. Schreier & M. Vuille (1993) Climate change and natural resources dynamics of the Atacama Altiplano during the last 18000 years: a preliminary synthesis. Mountain Research and Development 13: 117 – 127.

Folio008338

distintos niveles de arena, limo y arcilla[12]. Su sistema hidrológico está formado por surgencias, canales y lagunas. La salinidad varía desde niveles muy bajos en los sitios de surgencia, hasta máximos en el interior de las lagunas o riberas alejadas de la surgencia. Esta variación de la salinidad del agua se corresponde con cambios en al flora acuática vascular y algal y, también, en la fauna.

La plantas adaptadas a los salares, ambientes de alta salinidad y poco agua disponible, se conocen como halófitas y forman comunidades particulares, las que varían según los niveles de salinidad. Donde hay ciertas indicaciones favorables de humedad se desarrolla una vegetación de carácter xérico. En sectores salinos se desarrolla la asociación *Atripex desericola – lycium minuteflorum*. También se pueden encontrar las asociaciones de *Atripex atacamensis* con *Acantholipia trifida* o *Tessaria absinthioides*. En sectores de mayor altura se encuentra la asociación de *Stipa chryophyla* con *S. atacamensis, Senecio rahmeri, Cristaria andicola* y otros arbustos. En sectores altos con mayor humedad se puede apreciar la asociación de *Adesmia sentis* y otras especies (*Juncos balticus*, *Nicotiana corymbosa*, *Hordeum comosum*, etc.)[13].

Las asociaciones vegetacionales de los salares varían fuertemente con aquellas asociaciones de los ambientes aledaños[14]. Según su ubicación geográfica, el salar de Aguas Calientes IV estaría ubicado en la formación vegetacional de la Puna en la zona andina. La formación de Puna, distribuida entre los 3150 a 3850 m.s.n.m., presenta dos asociaciones vegetacionales: 1) Asociación *Fabiana densa – Baccharis boliviensis* que es la más homogénea, ampliamente distribuida y florísticamente rica. Algunas de sus especies más importantes son *Euphorbia minuta*, *Gilia glutinosa*, *G. laciniata*, *Schkuhria multiflora*, *Quinchamalium sp.*, entre otras. Dentro de esta asociación, las plantas crecen en sustrato rocoso de suave pendiente (9,2˚). Los valores de cobertura más altos son exhibidos por *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis*, las cuales son distribuidas a través del rango altitudinal de esta asociación. 2) Asociación *Baccharis incarum – Junellia seriphioides – Lampaya medicinalis*. Esta asociación conecta la Puna con la zona altoandina. Está distribuida entre los 3650 a 3850 m.s.n.m. en suelos bien desarrollados de suaves pendientes, La riqueza de especies disminuye respecto de la primera asociación. Dos especies de arbustos: *Baccharis incarum* y *Junellia seriphioides*, aunque están presentes en la primera asociación, estás especies alcanzan su más alto valor de cobertura a esta altitud[15].

Respecto a la flora del salar no existen antecedentes sobre riqueza de especies y las formaciones vegetacionales. Los estudios de flora realizados en la zona están suscritos al Parque Nacional Llullaillaco, ubicado en la proximidad norte del salar.

---

[12] Vila, T. (1975) Geología de los depósitos salinos andinos, provincial de Antofagasta, Chile. Revista de geología de Chile 2: 41 – 55.
[13] Quintanilla, V. (1988) Fitogeografía y cartografía de la vegetación de Chile árido. Contribuciones científicas y Tecnológicas 82: 5 – 27.
[14] Teillier, S. & P. Becerra (2003) Flora y vegetación del Salar de Ascotan, Andes del Norte de Chile. Gayana Botánica 60: 114 – 122.
[15] Villagrán, C., J.J. Armesto & M.T.K. Arroyo (1981) Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro León in northern Chile. Vegetation 48: 3-16.

Folio008339

Esta zona ha sido estudiada desde 1860 y hasta la fecha se han registrado 126 especies, 74 géneros y 31 familias[16]. Se estima que la riqueza botánica puede ser aún mayor. Esta latitud es una zona con altas fluctuaciones interanuales en las precipitaciones[17], donde los ciclos pluviales asociados al fenómeno del El Niño cobran mucha relevancia en la emergencia de algunas especies, por lo que es posible continuar reportando nuevas especies[18]. El endemismo de plantas es alto, principalmente desde la latitud 25° hacia el sur[19]. El alto grado de endemismo se debería a la presencia del desierto de Atacama en un rango altitudinal más bajo, el cual ha limitado el intercambio de taxa entre la Puna y otras formaciones vegetaciones[20].

Respecto a la fauna, el salar de Aguas Calientes IV es utilizado como sitio de alimentación y reproducción por importantes especies, principalmente por avifauna amenazada de extinción. En él es posible observar el Suri (*Pterocnemia pennata*), Parina Grande (*Phoenicoparrus andinus*), Piuquén *Cloephaga melanoptera*), Perdiz de la Puna (*Tinamotis pentlandii*) y los mamíferos Chinchilla (*Chinchilla brevicaudata*) y Vicuña (*Vicugna vicugna*)[21]. El endemismo de las especies de fauna es bajo, debido principalmente a la cercanía limítrofe con Argentina.

El salar de Aguas Calientes IV constituyó un sitio de explotación de sales, pero actualmente presenta un bajo impacto antrópico. Actualmente se reconoce como un espacio potencial de explotación minera. Parte importante de sus tierras son fiscales, sin embargo una fracción no menor estaría bajo concesiones mineras[22].

La importancia del salar de Aguas Calientes IV como sitio prioritario de conservación biológica radica en que es una reserva de recursos hídricos importante para las especies pertenecientes al Parque Nacional Llullaillaco y que puede verse afectado por exploraciones de recursos hídricos. Es integrante de la red de salares altoandinos y lugar de encuentro para fauna amenazada de extinción. Además,

---

[16] Marticorena, A., V. Pardo, A. Peñaloza, M.A. Negritto, L.A. Cavieres & M. Parada (2004) Adiciones y notas a la flora del Parque Nacional Llullaillaco, II Región, Chile. Gayana Botánica 61: 49 – 54.
[17] Huston,J. & A.J. Hartley (2003) The central Andean west-slope reainshadow effect and its potencial contribution to the origin of Hyper-aridity in the Atacama desert. International Journal of Climatology 23: 1453 – 1464.
[18] Marticorena, A., V. Pardo, A. Peñaloza, M.A. Negritto, L.A. Cavieres & M. Parada (2004) Adiciones y notas a la flora del Parque Nacional Llullaillaco, II Región, Chile. Gayana Botánica 61: 49 – 54.
[19] Squeo, F.A., G. Arancio, R. Osorio, M.T.K. Arroyo & H. Veit (1994) Flora y Vegetación de los Andes desérticos de Chile. In: Squeo, F.A., R. Osorio, & G. Arancio (eds) Flora de Los Andes de Coquimbo: Cordillera de Doña Ana. Ediciones de la Universidad de La Serena, La Serena. Pp. 1-17.
[20] Villagrán, C., J.J. Armesto & M.T.K. Arroyo (1981) Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro León in northern Chile. Vegetation 48: 3-16.
[21] CONAMA (2002) Estrategia regional y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la Región de Antofagasta. Comisión Nacional del Medio Ambiente, II Región, Chile. pp 39
[22] CONAMA (2002) Estrategia regional y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la Región de Antofagasta. Comisión Nacional del Medio Ambiente, II Región, Chile. pp 39

Folio008340

existe la potencialidad de anexarlo al PN Llullaillaco y así incluirlo dentro del SNASPE[23].

Los muestreos de flora y fauna se realizaron en los alrededores del salar, escogiendo 8 puntos de muestreo.

3.1.1.1 Flora

METODOLOGIA
La vegetación de los salares tiene una variación dentro del salar, lo cual se corresponde con el gradiente de salinidad. De esta forma, la vegetación se evaluó a través de observaciones generales la cobertura vegetal establecida en los puntos de surgencias y la comparamos con los puntos alejados de estos sitios.

RESULTADOS
La vegetación presenta un patrón en su distribución caracterizado por la distancia desde el nivel de surgencia. La forma de vida predominante son las hemicriptófitas las cuales son considerablemente más abundantes en la zona de surgencia que en los lugares alejados a esta. Lamentablemente, los esfuerzos de muestreos que se disponían para el salar no permitían un estudio más consensuado.

3.1.1.2 Fauna

METODOLOGÍA
La metodología de fauna se establecio para registrar la presencia de especies de vertebrados en los alrededores del salar, y para registrar abundancias de la avifauna que habita el espejo de agua. De esta forma, micro y macromamíferos fueron evaluados a través de registros indirectos (huelleros, indicios de su presencia y /o fecas), mientras que para la avifauna se establecieron conteos directos desde el espejo de agua.

RESULTADOS
Se registro la presencia de 12 especies de vertebrados, de las cuales 10 son aves acuaticas o ribereñas y 2 son mamíferos. En este lugar, reptiles y anfibios no fueron representados. Dentro de las especies registradas, fue posible constatar la presencia de 5 especies amenazadas de extinción, de las cuales tres son aves y dos son mamíferos.
En el espejo de agua la especies más abundante fue la Parina grande (*Phoenicoparrus andinus*), seguida del pato juarjual (*Lophonetta specularioides*). Los

[23] CONAMA (2002) Estrategia regional y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la Región de Antofagasta. Comisión Nacional del Medio Ambiente, II Región, Chile. pp 39

datos de abundancia registrados para Parina grande están dentro de los rangos de censos desarrollados en años anteriores[24].

Especies de Fauna registradas en el Salar Aguas Calientes IV							
Clase	Familia	Especie		Estado de Conservación			Origen
		Nombre científico	Nombre común	Glade 1993 (Regional)	Glade 1993 (Nacional)	SAG 1998	
Aves	Anatidae	*Lophonetta specularioides*	Pato Juarjual				
	Anatidae	*Anas flavirostris*	Pato jergón chico				
	Anatidae	*Chloephaga melanoptera*	Piuquen			**V**	
	Charadridae	*Charadrius alticola*	Chorlo de la puna				
	Phoenicopteridae	*Phoenicoparrus andinus*	Parina grande			**V**	
	Phoenicopteridae	*Phoenicopterus chilensis*	Flamenco chileno			**V**	
	Recurvirostridae	*Recurvirostra andina*	Caiti				
	Scolopacidae	*Calidris bairdii*	Playero de blaird				
	Tyrannidae	*Lessonia oreas*	Colegial del norte				
	Tyrannidae	*Muscisaxicola flavinucha*	Dormilona fraile				
Mamíferos	Camelidae	Vicugna vicugna	Vicuña			**P**	
	Canidae	Lycalopex culpaeus	Zorro Culpeo			**I**	

Censos de avifauna presente en el espejo de agua del Salar Aguas Calientes IV												
Familia	Especie		Sitios de censo									Abundancia
	Nombre científico	Nombre común	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Anatidae	*Lophonetta specularioides*	Pato Juarjual	12		3		2	2	2	21	7	49
Anatidae	*Anas flavirostris*	Pato jergón chico	15									15
Anatidae	*Chloephaga melanoptera*	Piuquen	2	2							2	6
Charadridae	*Charadrius alticola*	Chorlo de la puna			2			3	3		3	11
Phoenicopteridae	*Phoenicoparrus andinus*	Parina grande	2	46	18	9	43	69	26	67	40	320
Phoenicopteridae	*Phoenicopterus chilensis*	Flamenco chileno		5	4		2	3		7	4	25
Recurvirostridae	*Recurvirostra andina*	Caiti				1	4		2	6	3	16
Scolopacidae	*Calidris bairdii*	Playero de blaird	7	2	2	1	2		2		3	19
Tyrannidae	*Lessonia oreas*	Colegial del norte	1			1	4				2	8
Tyrannidae	*Muscisaxicola flavinucha*	Dormilona fraile			1	1					1	3

3.1.2 SECTOR COSTERO DE PAPOSO

La costa del norte de Chile forma parte de un sistema ecológico particular denominado Formación de Lomas. Este sistema se distribuye en la costa pacifica de Sudamérica, abarcando desde el norte de Perú (5˚ S) hasta el norte de Chile (30˚ S). Es descrito, fitogeográficamente, como una isla de vegetación, pues esta rodeada de ambientes hiperáridos donde no habitan especies vegetales. Uno de los sectores más clásicos de esta formación es el Sector Costero de Paposo, reconocido por su alto grado de endemismo.

La biodiversidad de Paposo debe su origen a la presencia de las camanchacas costeras. Las altas cumbres de la cordillera de la costa forman una barrera para el aire marino que se dirige hacia los valles interiores, dando como resultado una

[24] Cunazza, C. & I. Benoit (2000) Censo de especies de fauna 1995-1999. Corporación Nacional Forestal, Chile. pp 66.

densa capa de niebla entre los 300-800 m.s.n.m. que permite una condensación de humedad y protege las laderas de la extrema desecación del sol. La vegetación de estos oasis de niebla esta fuertemente restringida al escarpamiento costero y a numerosas quebradas, siendo dentro de ellas donde se encuentra la gran diversidad y densidad de plantas[25].

Como las quebradas incrementan rápidamente su elevación, la vegetación se presenta con una alta heterogeneidad altitudinal. La zona donde se presenta la niebla (300 – 800 m) es dominada por el lechero (*Euphorbia lactiflua*) y (*Eulychnia iquiquensis*). Otros importantes arbustos de esta zona son (*Tricochereus coquimbanus*), (*Oxalis gigantea*), (*Lycium stenophyllum*), (*Proustia cuneifolia*), (*Croton chilensis*) y (*Balbisia peduncularis*).

Arriba y debajo de la capa de niebla la cobertura de especies cae fuertemente y la forma de crecimiento de las especies dominantes cambia, así la importancia de cactus suculentos y arbustos bajos incrementa desde el centro de la zona de niebla. Densas agrupaciones de *Deuterocohnia chrysantha* y *Puya boliviensis* son comunes en el plano costero y marcan el limite inferior de la niebla. En el plano de la zona costera existe una gran cobertura de *Copiapoa haseltoniana*. Por sobre el limite de la niebla, *copiapoa* comienza nuevamente a dominar junto con *Polyachyrus cinereus*, *Oxalis caesia*, *Nolana stenophylla*, *N. villosa*, *N. sediflolia* y *N. peruviana*. La zona más alta del gradiente, 1060 m., es habitada por *Loasa fruticosa*, la cual marca el límite extremo de influencia de la niebla, ya que por sobre este límite las especies de flora están ausentes[26].

El sector de Paposo se ha descrito como una zona de alto endemismo. Tanto en flora como en fauna, Paposo es registrado como la zona de mayor endemismo dentro de la II región. Además, en Paposo habitan muchas especies con graves problemas de conservación, algunas de las cuales son prioritarias de conservar a nivel nacional como el Michay de Paposo (*Berberis litoralis*) y la Dalea (*Dalea azurea*)[27]. Debido a esto, es considerado como una prioridad de conservación a nivel nacional e internacional[28]. Se ha descrito que la densidad de especies endémicas de Paposo es

---

[25] Rundel, P.W., M.O. Dillon, B. Palma, H.A. Mooney, S.L. Gulmon & J. R. Ehleringer (1991) The phytogeography and ecology of the coastal Atacama and Peruvian Deserts. Aliso 13: 1 – 49.

[26] Rundel, P.W., M.O. Dillon, B. Palma, H.A. Mooney, S.L. Gulmon & J. R. Ehleringer (1991) The phytogeography and ecology of the coastal Atacama and Peruvian Deserts. Aliso 13: 1 – 49.

[27] Benoit, I. (1989) Libro rojo de la flora terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago, 157 p.

[28] Cavieres, L.A., M.T.K. Arroyo, P. Posadas, C. Marticorena, O. Matthei, R. Rodríguez, F.A. Squeo & G. Arancio (2002) Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. Biodiversity and Conservation 11: 1301 – 1311.

Jerez, V. (2000) Diversidad y patrones de distribución geográfica de insectos coleópteros en ecosistemas desérticos de la región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 79 – 92.

Folio008343

similar al endemismo registrado en reconocidas zonas de alta prioridad de conservación a nivel mundial o "hotspots"[29].

La importancia del sector costero de Paposo no sólo radica en el ambiente terrestre. El ambiente marino de Paposo es destacable por la presencia de especies endémicas y amenazadas de extinción[30]. Además, este ambiente es rico en recursos marinos asociados a la corriente de humboldt, siendo la principal fuente de ingreso de las comunidades locales.

El sector costero de Paposo tiene una larga historia de ocupación humana, y actualmente existe una fuerte presión antrópica. En el ambiente terrestre destacan las operaciones mineras, centrales termoeléctricas, construcción de caminos, ganado caprino y equino, extracción de leña y una creciente ocupación humana[31]. En el ambiente marino, la sobreexplotación de los recursos, principalmente mariscos y algas, ha amenazado fuertemente la zona intermareal.

Actualmente, existe un proyecto de conservación para el sector costero para integrarlo dentro del SNASPE bajo la categoría de Reserva Nacional[32]. Sin embargo, tal proyecto puede no tener éxito debido a que una gran proporción del sitio prioritario pertenece a privados[33].

Tabla 3.1 = Quebradas muestreadas y observadas en el Sector Costero de Paposo. Se indica la fecha de visita, la actividad efectuada, las horas de muestreo y los participantes de la exploración.

[29] Cavieres, L.A., M.T.K. Arroyo, P. Posadas, C. Marticorena, O. Matthei, R. Rodríguez, F.A. Squeo & G. Arancio (2002) Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. Biodiversity and Conservation 11: 1301 – 1311.
Clasificación de "Hotspots" de N. Myers, R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G. da Fonseca & J. Kent (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853 – 858.

[30] Reyes, J.P., E. Sagritá, A. Santoro, M. Parada & J. Flores (1989) Proyecto Paposo. Corporación Nacional Forestal, Región de Antofagasta, Chile.

[31] Cavieres, L.A., M.T.K. Arroyo, P. Posadas, C. Marticorena, O. Matthei, R. Rodríguez, F.A. Squeo & G. Arancio (2002) Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. Biodiversity and Conservation 11: 1301 – 1311.

[32] Cavieres, L.A., M.T.K. Arroyo, P. Posadas, C. Marticorena, O. Matthei, R. Rodríguez, F.A. Squeo & G. Arancio (2002) Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. Biodiversity and Conservation 11: 1301 – 1311.
Reyes, J.P., E. Sagritá, A. Santoro, M. Parada & J. Flores (1989) Proyecto Paposo. Corporación Nacional Forestal, Región de Antofagasta, Chile.

[33] CONAMA (2002) Estrategia regional y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la Región de Antofagasta. Comisión Nacional del Medio Ambiente, II Región, Chile. pp 39

Quebrada	Fecha	Actividad	Horas de muestreo	Participantes
Bandurria	20-Nov	Muestreo Flora y Fauna, observación de paisaje	8	FdelaB, FZ, MA
La Oveja	23-Nov	Observaciones generales	3	AH, FdelaB, FZ, GG, MA
Peralito	19-Nov	Muestreo Flora y Fauna, observación de paisaje	6	FdelaB, FZ, MA
Yales	19-Nov	Observaciones generales	3	FdelaB, FZ, MA
Cerro Yumbes	23-Nov	Observaciones generales	4	AA, FdelaB, AF, JW
El Rincón	18-Nov	Observaciones generales	3	AA, FdelaB, FZ, MA
El Médano	21-Nov	Muestreo Flora y Fauna, observación de paisaje	8	AA, AH, FdelaB, FZ, GG, MA
La Plata	22-Nov	Muestreo Flora, observación de paisaje	8	FdelaB, MA
Miguel Díaz	23-Nov	Muestreo Flora y Fauna, observación de paisaje	8	AH, FZ, GG, MA

AA= Alexis Arancibia (Vicerrectoria de Investigación y Desarrollo, U. de CHILE)
AF = Anita Flores (Asesor)
AH = Adriana Hoffmann (Vicerrectoria de Investigación y Desarrollo, U. de CHILE)
FdelaB = Francisco de la Barrera (Vicerrectoria de Investigación y Desarrollo, U. de CHILE)
FZ = Francisco Zorondo (Vicerrectoria de Investigación y Desarrollo, U. de CHILE)
GG = Guido Gutierrez (Museo de Taltal)
JW = John Watson (Asesor)

MA = Marianne Assmussen (Vicerrectoria de Investigación y Desarrollo, U. de CHILE)

Tabla 3.2 = Sitios marinos donde se desarrollaron los muestreos de fauna marina. Se indican los sitios según la clasificación de Peñon, Roquerio y playa, Fecha de visita, actividad desarrollada, horas de muestreo y participantes de la expedición.

Sitio costero		Fecha	Actividad	Horas de muestreo	Participantes
Peñon	Punta dos Reyes	22-Nov	Muestreo de fauna marina	3	AA, FZ
	Caleta Paposo	20-Nov	Muestreo de fauna marina	3	AA, FZ
	Punta Plata	22-Nov	Muestreo de fauna marina	3	AA, FZ
Roquerio	Roquerio Medano	22-Nov	Muestreo de fauna marina	3	AA, FZ
	Miguel Díaz (cercano)	22-Nov	Muestreo de fauna marina	3	AA, FZ
Playa	Miguel Díaz (cercano)	22-Nov	Muestreo de fauna marina	3	AA, FZ
	Bandurria (cercano)	20-Nov	Muestreo de fauna marina	3	AA, FZ

AA = Alexis Arancibia (Vicerrectoria de Investigación y Desarrollo, U. de Chile)
FZ = Francisco Zorondo (Vicerrectoria de Investigación y Desarrollo, U. de Chile)

3.1.2.1 Flora

MUESTREO

Las quebradas seleccionadas fueron recorridas registrando e identificando todas las especies de plantas encontradas a diferentes alturas. De la misma forma, también se identificaron las especies dominantes por quebradas. Sin embargo, el esfuerzo de muestreo que permitía el desarrollo del actual proyecto no garantizaba el registro completo de la flora y vegetación de las quebradas. Ante esto, los registros de flora fueron complementados con catálogos entregados por G. Gutierrez[34], incorporando además registros de especies de quebradas no visitadas.

De esta forma, los análisis de las especies presentes por quebradas se realizaron con todo el catálogo disponible sobre flora. Se identificó la riqueza de especies, el nivel de endemismo, el número de especies amenazadas de extinción, y las especies dominantes en cada quebrada.

RESULTADOS

Entre las quebradas existe una gran variación en la diversidad de especies. Una mayor riqueza de especies es encontrada en las quebradas de Matancilla, Rinconada, Bandurria y Peralito. Respecto a los estados de conservación, las quebradas que

34 Ver ANEXO: LISTADO DE ESPECIES DE FLORA PRESENTES POR QUEBRADA

Folio008346

presentan un mayor número de especies amenazadas serían la quebrada de Matancillas y Miguel Díaz. En el nivel de endemismo, sin embargo, el porcentaje de especies endémicas fue parejo entre las quebradas.

Figura 3.1 = Riqueza de especies de plantas por quebradas (MD = Miguel Díaz, Pl = La Plata, Me = Médano, LC = Las Cañas, Ri = Rincón, Yu = Yumbes, Pa = Paposo, Pe = Peralito, CM = Cerro Mirador, EM = El Muerto, Ma = Matancillas, LO = La Oveja, Ca = Cachinales, Ba = Bandurrias)

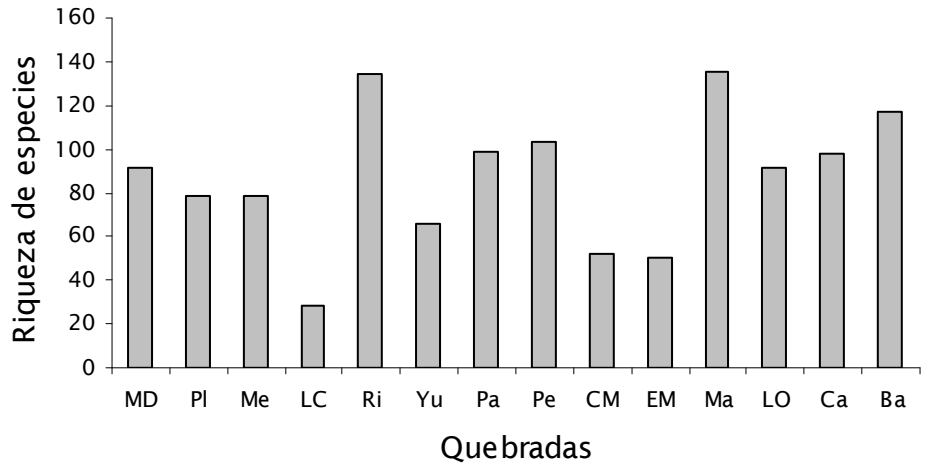


Figura 3.2 = Porcentaje de especies endemicas respecto al total de especies registradas en la quebrada (MD = Miguel Díaz, Pl = La Plata, Me = Médano, LC = Las Cañas, Ri = Rincón, Yu = Yumbes, Pa = Paposo, Pe = Peralito, CM = Cerro Mirador, EM = El Muerto, Ma = Matancillas, LO = La Oveja, Ca = Cachinales, Ba = Bandurrias).

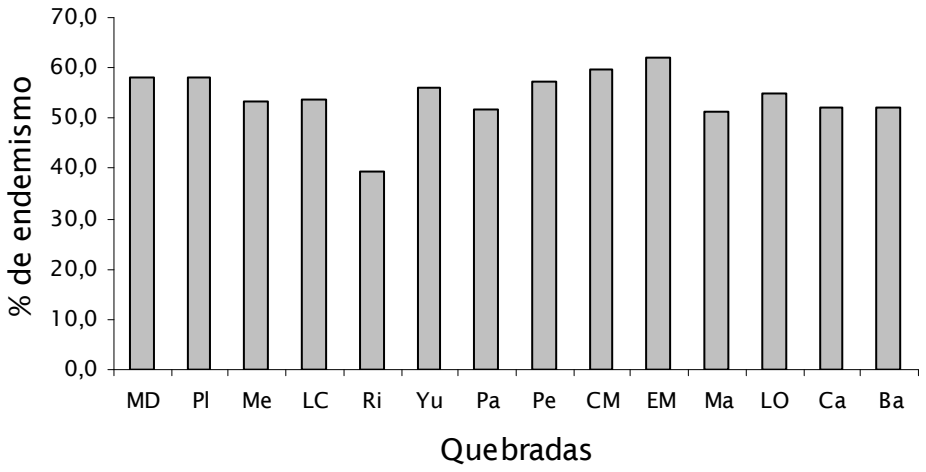
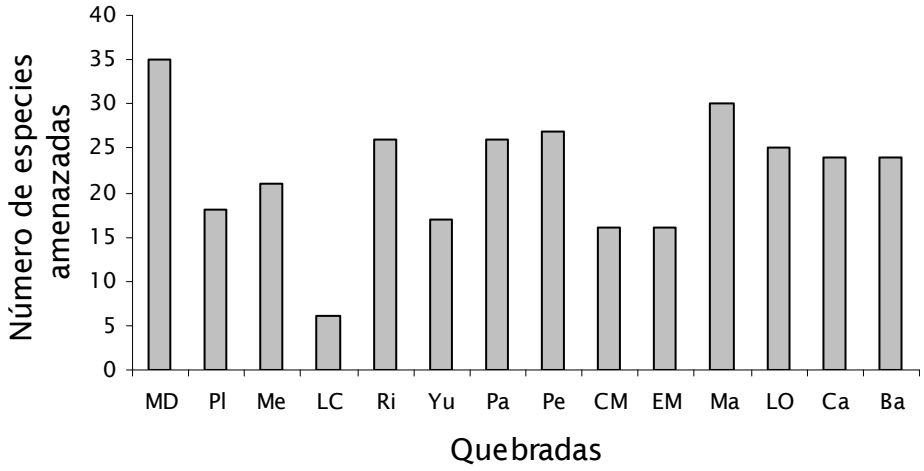


Figura 3.3 = Número de especies con problemas de conservación registradas en las quebradas (MD = Miguel Díaz, Pl = La Plata, Me = Médano, LC = Las Cañas, Ri = Rincón, Yu = Yumbes, Pa = Paposo, Pe = Peralito, CM = Cerro Mirador, EM = El Muerto, Ma = Matancillas, LO = La Oveja, Ca = Cachinales, Ba = Bandurrias).



3.1.2.2 Fauna

MUESTREO

El método de muestreo para todos los vertebrados se baso en transectos a lo largo de las quebradas, observando y fotografiando a los ejemplares. La identificación de anfibios y reptiles fue a través de observaciones visuales. Las aves, por su parte, fueron identificadas a través de observaciones visuales y auditivas. Lo micro- y macro-mamíferos terrestres se identificaron a través de métodos indirectos. Los micromamíferos se evaluarón a través de restos craneales depositados en egagrópilas de aves rapaces y fecas de carnívoros, mientras que los macromamíferos se registraron a través de fecas, huellas y señales específicas registradas en cada quebrada (ej. Revolcaderos de camélidos). Para carnívoros, en particular, se dispusieron estaciones odoríferas constituidas por un círculo de arena en cuyo centro se establecerá un atractor olfativo, identificando la especie a través de la impronta de las huellas[35].

En el ambiente marino, los muestreos se basaron en el registro de aves y mamíferos marinos (Pinnípedos y mustélidos). Con el mismo esfuerzo de muestreo, se registraron las especies presenten en algunos peñones, roquerios y playas, del sector costero de Paposo.

Para las especies de ambos ambientes se utilizarán como referencia las distribuciones geográficas descritas en la bibliografía científica, tanto en libros de

[35] Acosta G & JA Simonetti (1999) Guía de huellas de once especies de mamíferos del bosque templado chileno. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 48: 19-27.

campo como en estudios que actualicen los limites distribucionales. Así, para anfibios utilizaremos las distribuciones definidas por Cei (1962)[36] y Veloso & Navarro (1988)[37], en reptiles utilizaremos a Donoso – Barros (1966; 1970)[38] y Veloso & Navarro (1988)[39], en aves se utilizará a Jaramillo (2003)[40] y en mamíferos las descripciones de Muñoz-Pedreros & Yáñez (2000)[41].

Entre las especies que potencialmente habiten los sitios, registramos aquellas con prioridad de conservación según los estados de conservación y endemismo. Los estados de conservación son indicados utilizando la clasificación de Glade (1993)[42] y SAG (1998)[43]. Las especies endémicas, por su parte, son definidas según las especificaciones de Simonetti et al. (1995)[44], Muñoz-Pedreros & Yáñez (2000)[45] y Jaramillo (2003)[46].

Además, consideramos dentro de especies prioritarias de conservar a aquellas que presentan en el Sector Costero de Paposo su limite distribucional o presentan una distribución aislada, según la bibliografía ocupada. Lo anterior debido a que bajo estas características biogeográficas las especies mantendrían una categoría de Rara.

RESULTADOS

En general, se registraron 25 especies de vertebrados, de las cuales 1 es anfibio, 4 son reptiles, 14 son aves y 6 son mamíferos. De ellas, 6 especies son endémicas de Chile, entre las que se encuentra el sapo de Atacama (*Bufo atacamensis*), las cuatro especies de reptiles registrados, el ave tapaculo (*Scelorchilus albicollis*), y el roedor Laucha orejuda de darwin (*Phyllotis darwini*). Respecto a las especies amenazadas de extinción, se registraron 2 en Peligro de extinción (sapo de Atacama y guanaco), dos Vulnerables (la Lagartija de mancha y la iguana chilena), tres Raras (la Lagartija plate, la Lagartija de dos manchas y la Llaca), y dos Insuficientemente conocidas (zorro culpeo y zorro gris). Las especies que presentan limites distribucionales o una población aislada son diuca (*Diuca diuca*), tapaculo (*Scelorchilus albicollis*), Chirigüe verdoso (*Sicalis olivascens*), Yal (*Phrygilus fruticeti*), Cometocino de gay (*Phrygilus gayi*).

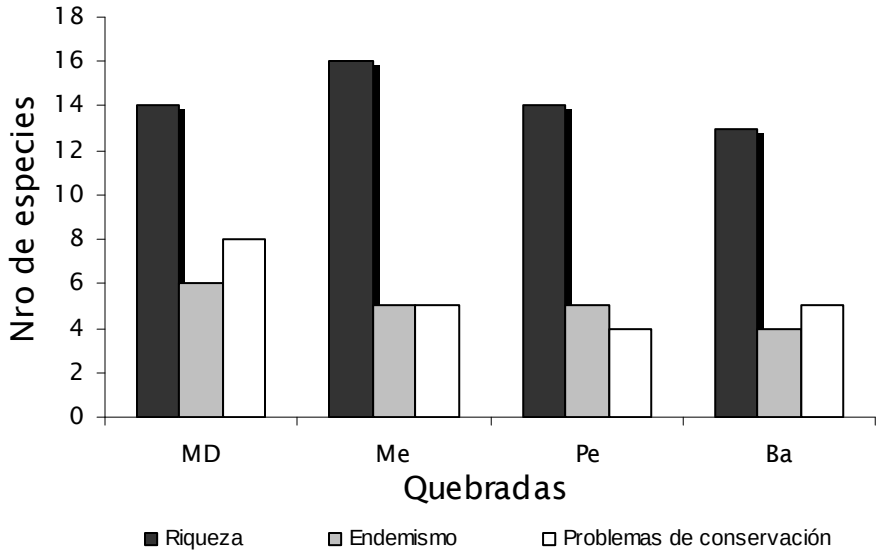
---

[36] Cei (1962) Batracios de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago.
[37] Veloso A & J Navarro (1988) Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali 6: 481-539.
[38] Donoso-Barros R (1966) Reptiles de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago.
Donoso-Barros R (1970) Catálogo Herpetológico Chileno. Boletín Museo Nacional de Historia Natural, Chile 31: 50-124.
[39] Veloso A & J Navarro (1988) Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali 6: 481-539.
[40] Jaramillo, A (2003). Birds of Chile. Princeton University Press. New Jersey, USA.. 240 pp.
[41] Muñoz-Pedreros & Yáñez (eds 2000). Mamíferos de Chile. CEA Ediciones, Valdivia. 463 pp.
[42] Glade, A (1993) Libro rojo de los vertebrados terrestres de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. 68 pp.
[43] SAG (1998) Reglamento de la Ley de Caza, DS Nº 5/98. Servicio Agrícola y Ganadero. Ministerio de Agricultura, Chile.
[44] Simonetti JA, MTK Arroyo, A Spotorno & E Lozada (eds) (1995). Diversidad Biológica de Chile. CONICYT, Santiago, Chile.
[45] Muñoz-Pedreros & Yáñez (eds 2000). Mamíferos de Chile. CEA Ediciones, Valdivia. 463 pp.
[46] Jaramillo, A (2003). Birds of Chile. Princeton University Press. New Jersey, USA.. 240 pp.

Folio008349

En todas las quebradas se registró presencia de especies endémicas y amenazadas de extinción. Entre las quebradas no hubo mayor diferencia en la riqueza de especies y el número de especies endémicas, mientras que si se aprecia diferencia en el número de especies amenazadas de extinción. La quebrada Miguel Díaz presenta 8 especies con problemas de conservación en comparación a 5 que presenta quebrada el Médano y Bandurria (Figura 3.4).

Figura 3.4 = Número de especies de fauna presentes, endémicas y con problemas de conservación de las quebradas (MD = Miguel Díaz, Me = Médano, Pe = Peralito, Ba = Bandurrias).



En el ambiente marino, se registraron 16 especies, de las cuales una es un reptil, 12 son aves y 3 son mamíferos. De estas especies, solo una es endémica y corresponde al reptil corredor de Atacama (*Microlophus atacamensis*). Entre los tres espacios muestreados se encontró fuerte diferencia en el número de especies presentes, número de especies endémicas, y número de especies en estados de conservación. Los Peñones son los espacios que agrupan la mayor cantidad de especies y donde también están presentes las especies con estados críticos de conservación.

Folio008350

4 IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN

Las áreas prioritarias para la conservación de los sitios de interés buscan incorporar tres objetivos: la representatividad del sistema de áreas silvestres protegidas, proteger áreas con características especiales y mantener procesos ecológicos en el largo plazo. Considerando lo anterior, se ha diseñado la metodología que a continuación se describe.

4.1 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS

Para hacer la identificación de áreas prioritarias para la conservación en el **Sector Costero de Paposo**, lo primero fue jerarquizar la importancia de las unidades de muestreo en función de las características de cada quebrada que se presentan en la tabla XXX. Se indica su sigla y su fuente de información

Tabla 5.1: Características de las quebradas bajo evaluación.
Fuente: Elaboración propia

	CARACTERISTICA	***SIGLAS***	***FUENTES***
	VISITA EQ. VID. U. DE CHILE	V	
Atributos ecológicos a nivel de especies	RIQUEZA DE ESPECIES DE FLORA	REFl	*(1)*
	RIQUEZA DE ESPECIES DE FAUNA	REFa	*(2)*
	NUMERO DE ESPECIES ENDEMICAS DE FLORA	NEFl	*(1) (11) (12)*
	% ENDEMISMO DE FLORA	PEFl	
	NUMERO DE ESPECIES ENDEMICAS DE FAUNA	NEFa	*(2) (3) (5)*
	NUMERO DE ESPECIES DE FLORA EN PROBLEMAS DE CONSERVACION	NPCFl	*(1) (13) (14) (15) (16)*
	NUMERO DE ESPECIES DE FAUNA EN PROBLEMAS DE CONSERVACION	NPCFa	*(2) (4)*
	NUMERO DE ESPECIES DE FLORA EN PELIGRO DE EXTINCION	NPExFl	
	NUMERO DE ESPECIES DE FAUNA EN PELIGRO DE EXTINCION	NPEFa	*(4)*
	NUMERO DE ESPECIES EN LIMITE DE DISTRIBUCION POBLACIONAL	NLDPFa	*(5)*
	NUMERO DE ESPECIES DE POBLACION AISLADA	NPAFa	*(5)*
	NUMERO DE ESPECIES CON POSIBLE EXTENSIÓN DE LÍMITE POBLACIONAL	NPELPFa	*(5)*
Rasgos Paisajísticos	DIVERSIDAD PAISAJISTICA (baja, media, alta)	DP	*(7)*
	COMPLEJIDAD GEOMORFOLÓGICA (baja, media, alta)	CG	*(10)*
Impacto Ambiental	NUMERO CABRAS 2003	NC2003	*(6)*
	POBLACION 2003 (número de personas)	P2003	*(6)*
	NUMERO CABRAS 2005	NC2005	*(6)*
	POBLACION 2005 (número de personas)	P2005	*(6)*
	GRADO DE IMPACTO (Mínimo, medio, alto)	GI	*(8)*
Accesibilidad	CERCANIA A CENTROS POBLADOS MAYORES:PAPOSO Y TALTAL (A MÁS DE 10km, A MENOS DE 10km)	CCPM	*(9)*

Fuentes:

(1) *Base de datos entregada por CONAF*
(2) *Recopilación en terreno del equipo de la VID*
(3) *Simonetti et al 1995*
(4) *SAG 1998*
(5) *Jaramillo 2003*
(6) *Documento Técnico. Introducción de ganado caprino y su impacto el proyecto reserva nacional Paposo. Guido Gutiérrez Gutiérrez – Museo municipal Taltal. Noviembre 2005*
(7) *Definida en terreno en términos de heterogeneidad de unidades vegetacionales conspicuas*
(8) *Definido en función de: presencia de cabras, rodados de aluviones, paisaje sin grandes modificaciones*
(9) *Elaboración propia, considerando en la medición a las rutas existentes*
(10) *Considera la existencia de quebradas tributarias y formas irregulares*
(11) *Marticorena 1998*
(12) *CONAF 2005*
(13) *Benoit 1989*
(14) *Hoffmann 2004*
(15) *Base de datos INIA*
(16) *Libro Rojo IV Región*

Las características pueden a su vez agruparse en: atributos ecológicos a nivel de especies, rasgos paisajísticos, impacto ambiental y accesibilidad. Particularmente, los atributos ecológicos a nivel de especies están subagrupados en: riqueza, endemismo, grado de amenaza y distribución

Las características mencionadas se aplicaron sobre las unidades que fueron pre-seleccionadas[47], muestreadas y visitadas, siempre y cuando estuviese disponible información sobre su flora en la base de datos de flora entregada por CONAF[48]. Además se incorporaron otras unidades que fueron recomendadas por expertos (A. Hoffmann, J. Flores, A. Santoro, A. Flores, J. Watson, G. Gutierrez)

De esta manera, las unidades atributadas fueron: Qda. Miguel Diaz, Qda. la Plata, Qda. El Medano, Qda. las Cañas, Qda. El Rincón (sector Rinconada), Qda. Yumbes, Qda. Paposo, Q. Peralito, Cerro Mirador, Q. El Muerto, Q. Matancillas, Q.La Oveja, Q.Cachinales, Q.Bandurria. La tabla que contiene la valorización de sus caracteristicas se presenta en la página siguiente.

En tanto, para el sitio de Aguas Calientes se ha definido toda el área delimitada en la Estrategia Regional de Biodiversidad debido a que el Salar, en particular el espejo de agua, requiere de todo el sistema colindante para mantenerse en buen estado, ya que es el sistema completo el que asegura la vialidad del salar como hábitat de avifauna.

[47] Áreas de muestreo seleccionadas a priori, ver informe de avance
[48] CONAF, Base de datos entregada por A. Santoro.

Tabla 5.2: Caracterización de las unidades

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes indicadas previamente

	CARACTERISTICA	*SIGLAS*	*FUENTES*	**Miguel Diaz**	**Q. la Plata**	**Medano**	**Q. las Cañas**	**Sector Rinconada**	**Q. Yumbes**	**Q. Paposo(perales)**	**Q. Peralito ***	**Cerro Mirador**	**Q. El Muerto ***	**Q. Matancillas**	**Q.La Oveja**	**Q.Cachinales**	**Q.Bandurria**
	VISITA EQ. VID. U. DE CHILE	V		**SI**	**SI**	**SI**	NO	**SI**	NO	**SI**	**SI**	NO	**SI**	NO	**SI**	NO	**SI**
Atributos ecológicos a nivel de especies	RIQUEZA DE ESPECIES DE FLORA	REFl	*(1)*	91	79	79	28	**134**	66	**99**	**103**	52	50	**135**	91	**98**	**117**
	RIQUEZA DE ESPECIES DE FAUNA	REFa	*(2)*	14	?	16	?	?	?	?	14	?	?	?	?	?	13
	NUMERO DE ESPECIES ENDEMICAS DE FLORA	NEFl	*(1) (11) (12)*	53	46	42	15	53	37	51	59	31	31	**69**	50	51	61
	% ENDEMISMO DE FLORA	PEFl		**58.2**	**58.2**	**53.2**	**53.6**	39.6	**56.1**	**51.5**	**57.3**	**59.6**	**62.0**	51.1	**54.9**	**52.0**	**52.1**
	NUMERO DE ESPECIES ENDEMICAS DE FAUNA	NEFa	*(2) (3) (5)*	6	?	5	?	?	?	?	5	?	?	?	?	?	4
	NUMERO DE ESPECIES DE FLORA EN PROBLEMAS DE CONSERVACION	NPCFl	*(1) (13) (14)(15) (16)*	**35**	18	**21**	6	**26**	17	**26**	**27**	16	16	30	**25**	**24**	**24**
	NUMERO DE ESPECIES DE FAUNA EN PROBLEMAS DE CONSERVACION	NPCFa	*(2) (4)*	8	?	5	?	?	?	?	4	?	?	?	?	?	5
	NUMERO DE ESPECIES DE FLORA EN PELIGRO DE EXTINCION	NPExFl		6	4	3	1	3	1	2	4	3	2	3	4	4	3
	NUMERO DE ESPECIES DE FAUNA EN PELIGRO DE EXTINCION	NPEFa	*(4)*	1	?	2	?	?	?	?	2	?	?	?	?	?	1
	NUMERO DE ESPECIES EN LIMITE DE DISTRIBUCION POBLACIONAL	NLDPFa	*(5)*	1	?	3	?	?	?	?	2	?	?	?	?	?	1
	NUMERO DE ESPECIES DE POBLACION AISLADA	NPAFa	*(5)*	?	?	2	?	?	?	?	0	?	?	?	?	?	2
	NUMERO DE ESPECIES CON POSIBLE EXTENSIÓN DE LÍMITE POBLACIONAL	NPELPFa	*(5)*	3	?	0	?	?	?	?	1	?	?	?	?	?	1
Rasgos Paisajísticos	DIVERSIDAD PAISAJISTICA (baja, media, alta)	DP	*(7)*	Baja	**Alta**	Media	?	?	?	**Alta**	**Alta**	?	Baja	?	Baja	?	**Alta**
	COMPLEJIDAD GEOMORFOLÓGICA (baja, media, alta)	CG	*(10)*	Baja	Media	Baja	Baja	Media	Media	**Alta**	Media	?	Baja	Media	Media	Baja	**Alta**
Impacto Ambiental	NUMERO CABRAS 2003	NC2003	*(6)*	?	?	?	?	**360**	?	180	?	?	?	0	0	40	**370**
	POBLACION 2003 (número de personas)	P2003	*(6)*	?	?	?	?	**8**	?	6	?	?	?	0	0	1	1
	NUMERO CABRAS 2005	NC2005	*(6)*	?	?	?	?	**300**	?	0	?	?	?	**250**	70	?	0
	POBLACION 2005 (número de personas)	P2005	*(6)*	?	?	?	?	8	?	?	?	?	?	6	6	?	0
	GRADO DE IMPACTO (Mínimo, medio, alto)	GI	*(8)*	Alto	Medio	Medio	?	Alto	Alto	Alto	**Mínimo**	?	**Mínimo**	Alto	**Mínimo**	Alto	Medio
Accesibilidad	CERCANIA A CENTROS POBLADOS MAYORES:PAPOSO Y TALTAL (A MÁS DE 10km, A MENOS DE 10km)	CCPM	*(9)*	A más de 10km	A más de 10km	A más de 10km	A más de 10km	A más de 10km	A más de 10km	**A menos de 10km**	**A menos de 10km**	**A menos de 10km**	**A menos de 10km**	A más de 10km	A más de 10km	A más de 10km	A más de 10km

? Significa que no se poseen antecedentes

* Quebradas tributarias de Queb. Paposo

A partir de lo anterior pueden identificarse que algunas unidades presentan una **gran biodiversidad** representada tanto en el nivel de especies como a nivel de paisaje. Estas son:

- Qda. El Rincón
- Qda. La Plata
- Qda Paposo
- Qda. Peralito
- Qda. Matancillas
- Qda La Oveja
- Qda Cachinales
- Qda Bandurrias

A su vez las siguientes quebradas presentan un **gran impacto ambiental** debido a la presencia de cabras:

- Qda El Rincón
- Qda. Matancilla
- Qda Bandurrias

Cabe destacar el hecho de que en Qda. El Médano se encuentra una de las áreas de arte rupestre más importante de la costa del norte grande de Chile en que los temas principales de los pictoglifos se relacionan con representaciones de seres humanos, balsas, camélidos silvestres, cánidos y una variedad de especies marinas como; lobos de mar, cetáceos, pez espada, manta rayas, congrios y tortugas[49] *(ver recuadro).*

La identificación de las áreas prioritarias conjuga la información primaria (de terreno), secundaria (bases de datos, publicaciones) y las recomendaciones de los expertos, extraídas en parte del Cuestionario para el análisis FODA y de conversaciones semiestructuradas con expertos.

De acuerdo a todo lo anterior hemos definido a modo de propuesta las siguientes zonas que a su vez agrupan unidades:

Zona 1: Qda. Las Cañas – Qda El Rincón

Zona 2: Qda Paposo y sus tributarias (Qda Peralito, Qda El Muerto, Qda Yales) – Cerro Yumbes – Cerro Mirador

Zona 3: Qda Matancilla – Qda La Oveja – Qda Cachinales (Cachinalito)

Unidades restantes: Qda Miguel Diaz – Qda La Plata – Qda El Médano – Qda Bandurrias

[49] Contreras, R., ____ Las pinturas prehispánicas en el área de TalTal. Museo municipal de TalTal "Augusto Capdeville"

LAS PINTURAS PREHISPANAS DEL AREA DE TALTAL

Rodolfo Contreras – Museo municipal de Tal-Tal "Augusto Capdeville"

Introducción

Taltal se encuentra localizado en el desierto costero del sur de la región de Antofagasta, Chile. Las pinturas prehispanas del área, tendrían una antigüedad de aproximadamente 1000 años, correspondiendo a comunidades recolectoras, cazadoras, pescadoras. Se caracterizan principalmente, por la representación de animales terrestres y marinos, como también de humanos cazando camélidos como sobre balsas de cuero de lobo, generalmente en actitud de caza de grandes presas marinas como, cetáceos, lobos de mar, albacoras, etc. Las obras fueron realizadas con pigmentos naturales posiblemente sobre la base de óxido ferroso mezclado con resina de cactus. Nuestro análisis comparativo se refiere a los pictoglifos de tres sub-áreas, dos áreas de quebradas costeras; la primera sub-área se refiere a la quebrada de El Médano, la segunda a la quebrada de San Ramón y la tercera sub-área analizada es el litoral, correspondiente a nuestras recientes investigaciones en sitios como, Tierra del Moro, Loreto, Punta de Plata y Miguel Díaz.

El cuadro representa los distintos sitios y datos relevantes

SITIOS	UBICACION	COORDENADAS	ALTITUD m.s.n.m.	TÉCNICA
Miguel Díaz	Alero costero	L.24°32" y Lon. 70°34"	10m.s.n.m.	Pictoglifos
Punta de Plata	Aire libre	L.24°43" y Lon. 70°34"	15m.s.n.m.	Pictoglifos
Loreto	Alero costero	L.24°48" y Lon. 70°32"	22m.s.n.m.	Pictoglifos
Tierra del Moro	Aire libre	L.25°22" y Lon. 70|26"	47m.s.n.m.	Pictoglifos
El Médano	Quebrada	L.24°48" y Lon.70°29"	1.900 a 1.200m.s.n.m.	Pictoglifos
San Ramón	Quebrada	L.24°22" y Lon. 70°25"	838m a 390m.s.n.m.	Pictoglifos

Sub-área Litoral

La sub-área litoral la conforman los sitios de Miguel Díaz, Punta de Plata, Loreto y Tierra del Moro. Estos sitios se encuentran emplazados en sectores con presencia de aguadas, elementos culturales en superficie y restos habitacionales, encontrándose los conjuntos pictóricos localizados en aleros rocosos o bloques graníticos al aire libre. En la sub-área litoral, no se encuentran representaciones de cazadores marinos o terrestres, como tampoco representaciones de balsas de cuero de lobo, las imágenes se relacionan principalmente con la fauna marina y terrestre, como la representación de un ave marina en el sitio de Loreto y camélidos en Tierra del Moro.

Sub-área El Médano

A poco más de 90 kilómetros al noroeste de Taltal, en la quebrada de El Médano, entre los 1200 y 1700 metros s.n.m. (A. Capdeville, 1923., G.Mostny y H. Niemeyer. 1983 y1984), se encuentra una de las áreas de arte rupestre más importante de la costa del norte grande de Chile. Los trabajos iniciales realizados por los investigadores ya mencionados, (ídem), nos permiten considerar algunos tópicos como parte de las otras sub-áreas de pictoglifos. Los temas principales se relacionan con representaciones de seres humanos, balsas, camélidos silvestres, cánidos y una variedad de especies marinas como; lobos de mar, cetáceos, pez espada, manta rayas, congrios y tortugas. *(ver imágenes laterales)*

Sub-área San Ramón

Al sur del importante yacimiento arqueológico de Punta Morada o Tierra del Moro (Junius Bird, 1988) y a 5 kilómetros al norte de Taltal, se ubica la desembocadura de la quebrada de San Ramón. Entre los 390 y 830 metros s.n.m. de dicha quebrada y en un espacio de 10 kilómetros, se encuentra un conjunto de sitios con pinturas (Juan Caiceo et.al. 1985).

El conjunto de sitios con representaciones pictóricas de la quebrada de San Ramón, narran el momento en que grupos provenientes de otros pisos ecológicos establecen contacto con las comunidades costeras. El área fue parte de un de circuito de intercambio entre grupos claramente diferenciados.

Las zonas 1 y 3 se encuentran muy impactadas por la presencia pasada y/o presente de ganado caprino, en tanto, la zona 2 posee una gran conectividad con Paposo, Tal Tal y Antofagasta por caminos establecidos y su cercanía a Paposo,

Folio008355

conservando un buen estado paisajístico considerablemente mejor que las otras unidades. Las quebradas de Miguel Diaz, La Plata, El Médano y Bandurrias se encuentran a la fecha muy dañadas por el efecto de aluviones recientes, los que han transformado profundamente el paisaje.

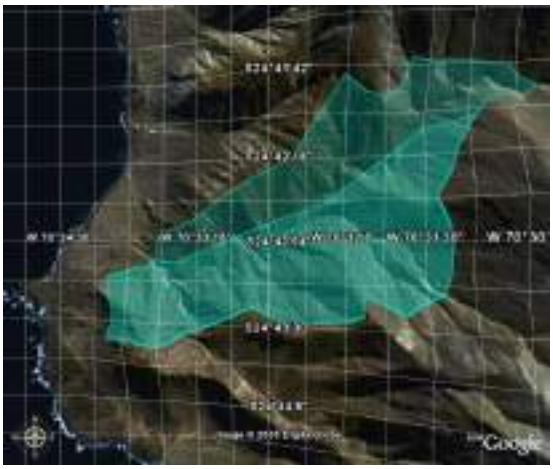
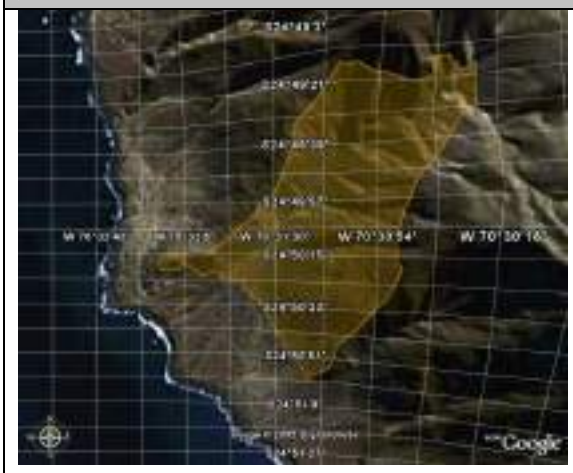
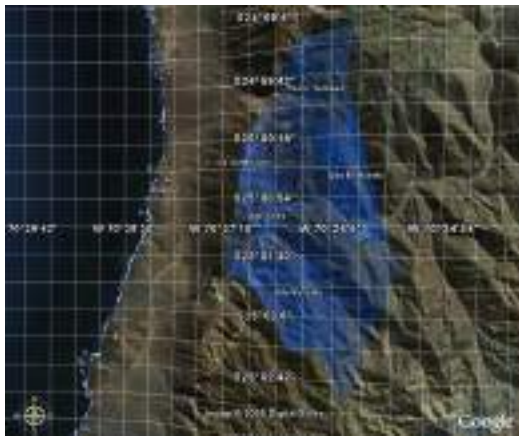
Todas estas macrocaracterísticas serán consideradas para la asignación de categorías de manejo y la aplicación de medidas propias del plan de manejo.

4.2 DELIMITACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS

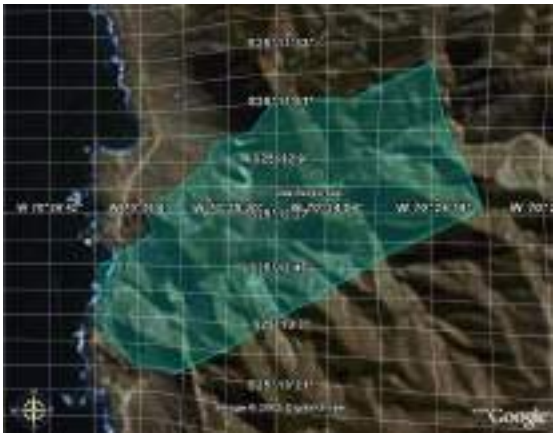
En Aguas Calientes IV, tal como se definió anteriormente, su delimitación se ajusta al límite del sitio prioritario.

En tanto, en el sector costero de Paposo, los límites de las áreas prioritarias se basan en los bordes definidos para las quebradas, modificándolos cuando es necesario unir unidades independientes a fin de dar continuidad al área definida. De esta manera en la zona 1 se define un corredor entre las quebradas Las Cañas y El Rincón, la efectividad de esta es muy cuestionable ya que las pendientes de esta zona "de unión" son muy altas, sin embargo es innegable que el monte que las une forma una unidad conspicua que integra la zona. La Zona 2 es básicamente la gran quebrada de Paposo con sus tributarias y formaciones aledañas. La zona 3 formada por 3 quebradas, consta de 2 corredores, que sí son relevantes, dada la baja pendiente de estas que eventualmente permitían al ganado caprino desplazarse desde una quebrada a otra, del mismo modo sucedería con macro-mamiferos, favoreciendo múltiples interacciones ecológicas.

En la página siguiente se presenta la delimitación de cada área prioritaria:

Quebrada Miguel Díaz	Quebrada La Plata
	
Quebrada El Médano	**Zona 1**
	
Zona 2	**Zona 3**
	

Folio008357

Quebrada Bandurrias	Aguas Calientes
	

Los límites de las áreas prioritarias para la conservación se basarán en los límites previamente definidos para las unidades de muestreo, cada una de las cuales contendrá información según se detalló previamente. Se evaluará la opción de modificar los límites, a fin de unir unidades de muestreo que conformen una macro unidad de interés.

4.3 DEFINICIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS

LOCALIDAD: QUEBRADA MIGUEL DIAZ **COORDENADAS UTM**: 7283990 NORTE, 341519 ESTE **SUPERFICIE APROXIMADA:** 943 hectáreas **ESPECIES DOMINANTES:** *Eulychnia iquiquensis, Euphorbia lactiflua, Suaeda divaricata* **ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN:** *Berberis litorales, Eulychnia iquiquensis, Polypodium espinosae, Bipinnula taltalensis, Monttea chilensis, Peperomia doellii.* **CARACTERIZACIÓN:** Es una de las principales quebradas del sector norte de Paposo, sin embargo debido al gran impacto de los cabreríos sumados a las fuertes lluvias d este año esta quebrada ofrece un paisaje desmembrado, de difícil acceso, mostrando fuertes signos de desertificación. No obstante, es considerada como la que alberga la mayor cantidad de cactáceas y especies en peligro de extinción como el *Berberis litoralis*	

LOCALIDAD: QUEBRADA LA PLATA

COORDENADAS UTM: 7265300 NORTE, 342100 ESTE

SUPERFICIE APROXIMADA: 1008 hectáreas

ESPECIES DOMINANTES: *Eulychnia iquiquensis, Euphorbia lactiflua, Deuterochnia crysantha, Eremocharis fruticosa*

ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN: *Eulychnia iquiquensis, Dalea azurea, Monttea chilensis, Peperomia doellii.*

CARACTERIZACIÓN: Su curso inferior se apreció muy dañado por el efecto de los aluviones, sin embargo, en términos vegetacionales es claramente destacable la cobertura de Nolana glauca. Ambas laderas presentan, en general, las mismas especies variando sólo sus porcentajes de cobertura de cactus columnares, *Puya sp, Deuterogonia sp y Cistanthe sp*. En un tramo (entre cood. UTM 7265394 Norte, 342993 Este y 7265678 Norte, 343448 Este) se encontró una gran biodiversidad con dominancia de *Euphorbia lactiflua*. Las altas pendientes se encontraron afectadas por los derrumbes, con mucho suelo desnudo a la vista.

LOCALIDAD: QUEBRADA EL MEDANO

COORDENADAS UTM: 7252350 NORTE; 345900 ESTE

SUPERFICIE APROXIMADA: 412 hectáreas

ESPECIE DOMINANTE: *Eulychnia iquiquensis, Euphorbia lactiflua, Ophryosporus triangularis, Balbisia peduncularis*

ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN: *Eulychnia iquiquensis, Monttea chilensis, Peperomia doellii*

CARACTERIZACIÓN: El amplio cajón inicial significa una gran distancia entre ambas laderas las que sufrieron importantes desmembramientos originados por las intensas lluvias del presente año, generando sendos aluviones que destruyeron la mayor parte de la vegetación del curso inferior. De esta manera para apreciar la flora del lugar es necesario bordear las quebradas apreciando las laderas. La ladera de exposición sur este presenta una mayor cobertura vegetal, principalmente arbustiva, con ejemplares de Albahaca (*Olphyosporum triangularis), Anisomeria litoralis, Nicotiana solanifolia y Chenopodium sp,* entre otros. Sobre los 500m *Nolana elegans* domina el paisaje. Otras especies presentes son: *Oxalis ovalleana, Rodophiala laeta, Balbisia peduncularis, Deuterogonia sp, Puya sp, Eulychia breviflora y Echinopsis deserticola*. La ladera contraria presentaba sobre los 550m una gran cobertura vegetal con especies de Albahaca, *Nolana saxifolia, Eulychnia breviflora, Nicotiana solanifolia, Cistanthe sp, Puya sp y Deuterogonia sp.* Se encontró una quebrada de orientación N-S con vegetación muy frondosa, en que la cubierta vegetal se funde con los afloramientos rocosos. Esta evidencia, probablemente vestigial, hace posible vislumbrar el potencial de la quebrada, la que una vez recuperada de los efectos nocivos del aluvión y en condiciones ambientales de humedad (idealmente con Fenómeno del Niño). Además se encontraron larvas y clusters de huevos lo que evidencia la presencia del género Bufo.

LOCALIDAD: ZONA 1 (Qda. Las Cañas – Qda El Rincón)

COORDENADAS UTM: 7240800 NORTE; 348679 ESTE

SUPERFICIE APROXIMADA: 1160 hectáreas

ESPECIES DOMINANTES: (en qda. El Rincón) *Balbisia peduncularis, Croton chilensis, Eulychnia iquiquensis, Euphorbia lactiflua, Heliotropium taltalense*

ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN: *Eulychnia iquiquensis, Polypodium espinosae, Skytanthus acutus*

CARACTERIZACIÓN: Pese a que en esta zona la única unidad que se visitó y por muy poco tiempo fue El Rincón, es factible mencionar que esta quebrada está muy destruida por la presencia de cabras, que actualmente bordearía una población de 300 cabezas, otros antecedentes indican la gran riqueza de flora presente en la quebrada (134) lo que no se condice con la cantidad presente en Las Cañas (28), lo que probablemente se debe a falta de investigación en esta segunda quebrada.

LOCALIDAD: ZONA 2 (Qda Paposo y tributarias, Cerro Yumbes, Cerro Mirador)

COORDENADAS UTM: 7234955 NORTE; 355075 ESTE

SUPERFICIE APROXIMADA: 1226 hectáreas

ESPECIES DOMINANTES: (en Alto Yumbes) *Copiapoa eremophila, Euphorbia lactiflua.*

ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN: *Eulychnia iquiquensis, Monttea chilensis, Dalea azurea, Peperomia doellii, Bipinnula taltalensis*

CARACTERIZACIÓN: Esta zona se encuentra formada por varias subquebradas entre las cuales las más conspicuas son Los Yales, Peralito y El Muerto, además de los Cerros Mirador y Yumbes. Es notable el número de individuos de *Copiapoa cinerea* en el sector denominado "Jardín de los cáctus" junto a otras especies como *Tetragonia sp, Cistanthe sp, Cristaria molinae, Cristaria montegrana, Chaetantera sp, Corizante comisurales, Malesherbia humilis, Solanum brachiantes, Licopersicum chilensis, Nolana sp, Crushanskia pumila, Oxalis caesia, Frankenia chilensis, Oxalis caesia, Viola johnstoni y Nolana linearifolia*. En tanto, en la quebrada El muerto se observan: la siempre abundante *Copiapoa cinerea, Eulychnia sp* y las coloridas *Alstroemeria violacea y Balbisia peduncularis,* en compañía de ejemplares de: *Oxalis caesia, Viola johntoni, Nolana linearifolia, Nolana elegans, Argelia radiata, Poliachirus sp, Cistanthe sp, Loasa bertrandii, Cleome chilensis, Schizantum laeta, Malesherbia humilis, Chaetanthera sp, Tropaeolum tricolor, Alstroemeria graminea, Solanum brachiantum.* La zona se encuentra impactada longitudinalmente por la Ruta que unirá a Paposo con Antofagasta y por torres de alta tensión, sin embargo se encuentra en muy buenas condiciones de naturalidad. Además, la cercanía a Paposo la nutre de posibles visitantes.

LOCALIDAD: ZONA 3 (Qda Matancillas, Qda La Oveja, Qda Cachinalito) **COORDENADAS UTM:** 7220077 NORTE, 353851 ESTE **SUPERFICIE APROXIMADA:** 1986 hectáreas **ESPECIES DOMINANTES:** (No se dispone de esta información) **ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN:** *Eulychnia iquiquensis, Monttea chilensis, Peperomia doellii, Berberis litorales.* **CARACTERIZACIÓN:** Esta zona presenta la particularidad de estar formado por 3 quebradas en sentido norte-sur, en que ambas limítrofes tienen una población de cabras, las que evidentemente causan un gran impacto sobre la cubierta vegetal. En la quebrada La Oveja recién en Mayo de este año se ha instalado una familia con 70 cabras, las que pronto dañaran esta quebrada que se presentaba hasta ahora como muy bien conservada, junto con esto corre el riesgo de ser invadida por las poblaciones de ganado de las quebradas aledañas, dado que los montes que las unen no presentan una barrera por ser de bajas pendientes.	
LOCALIDAD: QUEBRADA BANDURRIAS **COORDENADAS UTM:** 7210525 NORTE; 355262 ESTE **SUPERFICIE APROXIMADA:** 663 hectáreas **ESPECIES DOMINANTES:** *Deuterochnia crysantha, Euphorbia lactiflua, Nolana crassulifolia, Suaeda divaricata* **ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN:** *Eulychnia iquiquensis, Monttea chilensis, Polypodium espinosae.* **CARACTERIZACIÓN:** La queb. presenta laderas con pendientes muy altas, alcanzando el 100% con impresionantes afloramientos rocosos, además se observan zonas de grandes aluviones. A poco andar se interrumpe el paisaje con 3 cascadas que forman a su vez 2 terrazas interiores. En el cajón formado por las cascadas se desarrollan, lateralmente, manchones coloreadas amarillas (*Balbicia pedunculares*), violáceas (*Alstroemeria violacea*) y azules (*Cistanthe sp*). En el curso inferior hay una gran humedad, favoreciendo la presencia de anfibios. Ambas laderas son muy homogéneas, muy secas y con ejemplares aislados de cactus. Se encontraron muy pocas especies en relación a los antecedentes poseídos (Marticorena 1998) lo que puede deberse al efecto de los aluviones. Dentro de la quebrada Bandurrias existe una subquebrada A esta es posible acceder con cierta dificultad y asoma en el amplio curso inferior de Bandurrias con muchísimo material arrastrado por aluviones. Ésta presenta una cobertura dominante de Cactus columnares acompañados de *Euphorbia lactiflua y Alstroemeria violacea*. La pendiente de las laderas es moderada-alta.	

LOCALIDAD: AGUAS CALIENTES IV **COORDENADAS UTM:** NORTE; ESTE **SUPERFICIE APROXIMADA:** 17531hectáreas **ESPECIES DOMINANTES:** **ESPECIES EN PROBLEMAS DE CONSERVACIÓN:** **CARACTERIZACIÓN:** El área está ubicada en pleno altiplano, sobre 3800 m.s.n.m. la vastedad del paisaje está formado por el espejo de agua de las lagunas sobre el cual existe un centenar de individuos de Flamenco andino *(Phoenicoparrus andinus)*, y en cuyo alrededor existe escasa vegetación. Este escenario se ve rodeado por altos montes policromáticos.	

Folio008364

5 PROPUESTA DE MANEJO

5.1 APLICACIÓN FODA MODIFICADO

La propuesta de plan de manejo, se desarrolló sobre la base de un análisis FODA "modificado", el cual tiene por objetivo identificar las limitaciones y potencialidades del manejo.

El análisis se realiza a través de cuestionarios semi-estructurados que están orientados a identificar cuales son las fortalezas y debilidades, y las oportunidades y amenazas, que presentan de las áreas prioritarias para la conservación.

El proceso comenzó con el envío de los cuestionarios por correo electrónico a los actores relevantes el día 04 de noviembre del 2005, a partir de esta fecha se consideraron 9 días hábiles para las correspondientes respuestas.

Las respuestas recibidas por parte del equipo de la VID , corresponde a una parte de los encuestados que hasta la fecha de la redacción del presente informe nos habían hecho llegar sus respuestas. Los actores regionales, públicos y académicos relevantes con competencia en el tema que participaron finalmente en el desarrollo del análisis FODA modificado fueron:

Actores Relevantes	**Relevancia**
Nelson Amado	CONAF Regional
Guido Gutierrez	Director del proyecto "Rescate, difusión y puesta en valor del patrimonio natural de la comuna TalTal", Municipio de TalTal
Carolina Rodriguez	CONAMA Regional
Anita Flores y John Wattson	Expertos Regionales
Juan Flores	Experto Regional (Encargado de flora silvestre II Región años 88-90; trabaja en la zona desde el año 83)
Adriana Hoffman	Asesor Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo Universidad de Chile

Una vez recibidos los cuestionarios, se realizó el análisis de las respuestas a través de atributos económicos, sociales y ambientales. Esto genera una visión más clara del escenario actual de las áreas prioritarias para la conservación, con el fin de reforzar el proceso de zonificación.

Los resultados del análisis FODA modificado se muestran a continuación :

SECTOR COSTERO DE PAPOSO

Limitaciones y potencialidades para el manejo (análisis FODA)

Folio008365

Fortalezas y Debilidades

AMBITO ECONÓMICO

Aspecto (criterio)	Fortaleza	Debilidad
Recursos Financieros	Existen recursos provenientes del Fondo de Protección Ambiental FPA y posibles aportes provenientes de empresas privadas de la zona.	Actualmente el futuro financiero no se puede asegurar
Plan de inversiones		No existe planificación económica debido a que no se cuenta actualmente con recursos permanentes.
Recursos humanos y administración	Existe capacidad operativa de fiscalización, por parte del SAG, los que constantemente están realizando visitas al sector de Paposo, con el fin de fiscalizar la Ley de Caza.	CONAF no tiene presencia en el sector
Valoración económica de los recursos	Alta valoración por científicos que viajan regularmente al sector (producen ingresos)	Actualmente ninguna. Los recursos asociados a la conservación son visibles en el mediano y largo plazo.
Accesibilidad actual	Accesibilidad vehicular hasta la entrada de las quebradas sin inconveniente	No existe señalética con información del acceso a las quebradas.

AMBITO AMBIENTAL

Aspecto (criterio)	Fortaleza	Debilidad
Línea base	Existe gran cantidad de información generada por los proyectos de investigación ejecutados	Falta sistematización y síntesis de la información generada. .
Valores ecológicos	Ambientes que presentan altos niveles de endemismos vegetales, diversidad biológica y un enorme potencial genético. Además esta formación vegetacional no está representada en el SNASPE ni en otra área con protección oficial	Estos ambientes valiosos se encuentran amenazados debido a la acción antrópica.
Valores paisajísticos y recreativos	Existen ecosistemas y paisajes únicos o de alto valor por su escasez.	
Cercanía a otras áreas protegidas	El área del sector Costero Paposo más cercana al Parque Nacional Pan de Azúcar es propiedad del municipio.	La unidad SNASPE más próxima al sector costero de Paposo es el Parque Nacional Pan de Azúcar, localizado a 80 km. aprox. en el sector sur de la comuna de Taltal.

Fragilidad	A juicio de expertos, los ecosistemas no han perdido su capacidad de recuperación.	Alto grado de intervención antrópica por presencia de Ganado Caprino y uso del recurso florístico, como forraje, incontrolado, Actividad Minera y Caminos por prospecciones mineras
Riesgos naturales y antrópicos		Vulnerabilidad alta, debido a la pérdida del piso vegetacional por acción antrópica.

AMBITO SOCIAL

Aspecto (criterio)	Fortaleza	Debilidad
Nivel de educación de la población local	Las nuevas generaciones, especialmente canalizado por la Escuela de Paposo, has generado varias actividades asociadas al entorno natural.	Poseen baja valoración por su entorno natural y la baja escolaridad alcanzada hace más complejo procesos de Educación Ambiental para Adultos.
Nivel socioeconómico	Responden a un modelo de economías basadas en la pesca y minería.	La población local posee cabras las cuales deterioran los pisos vegetacionales del sector.
Conflictividad	.	La tenencia de la tierra presenta un alto nivel de informalidad.

Oportunidades y Amenazas

ANÁLISIS DEL ENTORNO

Aspecto (criterio)	Oportunidad	Amenaza
Usos aledaños del suelo	Los vecinos colindantes podrían participar en los modelos de conservación	Existe amenaza permanente de instalación de infraestructura asociada a proyectos de inversión y de mejoramiento de servicios, el incremento de la masa ganadera caprina, la caza furtiva de especies en estado de conservación y la cercanía a centros poblados,
Presión de uso	Existe participación en actividades de educación y difusión de zonas de manejo en el intermareal, asociado a con la conservación de los recursos naturales	Constante presión de uso sobre el entorno, principalmente por actividades ganaderas no controlada, minería y asentamiento de pobladores en las quebradas de manera ilegal.

Accesibilidad a centros poblados	Existen caminos habilitados que acceden desde los centros más poblados de la zona, Antofagasta y Taltal	

ENTORNO ADMINISTRATIVO

Aspecto (criterio)	Oportunidad	Amenaza
Políticas territoriales	Existen Instrumentos de planificación territorial de la II Región que consideran la variable conservación y protección de la biodiversidad, como el Plan Regulador Intercomunal de Borde Costero que abarca casi en su totalidad la costa de Taltal. Por otra parte, está el Plan de Desarrollo Regional Urbano PRDU, instrumento indicativo, que considera la casi totalidad de los sitios identificados en la ERB	Las políticas territoriales se encuentran, generalmente enfocadas al desarrollo rural productivo.
Apoyo institucional	Se cuenta con el apoyo de CONAMA, CONAF, SAG y la Ilustre Municipalidad de Taltal.	Descoordinación de diferentes programas de gobierno, que por un lado deben fomentar la conservación y por otro, el uso intensivo de ecosistemas para mejorar rentabilidad.
Normativa legal	Estrategia Nacional (Regional) para la Conservación de la Biodiversidad, Plan Intercomunal de Desarrollo del Borde Costero	Actualmente no generan vías de conservación efectiva.

ANALISIS DEL ENTORNO SOCIAL

Aspecto (criterio)	Oportunidad	Amenaza
Valoración por la comunidad	La comunidad local está abierta a acoger iniciativas de conservación y demuestra motivación las personas asociadas a la Escuela de Taltal .	Una mala o débil estrategia de intervención social y comunicacional puede mermarlos logros o impactos
Sensibilidad de la Comunidad	A medida que se den a conocer la importancia de los recursos naturales presentes, aumentará el interés tanto por parte de la comunidad como de los turistas	

Receptores para productos y servicios	Los receptores más probables podrían encontrarse en el plano de la investigación científica y educación ambiental. Un componente importante a posteriori podría ser el desarrollo de actividades ecoturísticas y de intereses especiales, con predominio de extranjeros.	

SECTOR AGUAS CALIENTES IV

Limitaciones y potencialidades para el manejo (análisis FODA)

Fortalezas y Debilidades

AMBITO ECONÓMICO

Aspecto (criterio)	Fortaleza	Debilidad
Recursos Financieros		No existen
Plan de inversiones		No existe
Recursos humanos y administración	CONAF puede disponer para la misma capacidad operativa que actualmente está asignada para el PN Llullaillaco, unidad del SNASPE inmediatamente contigua	
Valoración económica de los recursos	Aguas Calientes IV forma parte del proyecto Sendero de Chile, el que actualmente se encuentra en implementación. La valoración económica de este sitio podría estar referida en el mediano plazo, a la administración turística que la comunidad de Peine pudiera efectuar.	Los recursos asociados a la conservación son visibles en el mediano y largo plazo.
Accesibilidad actual	Existen caminos fiscales	Las 3 rutas de acceso presentan diferentes grados de dificultad

AMBITO AMBIENTAL

Aspecto (criterio)	Fortaleza	Debilidad
Línea base	Existe información preliminar	Falta sistematización y síntesis de la información generada.

Valores ecológicos	Área de concentración y alimentación de aves acuáticas residentes y migratorias ínter hemisféricas. Estacionalmente este sitio adquiere especial connotación, dado que es un área de forrajeo de la fracción reproductiva del flamenco andino (Phoenicoparrus andinus), que nidifica en el cercano Salar de Punta Negra.	
Valores paisajísticos y recreativos	Unidad de paisaje conformada por el espejo de agua de las lagunas y la vegetación ribereña asociada, en contraste con las altas y policromáticas cumbres que la rodean. Desde un punto de vista recreativo, sobresale la contemplación del paisaje y la caza fotográfica de la fauna.	
Cercanía a otras áreas protegidas	Se encuentra inmediatamente aledaño al Parque Nacional Lllullaillaco	
Fragilidad	La situación de lejanía tendería a reducir la frecuencia de las intervenciones	Existe un potencial desarrollo de actividades mineras
Riesgos naturales y antrópicos	Vulnerabilidad baja, de no considerarse las posibles actividades mineras	

AMBITO SOCIAL

No hay comunidades asociadas directamente a este sitio prioritario, por lo que esta parte del analisis no es relevante.

Aspecto (criterio)	Fortaleza	Debilidad
Nivel de educación de la población local		
Nivel socioeconómico		
Conflictividad		

Oportunidades y Amenazas

ANÁLISIS DEL ENTORNO

Aspecto (criterio)	Oportunidad	Amenaza

Folio008370

Usos aledaños del suelo	En estos momentos no hay actividades mineras en la zona ni tampoco vecinos colindantes	Relacionados con explotación mineras
Presión de uso		El uso de recursos hídricos por parte de los proyectos mineros, y la caza furtiva de especies en estado de conservación
Accesibilidad a centros poblados	Existen caminos habilitados que acceden desde los centros más poblados de la zona, Antofagasta y Taltal	

ENTORNO ADMINISTRATIVO

Aspecto (criterio)	Oportunidad	Amenaza
Políticas territoriales	El Plan de Desarrollo Regional Urbano PRDU, instrumento indicativo, que considera los sitios identificados en la ERB, como Áreas de Protección Por Conservación APPC, entre ellos se incluye a Aguas Calientes IV.	Las políticas territoriales se encuentran, generalmente enfocadas al desarrollo rural productivo.
Apoyo institucional	Se cuenta con el apoyo de CONAMA, CONAF.	Descoordinación de diferentes programas de gobierno, que por un lado deben fomentar la conservación y por otro, el uso intensivo de ecosistemas para mejorar rentabilidad.
Normativa legal		No existen iniciativas "legales" en curso

5.2 ZONIFICACIÓN

Zonificar se entiende como una técnica de planificación que tiene como propósito dividir un área en unidades que sean capaces de manejarse para cumplir los objetivos del mismo. De ahí que las zonas se establezcan con el fin de percibir como se manejarán los recursos naturales y culturales del área, y para que se dicten en ellas, normas que especifiquen el tipo de uso e instalaciones permitidas o necesarias dentro de cada una de las superficies que cubre (Jofre, 1998). Una vez establecidas las áreas críticas y las categorías de manejo, junto a la sistematización de la información, se determinarán las unidades y sus requerimientos, apoyado en la cartografía digital y los terrenos realizados, además de los datos obtenidos por el análisis FODA "modificado" descrito anteriormente.

Los insumos para realizar la zonificación son aquellos anteriormente presentados, es decir la caracterización de las unidades.

De acuerdo con la caracterización ya realizada se presenta una propuesta de

Folio008371

ordenamiento que según los distintos tipos de uso.

El sector costero de Paposo está expuesto a muchos tipos de presión ambiental, los que están dados por la actividad minera (extracción), la apertura de caminos para prospección minera, el ganado, la extracción de algas y la construcción de obras viales (carreteras), a menor escala se debe reconocer la presión ejercida por "la ciudad" que requiere de energía (central termoeléctrica y torres de alta tensión), disponer de sus residuos (vertederos), materiales de construcción y calefacción (leña) y conectividad con otros centros poblados a través de carreteras (a Antofagasta y Tal Tal).

Las zonas deben establecer los usos permitidos en relación a estas actividades, ajustándose a las leyes existentes. En este sentido corresponde mencionar:

- Plan Regulador Intercomunal del Borde Costero (PRIBC): Establece zonas de protección y otros usos.
- Usufructo de hijuela 1 de Hacienda Paposo
- Futuro decreto supremo que prohibirá la extracción de Huiro[50]

Los dos primeros instrumentos legales son tratados en profundidad en el capítulo de **"Identificación de Alternativas de Instrumentos de Protección"**. En resumen, el PRIBC protege la totalidad del sector entre la ruta costera y el limite oriente del sitio priorizado, estableciendo una Zona de Protección Ecológica 2 Asociada a la conservación de la fauna y/o Vegetación Endémica (Art. 4.2.2), en consecuencia establece que usos están permitidos y cuales no.

> *En estas zonas se permitirá el desarrollo de actividades que aseguren la permanencia de valores naturales, tales como equipamiento de turismo y esparcimiento, con las instalaciones y/o edificaciones mínimas e indispensables para su habilitación, que se relacionen con la puesta en valor de los recursos de flora y fauna, propios de dichos territorios.*
> ***a. Uso Generalizado del Suelo***
> *Desarrollo turístico, recreativo y cultural, equipamiento específico de apoyo a los fines citados, tales como: centros de información, puestos de vigilancia, servicios higiénicos, instalaciones de apoyo, expendio de comestibles y bebestibles. Todos estos quedan sujetos a previo informe favorable de los Organismos, Instituciones y Servicios con tuición en los temas turísticos, medioambiental, urbanístico y sanitario, que correspondan. Se prohiben todos los usos no señalados como permitidos.*

A su vez, en el contrato de usufructo entre Inmobiliaria Paidahue y CONAF, se establece que el valor paisajístico y científico del predio ha sido un elemento predominante en la celebración del contrato, por tanto, es obligación de la usufructuaria adoptar las medidas necesarias para la conservación y la protección de los recursos naturales de flora y fauna existente en los terrenos usufructuados.

De este modo la zonificación a la escala en que se desarrolla el estudio debe ajustarse a esta legalidad, no obstante se identifiquen áreas prioritarias para la conservación, lo que no quiere decir que el área restante no haya que conservarlo (no hacerlo sería una ilegalidad), sino que sobre estas áreas se deben concentrar

[50] Comunicación personal con Ricardo Ortiz, SAG

Folio008372

los recursos.

Las zonas 1 y 3 (Las Cañas – Bandurrias) se declaran como ZONAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA. En tanto la zona 2 (Qda Paposo, C. Yumbes, C. Mirador) se declara como ZONA DE USO PÚBLICO EXTENSIVO (zona turística). En tanto, las quebradas de Miguel Díaz, La Plata, El Médano y Bandurrias, corresponderían a Zonas de restauración ecológica mientras no se logre consolidar la zona 2 para fines turísticos, el cambio será gradual y progresivo, es decir una vez consolidada una zona se indicarán otras para fines turísticos, de otro modo se puede carecer de control sobre esas zonas. La qda de El Médano constituye un caso especial ya que posee un valor cultural único por sus pictoglifos. Por esta razón se recomienda hacerle un trato especial, de protección, pero sin por eso impedir su visita por parte de turistas.

ZONA DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Esta unidad es **transitoria** en el tiempo, ya que una vez que esté restaurada se podrá asignar a otra categoría. Se aplica esta categoría ya que se trata de **sectores fuertemente degradados**, en que por mucho tiempo se ha realizado pastoreo de ganado lo que ha significado una pérdida de la cobertura vegetal que muy posiblemente ha agravado el efecto de los aluviones que suelen producirse en la zona. Según han indicado los expertos consultados en la encuesta tipo FODA la acción de las cabras es el problema mayor, sobre lo cual hay que concentrar las energías.

Las medidas de manejo que se proponen son las siguientes:

Patrullajes y sanciones:
CONAF como usufructuaria es responsable del patrullaje de la zona para vigilar eventuales usos no consagrados en la escritura del usufructo, de este modo puede iniciar acciones legales para sancionar a quienes no cumplan estas disposiciones.

Acciones:

- Confeccionar un programa de fiscalización de las áreas prioritarias, en que no sea solo CONAF quien realice el patrullaje, sino que se aproveche los programas de fiscalización del SAG para estos fines. Puede generarse un comité de vigilancia de Paposo formado por los organismos fiscalizadores y la municipalidad de TalTal.
- Promover la cultura de la denuncia de daño ambiental, a fin de que cualquier persona que descubra a un grupo de cabras, gente extrayendo leña, o realizando cualquier acción de impacto sobre estos sitios pueda comunicárselo a alguna autoridad que esté facultada para iniciar sanciones. Para esto debe estar claro donde se reciben estas denuncias, ya sea por teléfono, o más adecuado si hay oficinas cercanas que expandas sus funciones para estos efectos.

Folio008373

Educación:
Las zonas dañadas pueden utilizarse temporalmente como modelos que representen la irresponsabilidad de acciones que dañan los recursos naturales-

Acciones:

- Realizar una visita anual con los alumnos de los colegios de TalTal a estas zonas para que comprendan este efecto devastador y puedan formarse una conciencia ambiental. Para lograr buenos resultados estos deben ser guiados por personas que tengan conocimiento de la zona para aprovechar lo más posible la visita.
- Si no es posible visitar la zona, o bien como complemento de la visita, pueden generarse actividades conducentes a formar conciencia ambiental utilizando imágenes de estas zonas y compararlas con imágenes de otras zonas que no hayan sufrido estos impactos.
- Educación no formal a través de organizaciones sociales o bien impulsada por la municipalidad de Taltal, puede organizarse una feria ambiental en que tanto los colegios como las organizaciones sociales presenten sus inquietudes frente a este tema, orientándolo hacia la biodiversidad y el desierto florido costero.
- Realizar actos públicos ya sea en la plaza de armas, en un colegio o una organización social cada vez que se congregue un número relevante de investigadores, con el fin de traspasar parte de los conocimientos a la comunidad local

Experimentos de restauración:
Consistentes en emprender iniciativas que contribuyan a la restauración del sector en términos de proteger al sistema de aquellos elementos externos que impiden su natural desarrollo, o bien incorporando elementos, que, sin ser extraños para el sistema, hayan desaparecido por causas no naturales y que en su reincorporación no se corran otros riesgos

Acciones:

- Recolección de semillas, en otras áreas, de especies que estén en la zona o bien se tenga evidencia que existieron, esparciéndolas en la zona afectada teniendo en cuenta sus requerimientos y capacidades. Estas actividades deben ser asesoradas por conocedores de estos tipos de actividades para aumentar la probabilidad de éxito. Realizar reforestación de cactáceas y especies en problemas de conservación
- Para evitar un estropeamiento de la vegetación por el pisoteo eventual de visitante debe procurarse que en las zonas en que el sendero no esté indicado, y que no se trate de sitios de piedra o arena, se demarque la ruta a través de cúmulos de piedra (mojones),

Folio008374

ZONA DE USO PÚBLICO EXTENSIVO

En esta zona se permite el acceso de visitantes en forma controlada. Aquí existen ecosistemas representativos de la zona, con un alto valor educativo y para la investigación científica. La educación ambiental, investigación y monitoreo serán organizados de tal modo que se cause el mínimo impacto ambiental

Centros de Información Ambiental

Estos centros tienen por objetivo informar correctamente al visitante sobre como aprovechar su tiempo indicándole rutas y recomendaciones prácticas para disfrutar del paisaje sin provocar alteraciones innecesarias. Además puede realizar funciones de vigilancia.

Acciones:

- Construir casetas con habilitación para 1 persona, con equipo de radio en comunicación con carabineros y las otras casetas. en la quebrada de Paposo (p.e. en Cerro Yumbes) y en quebrada La Oveja, estos deben contar con información clara sobre los atractivos del lugar, un jardín con las especies más importantes del lugar y un plano del lugar para facilitar la visita.
- Construir en estos centros grandes letreros con mapas e identificación de atractivos naturales. Estos pueden tener una indicación de sus coordenadas para realizar actividades controladas de *geocaching*[51], en que el *cache* sea una belleza natural
- Diseño de Senderos autoeducativos, con señalética adecuada que respete un estilo y una preocupación por asegurar la relación precio calidad, procurando que estos puedan resistir por largo tiempo.

ZONA DE USO ESPECIAL (VIVIENDAS)

Esta zona se utiliza para concentrar en ella todas las instalaciones y servicios necesarios para el adecuado manejo del área protegida y para las viviendas de los propietarios.

Infraestructura de Servicios.

Si bien existirán una cabaña mínima en Qda Paposo y otra en Qda La Oveja, debe consignarse que el pivote del ecoturismo estará en el pueblo de Paposo, con la asistencia de la ciudad de TalTal, capital comunal. De esta manera debe desarrollarse una infraestructura turística

Acciones:

- Restaurar la antigua casona de Paposo, propiedad de Bienes Nacionales, dotándola de los servicios de: Higiene, Alimentación (Restaurantes), Hotelería y comunicaciones (teléfono, internet, fax)

[51] Este deporte consiste en buscar un "cache" (pronunciado "cash") o tesoro, oculto por otros practicantes del deporte, usando un receptor GPS y un conjunto de coordenadas que indican su ubicación. Más información en http://www.gochile.cl/html_s/ChileGeocaching/Geocaching.asp y en http://www.geocaching.com

- Crear una incubadora de negocios en la casona en que se facilite una oficina libre de arriendo, con disponibilidad de una secretaria que cuente con teléfono, fax e Internet. La municipalidad debe disponer de un fondo concursable para emprendedores que deseen formar asociaciones de guías turísticos, restaurantes, habilitaciones hoteleras, etc.

Las zonas excluidas de estas identificadas deberán someterse a la normativa vigente, y en términos de zonificación corresponderán a Zonas de uso público intensivo es decir sin mayor control directo, pero con expresa prohibición de realizar acciones no autorizadas por la Ley.

Se establecen programas transversales que se indican a continuación:

Programa de Administración: designa responsabilidades y funciones
Coordina la planificación administrativa y de recursos financieros del órgano de administración con las actividades y exigencias que genera la formación y mantenimiento de las áreas conservadas.

Para estos efectos se conformará un órgano de administración formado por instituciones competentes en la conservación de la biodiversidad y el ordenamiento espacial. Este órgano deberá definir funciones, tanto de patrullaje, como de dirección de estudios (p.e. vía licitación), además deberá realizar una búsqueda de recursos, tanto a través de privados interesados en apoyar proyectos puntuales, como a través de fondos regionales o nacionales, tales como:
FNDR (SUBDERE-MINTER), ISAR y sus subprogramas, IRAL y sus subprogramas, y otros programas de inversión de decisión regionaL *(ver SUBDERE, 2003)*[52]

Programa de Participación Comunitaria
Está orientado a integrar a la comunidad local a las iniciativas de conservación y manejo sustentable de recursos, intentando presentar el área conservada como un modelo de uso de la tierra amigable con el medio ambiente.
De esta manera debe mantenerse informada a la comunidad sobre los desarrollos desarrollados en esta materia, invitándolos a comprometerse, ya se con ideas o bien como emprendedores.

Programa de difusión
Se deberá realizar una inteligente campaña de difusión de las bondades del área costera de Taltal, tanto en revistas sobre tiempo libre, como en páginas web especializadas. Igualmente deberán elaborarse folletos con indicaciones de qué se puede hacer, dónde, cómo y cuales son sus costos, estos deben estar distribuidos tanto en Tal tal, como en Antofagasta y otras capitales regionales. Dentro de la página web de la municipalidad de Taltal[53]

[52] SUBDERE 2003. Fuentes de recursos para el desarrollo regional y local
[53] Página web http://www.taltal.cl

Folio008376

6 IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS LEGALES DE PROTECCIÓN E INFORME JUSTIFICATIVO

En una primera parte se identificarán instrumentos legales de protección aplicables a los sitios priorizados en estudio. El análisis consistirá en establecer los conceptos, las características y las ventajas y desventajas de su aplicación efectiva en los sectores estudiados.

A continuación como informe justificativo se realizarán propuestas concretas sobre el instrumento legal aplicable a cada zona específica. En esta parte, el análisis de cada instrumento será exhaustivo, considerando las implicancias que tendría su efectiva aplicación para los objetivos de conservación de biodiversidad. En casos especialmente conflictivos se ofrecerán también alternativas a los instrumentos escogidos.

6.1 INSTRUMENTOS LEGALES DE PROTECCIÓN

Para conocer cuales son los instrumentos legales de protección aplicables para la protección y conservación de la biodiversidad es necesario hacer una distinción de acuerdo a la propiedad de los predios que se encuentran dentro de los sitios priorizados en estudio. Ello, ya que los instrumentos legales a aplicar son distintos dependiendo de si la propiedad afectada es pública o es privada.

En el caso objeto de nuestro estudio, se dan ambos supuestos. En primer lugar, en el Salar Aguas Calientes IV, la mayor parte del territorio, que tiene una superficie aproximada de 17.531 hectáreas, es de propiedad fiscal. Existe una parte destinada al Ministerio de Defensa, que abarca unas diez hectáreas aproximadamente y algunas patentes mineras. Por otra parte, en el sector costero de Paposo se han identificado dos sectores prioritarios para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad: la Parte Norte, de una superficie aproximada de 13.597 hectáreas, que en su mayoría es de propiedad fiscal, sin perjuicio de un porcentaje perteneciente al observatorio Cerro Paranal; y la Parte Sur, de una superficie aproximada de 28.065 hectáreas, que es de propiedad privada.

Teniendo presente lo expuesto, pasamos a analizar las principales categorías de protección aplicables para terrenos de propiedad pública y privada, teniendo en cuenta sus características, ventajas y desventajas. Los clasificaremos en instrumentos públicos y en instrumentos privados, entendiendo que los primeros han sido oficialmente reconocidos por nuestra legislación y que los segundos son formas reconocidas por el Derecho Común que pueden ser aplicables como categorías de protección ambiental.

INSTRUMENTOS PÚBLICOS.

1. <u>Santuario de la Naturaleza.</u>

1.1. Concepto:

La definición legal, contenida en el artículo 31 de la Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales, establece que son todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas, ecológicas, o que posean formaciones naturales cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado.

1.2. Características:

Los Santuarios de la Naturaleza son administrados por el Consejo de Monumentos Nacionales, que es un organismo técnico dependiente del Ministerio de Educación,

Folio008377

compuesto por 19 miembros: Ministro de educación; Director de bibliotecas, archivos y museos; Conservador del Museo histórico Nacional; Conservador del Museo Nacional de Bellas Artes; Conservador del Museo Nacional de Historia Natural; Conservador del Archivo Nacional; Director de Arquitectura de la Dirección General de Obras Públicas; un representante del Ministerio de Vivienda y Urbanismo; un representante de la Sociedad Chilena de historia y geografía; un representante del Colegio de arquitectos; un representante del Ministerio del Interior; un representante del Ministerio de Defensa Nacional, que deberá ser un oficial superior de la Fuerzas Armadas; un abogado del Consejo de Defensa del Estado, como asesor jurídico; un representante de la Sociedad de escritores de Chile; un experto en conservación y restauración de monumentos; un escultor que represente a la Sociedad Nacional de Bellas Artes y a la Asociación de pintores y escultores de Chile; un representante del Instituto de Conmemoración histórica de Chile; un representante de la Sociedad de Arqueología de Chile; un miembro del Instituto de historia de la arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile; y un representante del Consejo Nacional de la cultura y las artes.

Dentro de las atribuciones del Consejo de Monumentos Nacionales, de importancia clave para nuestro estudio, se encuentran: pronunciarse sobre la conveniencia de declarar como Monumentos Nacionales a determinados lugares; elaborar proyectos sobre su restauración, conservación, reparación; entre otras cosas.

1.3. Constitución:

Los Santuarios de la Naturaleza son creados y desafectados a través de un Decreto Supremo del Presidente de la República, expedido a través del Ministerio de Educación, previa solicitud y acuerdo del Consejo de Monumentos Nacionales.

Pueden ser establecidos tanto en terrenos públicos como en privados. La creación de un Santuario de la Naturaleza en un terreno privado, no afecta el derecho de propiedad del dueño, sin perjuicio de quedar sujeto a la regulación establecida en la ley sobre Monumentos Nacionales.

El procedimiento de afectación está regulado en la Ley N° 17.288: consiste en el pronunciamiento del Consejo de Monumentos Nacionales acerca de la solicitud de afectación que se presente. Es importante señalar que tal solicitud debe cumplir con una serie de requisitos señalados en la misma ley, y deberá estar fundada en la conservación de la biodiversidad. Los argumentos que se deberán utilizar podrán ser, a modo de ejemplo:

- Que la afectación tenga por objeto asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental.
- Que la afectación tiene por objeto mantener áreas únicas o representativas de la diversidad biológica de la región.
- Que los terrenos constituyen un adecuado corredor biológico[54] entre áreas de gran diversidad biológica.

El Consejo de Monumentos Nacionales se pronunciará sobre la petición y si estima conveniente la afectación, la solicitará al Ministerio de Educación. Este último podrá solicitar informes para ello a diversas entidades que están vinculadas con la materia. Si estima pertinente la declaración, se dictará el Decreto Supremo respectivo.

1.4. Ventajas:

Los Santuarios de la Naturaleza cuentan con amplia protección en nuestro ordenamiento jurídico, a través de la fiscalización y aplicación de sanciones. De este modo, el artículo 31 de la Ley sobre Monumentos Nacionales exige autorización expresa

[54] Áreas que permiten la intercomunicación entre sectores de vida silvestre, separados físicamente, con el objeto de mantener el movimiento de especies de vida silvestre y así conservar la diversidad biológica.

Folio008378

del Consejo para realizar trabajos y actividades que pudieran alterar el estado natural de los Santuarios. Existe también la obligación de los propietarios de los predios privados de velar por la debida protección del lugar y de denunciar los daños que terceros provoquen.

Del mismo modo, el artículo 7 de la Ley 19.473 sobre Caza, establece la prohibición de caza y captura de fauna silvestre en los Santuarios de la Naturaleza. Contempla, en todo caso, ciertas excepciones que deberán contar con la autorización del Servicio Agrícola y Ganadero y de la autoridad que tenga a su cargo el santuario.

También la Ley N° 19.300 contempla la aplicación del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para la ejecución de obras, programas o actividades en Santuarios de la Naturaleza.

Una cuarta ventaja es que la categoría puede ser aplicada en terrenos de propiedad privada. De este modo no sería necesario expropiar, lo cual constituye un gran atractivo del instrumento ya que los costos de afectación de una zona se reducen considerablemente para el Estado.

1.5. Desventajas:

La realización de ciertas actividades encuentra bastantes obstáculos en los Santuarios de la Naturaleza, por lo cual, tratándose de predios privados, la afectación implicaría impedir el ejercicio del derecho de propiedad en ciertos casos. Esto, sin embargo, para los fines de conservación y protección es bastante favorable.

Independiente de lo anterior, cualquier trabajo de construcción, excavación, etc. deberá contar con la aprobación del Consejo de Monumentos Nacionales, lo cual podría entorpecer el desarrollo de obras que se requieran para actividades de turismo o de investigación.

1.6. Normativa aplicable:

Los Santuarios de la Naturaleza encuentran su regulación principal en la Ley N° 17.288 sobre Monumentos Nacionales. También son reguladas en aspectos específicos por la siguiente normativa: Ley N° 19.300 sobre bases generales del Medio Ambiente, Ley Nº 18.362 que crea el Sistema Nacional de Áreas protegidas del Estado (que aún no entra en vigencia), Ley N° 19.473 sobre Caza, entre otras.

2. Áreas de protección turística y Distritos de Conservación de suelos, bosques y aguas.

2.1. Concepto:

El objeto del establecimiento de áreas de protección turística es prohibir la tala de árboles situados hasta a 100 metros de las carreteras públicas y de las orillas de los ríos y lagos que sean bienes nacionales de uso público, como también en quebradas u otras áreas no susceptibles de aprovechamiento agrícola o ganadero, cuando así lo requiera la conservación de la riqueza turística.

Por otro lado, los distritos de Conservación de suelos, bosques y aguas, tienen por objeto evitar la erosión o recuperar terrenos erosionados.

2.2. Características:

Como no existe una autoridad que se encargue de su administración, el titular de cada una de ellas realizará las correspondientes funciones de administración.

2.3. Constitución:

Su constitución se realiza a través de Decreto Supremo emanado del Ministerio de Agricultura, previo informe favorable del Servicio Nacional de Turismo.

Pueden ser establecidas tanto en terrenos públicos como en terrenos privados.

Folio008379

La afectación de un lugar determinado es discrecional de la administración. Se deberá enviar una solicitud de afectación al Ministerio de Agricultura, manifestando la intención de querer afectar un determinado predio y acompañando los antecedentes y documentos que sirvan para individualizar la propiedad. La solicitud debe ser fundada[55].

Se efectúa un estudio de las condiciones del ecosistema desde el punto de vista del valor turístico que posea el lugar.

2.4. Ventajas:

La normativa contempla sanciones para la infracción de las prohibiciones respectivas en las áreas afectadas.

La Ley N° 19.300 de bases generales del medio ambiente establece que la ejecución de obras y proyectos en áreas sometidas a protección oficial, deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Es una forma adecuada de protección para Paposo y Aguas Calientes, en tanto se trata de zonas limitadas y determinadas territorialmente.

2.5. Desventajas:

No existe una autoridad que se encargue de su administración, sino que tal labor es de cargo del dueño del predio afectado. Ello dificultaría la aplicación de sanciones en caso e vulneración de las normas.

2.6. Normativa aplicable:

Se encuentra en la Ley N° 18.378 que deroga la Ley N° 15.020 y el D.F.L. N° R.R.A. 26, que trata sobre la conservación del suelo, bosques y agua. También en la Ley N° 19.300, de Bases Generales del Medio Ambiente.

3. Áreas silvestres protegidas de propiedad privada

3.1. Concepto:

Las áreas silvestres protegidas de propiedad privada son sectores particulares en que su dueño, de manera voluntaria, otorga protección a la naturaleza y a la biodiversidad del lugar, recibiendo generalmente por dicha labor, ciertos incentivos por parte del Estado.

3.2. Características:

Las Áreas Privadas Protegidas no tienen una regulación legal exhaustiva, por lo cual sus características se dan a partir de la experiencia real de su constitución en nuestro país.

Sin perjuicio de que su aplicación en Chile es escasa, han aumentado de manera considerable en los últimos años: a modo de ejemplo, en la Décima Región, que concentra el 30% de las Áreas Protegidas Privadas de Chile, han aumentado desde 12 en 1997, hasta 50, según las cifras catastradas en 2001[56] .

Una característica importante de ellas, es que permiten compatibilizar el crecimiento económico de los dueños de los terrenos y la conservación del medio ambiente. Ello debido a que por lo general utilizan el objetivo de conservación para realizar actividades económicas como la agricultura, la silvicultura, el ecoturismo, etc., que les permiten la entrada de ingresos. Sin embargo, la experiencia en Chile ha

[55] Al respecto, ver fundamentos utilizados para la afectación a través de la figura de Santuarios de la Naturaleza.

[56] Resultados de la Primera Convocatoria del Programa de Fomento para la Conservación de Tierras Privadas en la Décima Región (CIPMA, 2000a; CIPMA, 2000b). En línea <www.cipma.cl/gef>

Folio008380

demostrado que por lo general no hay motivaciones de lucro para afectar las propiedades, sino que el objetivo principal es la conservación de la biodiversidad y el "amor a la naturaleza"[57], lo cual es muy importante si el objetivo primordial es la protección de la biodiversidad.

Su implementación en Chile permitiría reforzar y complementar el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE), el cual hasta el momento cuenta con escasa aplicación por su nominal reconocimiento legal y falta de recursos financieros para la adquisición de terrenos. En este último sentido, la adquisición de sitios prioritarios por el Estado resulta en extremo costosa[58], por lo cual la alternativa de protección privada pasa a tener vital importancia para los objetivos de conservación.

3.3. Constitución:

Su afectación es voluntaria, de acuerdo con lo dispuesto por el artículo 35 de la Ley N° 19.300. Se perfecciona la afectación por resolución dictada por el organismo administrador de SNASPE, que en principio correspondería a CONAF. Sin embargo, la Ley que crea a CONAF (Ley Nº 18.362), tiene suspendida su vigencia, por lo cual este procedimiento no ha sido utilizado aún.

Hasta el momento la única forma de constitución vigente es la iniciativa privada.

3.4. Ventajas:

Compatibilizan crecimiento económico y protección ambiental, contribuyendo así al resguardo de la biodiversidad.

La adquisición de terrenos por el Estado para la conservación de la biodiversidad resulta demasiado costosa. El establecimiento de Áreas Silvestres Protegidas Privadas constituye un ahorro de recursos por parte del Fisco, sumado al incentivo para los particulares de fomentar la conservación del patrimonio ambiental.

Otra ventaja es que el privado financia totalmente el proyecto de conservación, por lo cual los problemas de falta de recursos para la administración, gestión y mantención de los sitios prioritarios que tienen los instrumentos públicos de protección estatales no se observan en este instrumento de conservación.

Su aplicación en los sitios objeto de este estudio podría realizarse en el sector sur de Paposo, en tanto los dueños de los predios tuvieran interés en la conservación de la biodiversidad del lugar.

3.5. Desventajas:

Aún no existe en Chile un reconocimiento formal de las Áreas Privadas Protegidas, ni criterios de elección de tales áreas ni estándares mínimos de planificación y manejo, por lo cual la aplicación práctica de esta forma de protección en Chile, resulta difícil.

Otro problema es que para el funcionamiento real de las Áreas Privadas de Protección es indispensable que exista conectividad entre ellas, de lo contrario no se lograría el objetivo de conservación de la biodiversidad a largo plazo.

Si bien la experiencia internacional ha sido satisfactoria, para la aplicación del sistema en Chile va a ser indispensable la creación de incentivos y el reconocimiento legal, lo cual no parece estar siquiera cerca de suceder.

Un problema adicional es que su reconocimiento depende de que exista interés de los privados en la conservación y preservación de la biodiversidad, lo cual es difícil de encontrar en un mismo sector donde existan varios dueños particulares. Por esta razón, la

[57] <www.cipma.cl/gef>

[58] Se ha estimado por el Informe Chileno al Primer Congreso Latinoamericano de Parques Nacionales y Otras Áreas Protegidas (1997) que el fisco debería adquirir cerca de un millón 600 mil hectáreas para tales objetivos.

Folio008381

regulación legal de las Áreas de Protección Privada es indispensable para su buen funcionamiento.

3.6. Normativa aplicable:

Poseen una escasa regulación en la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del medio ambiente, en su artículo 35[59].

4. Sistema Nacional de Áreas protegidas del Estado (SNASPE)

4.1. Concepto:

Las áreas protegidas del SNASPE pueden ser definidas a partir sus objetivos, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Mantener áreas de carácter único representativas de la diversidad biológica natural del país o lugares con comunidades animales o vegetales, paisajes o formaciones geológicas naturales, a fin de posibilitar la educación e investigación y de asegurar la continuidad de los procesos evolutivos, las migraciones animales, los patrones de flujo genético y la regulación del medio ambiente.
- Mantener y mejorar los recursos de flora y fauna silvestres y racionalizar su utilización.
- Mantener la capacidad productiva de los suelos y restaurar aquellos que se encuentren en peligro o en erosión.
- Mantener y mejorar los sistemas hidrológicos naturales.
- Preservar y mejorar los recursos escénicos naturales y los elementos culturales ligados a un ambiente natural.

Comprenden diversas categorías de manejo, para la realización de tales objetivos.

4.2. Características:

Se clasifican en distintas unidades de manejo, de acuerdo con las actividades que se pueden realizar en cada una de ellas:

- Reserva de Región Virgen: área donde existen condiciones primitivas naturales de flora, fauna, vivienda y comunicaciones, con ausencia de caminos para el tráfico de vehículos motorizados y vedada a toda explotación comercial. En el país no existe ninguna hasta el momento.
- Parque Nacional: área generalmente extensa donde existen diversos ambientes únicos o representativos de la diversidad ecológica natural del país no alterados significativamente por la acción humana, capaces de auto perpetuarse y en que las especies de flora y fauna o las formaciones geológicas son de especial interés educativo, científico o recreativo.

---

[59] **Artículo 35**.- Con el mismo propósito señalado en el artículo precedente, el Estado fomentará e incentivará la creación de áreas silvestres protegidas de propiedad privada, las que estarán afectas a igual tratamiento tributario, derechos, obligaciones y cargas que las pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.
La supervisión de estas áreas silvestres corresponderá al organismo administrador del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.
La afectación de estas áreas será voluntaria y se perfeccionará mediante resolución dictada por el organismo señalado en el inciso anterior, que acoge la respectiva solicitud de su propietario, quien deberá reducir la resolución a escritura pública e inscribirla, para efectos de publicidad, en el Registro de Hipotecas y Gravámenes del Conservador de Bienes Raíces competente.
La desafectación se producirá por vencimiento del plazo, por resolución de dicho organismo fundada en el incumplimiento de las obligaciones establecidas en el reglamento, o a petición anticipada del propietario. En los dos últimos casos podrá aplicar una multa, a beneficio fiscal, que no excederá del monto acumulado y actualizado de impuestos y contribuciones de los que el inmueble estuvo exento en virtud de su afectación en el período correspondiente.
El reglamento establecerá los requisitos, plazos y limitaciones de aplicación general que se deberán cumplir para gozar de las franquicias, ejercer los derechos y dar cumplimiento a las obligaciones y cargas a que se refiere el inciso primero.
(El subrayado es nuestro)

Folio008382

- Monumento Natural: área generalmente reducida, caracterizada por la presencia de especies nativas de flora y fauna o por la existencia de sitios geológicos relevantes desde el punto de vista escénico, cultural, educativo o científico.
- Reserva Nacional: área cuyos recursos naturales es necesario conservar y utilizar con especial cuidado por la susceptibilidad de estos a sufrir degradación o por su relevancia en el resguardo del bienestar de la comunidad.

La administración, vigilancia y control de estas áreas, corresponde al Ministerio de Agricultura a través de la CONAF. Pero como la Ley N° 18.362 que constituye las SNASPE no se encuentra vigente, la administración la realiza CONAF, en tanto organismo privado. Por tanto, no corresponde a un organismo público en sentido estricto.

En todo caso, el sistema ha funcionado hasta ahora de hecho, encontrando su base en normativa de carácter internacional.

4.3. Constitución:

Su creación se efectúa a través de Decreto Supremo del Ministerio de Bienes Nacionales, con la firma del Ministro de Agricultura. Si se incluyen porciones de mar, playas fiscales, o playas de mar, deberá ser firmado también por el Ministro de Defensa Nacional.

Su desafectación también es por Decreto Supremo.

4.4. Ventajas:

La valoración por parte del Estado y la Comunidad ha aumentado en los últimos años. Se ha creado conciencia de los múltiples beneficios que reporta la protección de las distintas zonas, a través de las categorías creadas por SNASPE.

Además, pese a que no ha entrado aún en vigencia, es una categoría de protección ambiental que posee una normativa e institucionalidad propias, lo cual es una ventaja en comparación a otras formas de protección ambiental, ya que ello implica la existencia de obligaciones específicas y de sanciones para la infracción de las normas que las regulan.

Para el caso específico de nuestro estudio, la alternativa del SNASPE aparece como la más efectiva de aplicar en el sector del salar Aguas Calientes IV, en concreto, con su anexión al Parque Nacional Llullaillaco. Esto, por la proximidad con dicho Parque Nacional y porque la propiedad de los terrenos es fiscal.

4.5. Desventajas:

Como la ley que contiene su regulación no ha entrado en vigencia, su respaldo legal es mínimo, lo cual dificulta la efectiva protección. Además, existen normas que vulneran la protección de estas zonas, en el Código de Minería y en el Código de Aguas, por ejemplo. Al parecer hace falta en nuestro ordenamiento jurídico una sistematización de las normas existentes, de manera que el SNASPE se encuentre en armonía con el resto de la legislación.

Otro problema es que el financiamiento que el Estado destina al SNASPE ha sido insuficiente. Ello ha determinado que se tenga que recurrir a fuentes de financiamiento privadas o a organismos internacionales, los cuales son limitados y no garantizan la continuidad de los proyectos de conservación de las unidades.

De la dificultad anterior se deriva otra más de importancia económica: las categorías de protección del SNASPE se aplican sobre terrenos de dominio público solamente, por lo cual para establecerlas en determinadas zonas es necesario recurrir al mecanismo de la expropiación. Éste resulta demasiado costoso para el Estado, ya que el objetivo es establecer un sistema integral de protección de los distintos ecosistemas del país, lo cual dificulta su efectiva realización.

El problema de su administración, no es menor. La falta de un organismo público regulador, ha determinado la escasez de personal para asegurar una gestión adecuada de las zonas protegidas.

Folio008383

4.6. Normativa aplicable:

El sistema es creado por la Ley Nº 18.362[60]. Pero la vigencia de ella está suspendida, ya que depende de la dictación del decreto que disuelve la corporación de Derecho Privado denominada Corporación Nacional Forestal. Ello también determina que la ley que crea CONAF pública esté suspendida en su vigencia. Mientras tanto, opera a través de CONAF como Programa de Patrimonio Silvestre, de acuerdo con la Ley N° 4.363 de bosques (31.07.31), la cual será derogada con la entrada en vigencia de la Ley N° 18.362.

Mientras la ley de SNASPE no entre en vigencia, la regulación de las áreas silvestres protegidas está dada por la siguiente normativa: los artículos 15 y 21 del D.L. 1.939 de Normas sobre adquisición, administración y disposición de Bienes del Estado[61]; el D.F.L. N° 265 de 1931que establece la Ley de Bosques; la Convención de Washington; la Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas escénicas Naturales de América; y en la Ley N° 19.300.

5. Afectación a través de instrumentos de planificación territorial

5.1. Concepto:

Es importante señalar que en los instrumentos de planificación territorial no existe una regulación expresa de los objetivos y definiciones de las áreas de protección, en forma genérica. Por ello, analizaremos a modo de ejemplo el Plan Regulador Intercomunal de Borde Costero de la II Región de Antofagasta para determinar el funcionamiento de esas áreas.

En el Plan regulador señalado encontramos las divisiones[62] siguientes:

- Zona de Protección Ecológica 1 (ZPE 1). Asociada a Monumentos, Parques y/o Reservas Naturales.
- Zona Protección Ecológica 2 (ZPE 2). Asociada a la conservación de la fauna y/o Vegetación Endémica.
- Zona de Protección por Interés Paisajístico (ZPIP).
- Zona de Protección por Interés Científico Cultural (ZPIC).
- Zona de Protección de Planicie Costera (ZPPC).
- Zona de Protección con Actividades Productivas Controladas (ZPAPC).

5.2. Características:

Como las áreas estudiadas están establecidas en instrumentos de planificación territorial, no existe una autoridad que esté encargada de su administración en forma genérica. Ello sin perjuicio de que el área protegida corresponda a un sector de protección específica como un Santuario de la Naturaleza o un Parque Nacional, los cuales poseen entes administradores propios.

Para efectos de nuestro estudio es necesario definir las Zonas de protección ecológica 2[63], ya que es uno de los instrumentos legales escogidos para la protección de la biodiversidad en el sector costero de Paposo. Estas zonas de encuentran asociadas a la conservación de la fauna y/o vegetación endémica. En estas zonas se permitirá el desarrollo de actividades que aseguren la permanencia de los valores naturales, tales como equipamiento de turismo y esparcimiento, con las instalaciones y/o edificaciones

---

[60] Dictada siguiendo las recomendaciones de la Estrategia Mundial para la Conservación de la Naturaleza.

[61] De acuerdo con el artículo 38 de la Ley n° 18.362, los artículos 15 y 21 del D.L. N° 1.939 serán derogados con la entrada en vigencia del SNASPE.

[62] Se señalarán aquí sólo las divisiones importantes para nuestro estudio, de acuerdo con el contenido del Plan Regulador Intercomunal de Borde Costero de la II Región, Resolución N° 73 de 2004.

[63] Contempladas en el artículo 4.2.2 de la Resolución n°73 de 2004.

Folio008384

mínimas e indispensables para su habilitación, que se relacionen con la puesta en valor de los recursos de flora y fauna, propias de dichos territorios.

Con respecto al uso generalizado del suelo en el lugar, este permite: el desarrollo turístico, recreativo y cultural, el equipamiento específico de apoyo a los fines citados, tales como: centros de información, puestos de vigilancia, servicios higiénicos, instalaciones de apoyo, expendio de comestibles y bebestibles. Los usos señalados son los únicos permitidos en la zona afectada[64] y quedan sujetos a previo informe favorable de los Organismos, Instituciones y Servicios con tuición en los temas turísticos, medioambiental, urbanístico y sanitario, que correspondan.

En relación a las condiciones generales de subdivisión y edificación, la superficie predial mínima es de 50 hectáreas. Además, se permite la edificación mínima complementaria a los usos permitidos, con una altura máxima de 1 piso[65].

Es importante señalar que para la aprobación de proyectos en esta zona, la Dirección de Obras Municipales respectiva deberá solicitar informe favorable de la SEREMI de Vivienda y Urbanismo de la Región de Antofagasta, con consulta a los organismos competentes. Dicho informe favorable determinará la factibilidad técnica del proyecto respectivo y será requisito para la aprobación del proyecto y la recepción final de las obras correspondientes.

5.3. Constitución:

La afectación de áreas de protección se efectúa a través de la creación o modificación del Plan Regulador respectivo. El procedimiento administrativo de afectación se encuentra regulado en los artículos 27 y siguientes de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, y en los artículos 2.2.2 y siguientes de su reglamento.

La afectación puede recaer tanto en terrenos públicos como en predios de propiedad privada. En todo caso la facultad de afectación de estas áreas por parte de la autoridad es discrecional.

Para la afectación de terrenos privados se deberá presentar una solicitud de afectación en la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo si se quiere afectar en un Plan Regulador Intercomunal, o bien, ante la Municipalidad, si se quiere hacer a través del Plan Regulador Comunal. El procedimiento se encuentra regulado en la Ley General de Urbanismo y Construcciones, en su Título II, Capítulo II, y en su reglamento.

5.4. Ventajas:

El instrumento analizado es bastante efectivo para la protección de la biodiversidad en el sector costero de Paposo. Ello es así porque dicha zona ya se encuentra afectada por el Plan Intercomunal de borde costero.

En cuanto a las ventajas específicas, en primer lugar, se aplican todas las prohibiciones que el instrumento de planificación territorial respectivo establezca.

También, de acuerdo con la Ley N° 19.300, los proyectos que pretendan ejecutarse en estas áreas, deberán ser sometidas al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Pero la principal ventaja, es que el sistema facilita la conservación no sólo del predio específico, sino que de un área completa, permitiendo la conservación de la biodiversidad no sólo en un predio determinado, sino que en un área completa de interés. En este sentido, si recae en predios de propiedad privada, sus dueños deberán ajustarse a las normas de uso de suelos y de edificación establecidas en el Plan.

Otra ventaja es que en caso de incumplimiento de los usos permitidos en la regulación, se puede recurrir a instancias administrativas para efectos de denuncia y

[64] De acuerdo con la letra de la ley, cualquier uso distinto del señalado, se encuentra prohibido.
[65] La implementación de esto estará condicionada a lo indicado en el artículo 2.1.30. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Folio008385

aplicación de sanciones, tales como la Municipalidad o el Seremi del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, sin perjuicio de que también es posible acudir a las vías jurisdiccionales de solución de conflictos.

La normativa existente al respecto y las dificultades que presenta la desafectación de las áreas, resultan atractivas para aplicar este instrumento a la conservación del sector costero de Paposo.

5.5. Desventajas:

La principal desventaja del sistema es que, así como el procedimiento de desafectación es largo y engorroso, también lo es para su afectación. La creación o modificación de un instrumento de planificación territorial implica seguir un largo procedimiento, que implica la solicitud de informes a varias autoridades y en algunos casos, la realización de consultas ciudadanas. Pero en el caso de Paposo, la desventaja no existe en tanto los terrenos ya se encuentran afectados.

5.6. Normativa aplicable:

Como las áreas de protección obedecen a objetivos genéricos señalados en cada Plan Regulador Regional, no hay normativa expresa que los regule en general. Sin perjuicio de ello, encuentran su estatuto jurídico de protección en el D.S. N° 458 de 1976 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que fija el texto de la Ley General de Urbanismo y Construcciones y en su reglamento, establecido en el D.S. N° 47 de 1992 del mismo ministerio, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Además su regulación debe coordinarse con lo establecido en el Plan Regulador Intercomunal de Borde Costero de la II Región de Antofagasta.

6. <u>Expropiación.</u>

El procedimiento expropiatorio es un mecanismo necesario para hacer efectivas ciertas categorías de protección ambiental, como las contenidas en la Ley que crea el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). Tal afirmación se desprende del artículo 2 de la Ley N° 18.362, al definir "Áreas Silvestres" como *"los ambientes naturales, terrestres o acuáticos, <u>pertenecientes al Estado</u> y que éste protege y maneja para la consecución de los objetivos señalados en cada una de las categorías de manejo contempladas en el artículo 3*".

Para tales efectos, con respecto a los sitios del sector de Paposo que son de propiedad privada, analizaremos esta alternativa, ya que hace poco tiempo existió un proyecto para el sector sur de Paposo fuera declarado Reserva Nacional.

6.1. Concepto:

La expropiación es un acto de derecho público, mediante el cual el estado o alguno de sus organismos adquieren la propiedad de un bien privado, a cambio del pago de la indemnización correspondiente. La utilidad pública o el interés nacional son un presupuesto de la expropiación, lo cual debe existir antes que la expropiación sea autorizada por el legislador.

6.2. Características:

En el proceso expropiatorio, es sujeto activo el Estado (Fisco). El sujeto pasivo puede tratarse de cualquier persona, natural o jurídica, pública descentralizada o

privada. El resultado del proceso va a ser que el estado adquiera pura y simplemente y a título originario la propiedad expropiada.

6.3. Procedimiento:

Todo proceso expropiatorio se inicia con la dictación de un acto administrativo que identifica o crea el lote o bien que debe ser expropiado y se designa una comisión de 3 miembros, encargada de determinar el monto de la indemnización del bien que se pretende expropiar. Una vez que se ha evaluado la indemnización por la expropiación, se procede a dictar el acto administrativo expropiatorio a través de un decreto supremo. El acto expropiatorio debe publicarse en un plazo máximo de 90 días contados desde el momento de su dictación, a través de un extracto, en el Diario Oficial del día 1° o 15° del mes respectivo. También, en el mismo plazo, debe hacerse un aviso en un diario de la provincia del lugar donde se ubica el bien que se expropia. Finalmente, copia del extracto se remite a carabineros quien debe entregarlo a la persona que ocupa o detenta el bien expropiado.

Dentro de los 30 días siguientes a la publicación del acto expropiatorio en el diario oficial se puede interponer una acción para reclamar acerca del monto de la indemnización que se tiene derecho a recibir como consecuencia de haberse privado del dominio de un bien o de alguno de los atributos o facultades esenciales del dominio. Esta indemnización comprende el valor del bien; los demás perjuicios patrimoniales que la expropiación efectivamente irrogue. La indemnización deberá ser pagada en dinero efectivo y al contado, y la entrega material del bien expropiado tendrá lugar únicamente previo pago del total de la indemnización, la que, a falta de acuerdo, será determinada provisionalmente por peritos en la forma que señale la ley.

6.4. Ventajas:

En el caso específico de Paposo, la ventaja de la expropiación es que al ser el terreno propiedad del Estado, son aplicables las unidades de manejo establecidas en la ley de SNASPE, las cuales implican deberes específicos, usos únicamente permitidos, prohibiciones y obligaciones para todas las personas, todo lo cual da mayor fortaleza al instrumento.

6.5. Desventajas:

La principal desventaja es que los recursos del Estado para costear expropiaciones son escasos. Este ha sido uno de los principales problemas para la implementación de las unidades de manejo del SNASPE, ya que para adquirir todos los sitios de interés en protección de biodiversidad a lo largo del país se requiere una cantidad de dinero.

6.6. Normativa aplicable:

Este instrumento se encuentra establecido en el artículo 19 N° 24 inciso 3°, de la Constitución Política de la República.

7. Lugares de interés histórico o científico

7.1. Concepto:

Folio008387

No están expresamente definidos en la ley, pero se señala en el Código de Minería cuáles son sus efectos: para ejecutar labores mineras en los sectores declarados expresamente de interés histórico o científico se requiere autorización del Presidente de la República.

Tampoco hay una autoridad específica encargada de su administración, sin perjuicio de lo cual el dueño del predio deberá pedir el permiso correspondiente si quisiera ejecutar labores mineras en el lugar.

7.2. Constitución:

La afectación como lugar de interés histórico o científico debe hacerse a través de un decreto supremo emanado del Ministerio de Minería.

La afectación puede ser tanto en terrenos públicos como en predios de propiedad privada. Pero la facultad de declarar un lugar de interés histórico o científico es discrecional de la autoridad, aunque el solicitante sea el dueño del predio.

El procedimiento de afectación comienza con una solicitud de afectación dirigida al Ministerio de Minería, cuyo contenido mínimo está dado por los siguientes antecedentes:

- Manifestación de voluntad en el sentido de solicitar la declaración.
- Fundamentos para solicitar la declaración, en el sentido de que el lugar presente características de interés histórico o científico.
- Antecedentes históricos o científicos que apoyen los fundamentos anteriores.
- Individualización completa del propietario del predio.
- Ubicación, deslindes, superficie y otros antecedentes del área de la cual se pide la declaración.

El Ministerio de Minería deberá estudiar la solicitud y los antecedentes acompañados y emitirá un pronunciamiento sobre la conveniencia o no de declarar el sector como lugar de interés histórico o científico. El Ministerio puede solicitar antecedentes adicionales a otras autoridades competentes y no tiene plazo para emitir su pronunciamiento.

7.3. Ventajas:

Se exige la autorización del Presidente de la República para realizar labores mineras en un lugar afectado con el instrumento. La infracción a esta exigencia será sancionada con multa de cincuenta unidades tributarias mensuales. En este sentido, para el caso concreto de estudio, el instrumento es adecuado para la protección de los sectores donde se efectúan labores mineras.

Se concede acción pública para denunciar a los infractores, y el juez podrá decretar durante el juicio la suspensión de las labores.

Además, en la ley de caza se establece una prohibición de caza y captura en lugares declarados de interés científico. Sin embargo, el SAG puede autorizar la caza en determinadas situaciones.

7.4. Desventajas:

Sin perjuicio de las ventajas señaladas, estas no son suficientes para realizar objetivos de conservación y protección de la biodiversidad, por lo cual el instrumento deberá ser complementario de otros para cumplir con el objetivo señalado.

7.5. Normativa aplicable:

Se encuentra en los artículos 17 y 18 del Código de Minería y en los artículos 3 y siguientes del Decreto Supremo n° 1 de 1986 que establece el reglamento del citado código.

Folio008388

INSTRUMENTOS PRIVADOS.

1. Usufructo

1.1. Concepto:

El derecho de usufructo se encuentra definido en el artículo 764 del Código Civil "es un derecho real que consiste en la facultad de gozar de una cosa con cargo de conservar su forma y sustancia, y de restituirla a su dueño, si la cosa no es fungible; o con cargo de volver igual cantidad y calidad del mismo género, o de pagar su valor, si la cosa es fungible".

Las facultades del dominio son: usar, gozar y disponer de la cosa, y se ejercen por una misma persona. El derecho de usufructo provoca un quiebre de esta unidad de facultades del dominio, pasando a tener la facultad de disposición el propietario, y las facultades de uso y goce a manos de otra persona que recibirá el nombre de usufructuario. Esto significa que el usufructo constituye un gravamen sobre la cosa en que se constituya, pudiendo su dueño venderlo o enajenarlo de otro modo, pero no usarlo ni aprovechar los frutos que la cosa rinda. De este modo, en caso de venta de la cosa usufructuada, el nuevo dueño deberá respetar el usufructo en tanto este no se haya extinguido, viendo limitadas sus facultades de dominio sobre el bien.

1.2. Características:

Desde un punto de vista jurídico, el usufructo presenta las siguientes características:

- Es un derecho de goce.
- Es un derecho real
- Es un derecho de goce completo
- Es una limitación del dominio
- Es un derecho temporal
- Es un derecho intransmisible
- Es un derecho sujeto a plazo
- Es un derecho sobre cosa ajena

Desde una perspectiva ambiental, esta institución puede presentar importantes aplicaciones.

Por ejemplo, si una persona natural o jurídica está interesada en la protección del medio ambiente, ésta puede adquirir de un propietario el derecho de usufructo de un inmueble, con el objeto de realizar actividades destinadas a la conservación y la protección de los recursos naturales que se encuentren en él. Siguiendo en el plano de las acciones que favorezcan el medio ambiente, otro ejemplo sería que el Estado, compre el derecho de usufructo, cuyo pago podría realizarse en dinero o bien, en algún beneficio para el nudo propietario como el control de erosión o de incendios, apertura de sendas para el ecoturismo, etc. Al establecer estos acuerdos el nudo propietario debe necesariamente respetar las actividades de conservación del usufructuario, no pudiendo realizar nada que afecte o perjudique al usufructuario en el ejercicio de sus derechos, a su vez el usufructuario se obliga a conservar la cosa entregada en su forma y sustancia.

1.3. Constitución:

El usufructo puede constituirse por ley, por acto de la voluntad, por prescripción o por sentencia judicial. En cuanto a propietarios de áreas privadas y para el objeto de protección ambiental, es importante mencionar que la forma de constitución es la voluntaria, pudiendo adoptar diversas formas, como por ejemplo, una donación, una compraventa, entre otras formas.

Folio008389

1.4. Ventajas:

La importancia del instrumento como forma de protección de la biodiversidad radica en que sin necesidad de expropiar, una persona que detente la calidad de usufructuario puede usar un predio para conservación y preservación ambiental, lo cual constituye un importante atractivo en materia de costos.

El nudo propietario debe respetar las actividades de conservación del usufructuario, ya que es éste último quien detenta la facultad de uso del bien, y no el primero. Esto implica la necesidad de que el usufructuario haga ejercicio efectivo de este derecho, ya que sólo así se realizará el objetivo de conservación.

Incluso frente a una eventual venta del inmueble por parte del nudo propietario, el adquirente estará obligado a respetar el usufructo, lo cual constituye otra razón para considerar al usufructo como un instrumento eficaz de conservación.

1.5. Desventajas:

Está dice relación con el carácter temporal del usufructo. Vencido el plazo el usufructo se extingue, pasando al nudo propietario las facultades del dominio que hasta el momento estaban radicadas en el usufructuario. Por tanto, este es un instrumento de aplicación de corto plazo en la protección del medio ambiente. Esto significa, que para mayor efectividad del instrumento, deberá ser complementado en forma paralela con otros, como por ejemplo, con la afectación de zonas a través de instrumentos de planificación territorial.

1.6. Normativa Aplicable:

Esta institución se encuentra reglamentada en el Código Civil, en los artículos 764 a 810.

2. <u>Servidumbre</u>

2.1. Concepto:

Se encuentra definida en nuestro Código Civil en el artículo 820 como "*un gravamen impuesto sobre un predio en utilidad de otro predio de distinto dueño*".

Este tipo de instrumento se da cuando hay inmuebles que por su propia naturaleza, estructura o ubicación se encuentran desprovistos de ciertas ventajas o recursos materiales para su adecuado uso, goce o explotación. Se llamará predio dominante el favorecido con la servidumbre y predio sirviente el que la otorga.

Las servidumbres son esencialmente prediales, es decir, se requiere al menos de dos predios para su constitución. Esto se refleja también en que el gravamen es impuesto a uno de los predios y no la persona del propietario.

2.2. Clasificación:

De acuerdo con la forma de su constitución, las servidumbres pueden ser de las siguientes formas:

- Naturales: Surgen de la natural ubicación de los predios.
- Legales: Aquellas que impone la ley.
- Voluntarias: Nacen de un hecho del hombre, que se manifiesta en un acto jurídico.
- Judiciales: Las constituye el juez en uso de las atribuciones que les da la ley.

La servidumbre de tipo ambiental se encuentra inserta en las de tipo voluntaria, pues es el titular del predio particular quien toma la obligación de gravarse o producto de un acuerdo entre las partes, ya que este tipo de servidumbre no tiene una reglamentación específica en la ley. Esta puede adoptar la forma de zona de protección ambiental, de

Folio008390

senderos para acceder a la zona protegida, o de acceso al predio sirviente para efectos de investigación o de ecoturismo.

2.3. Características:

- Es un derecho real
- Es un derecho inmueble
- Es un derecho accesorio, porque es inseparable del predio al cual activa o pasivamente pertenece.
- Son indivisibles o de ejercicio indivisible, esto es, no admiten un ejercicio parcial.
- Por regla general son perpetuas.
- Constituye limitación al dominio

2.6. Constitución:

Los modos de establecer servidumbres voluntarias son los siguientes:

- El título: éste puede adoptar la forma de un pacto, de un contrato o de un testamento.
- La destinación del padre de familia
- La prescripción
- La sentencia de un Juez

Para la constitución de una servidumbre de tipo ambiental es importante analizar el título. Generalmente adoptará la forma de un contrato de compraventa, si es a título oneroso, o bien como contrato de donación o como testamento si es a título gratuito. Por otra parte, tratándose de bienes raíces, se requiere que el respectivo contrato conste en escritura pública o bien que el testamento se ajuste a sus requisitos legales propios. También se requiere de inscripción en el Conservador de Bienes Raíces respectivo para que la servidumbre sea oponible a terceros[66].

2.4. Ventajas:

Como es una figura de derecho privado, depende exclusivamente del acuerdo de las partes, lo cual facilita enormemente su realización al no intervenir los procedimientos de la autoridad.

Para el particular u organismo que desee proteger su predio en materia ambiental, es mucho más conveniente en términos económicos la constitución de una servidumbre sobre el predio sirviente, antes que adquirirlo.

Las servidumbres ambientales han sido de gran utilidad para la creación de "zonas de amortiguamiento", es decir, si un área oficialmente protegida es colindante con un predio particular, el dueño de este último puede constituir una servidumbre a favor del predio protegido con el objeto de que exista un margen de transición entre el área protegida y el área sin protección, de modo que los objetivos de conservación y preservación de la biodiversidad sean más efectivos.

Para estos casos, la servidumbre es bastante atractiva, ya que no será necesaria la expropiación de los terrenos correspondientes a la "zona de amortiguamiento"; el privado mantendrá la propiedad de su predio, con una limitación; se puede entregar una contraprestación monetaria al privado por la servidumbre; el privado puede beneficiarse de los planes de manejo utilizados en el área protegida; etc.

[66] Artículo 11 de la ley de Servidumbre de Conservación de Puerto Rico, establece como única manera de constituir servidumbre y su otorgamiento por medio de escritura pública y la inscripción en el registro de propiedad.

Folio008391

2.5. Desventajas:

Las servidumbres ambientales van a proteger a los predios de acciones provenientes de sus propios dueños, pero no de acciones de terceros, como por ejemplo, camiones que boten basura y escombros, o cazadores externos.

Otra desventaja es que la legislación chilena exige la concurrencia de dos predios, por lo cual no podría establecerse en un predio determinada una servidumbre a favor de una persona natural o jurídica, como CONAF, por ejemplo, ya que las servidumbres son esencialmente prediales.

2.7. Normativa aplicable:

Están reguladas en el Código Civil, artículos 820 a 888. También se encuentra normativa aplicable en el Código de Aguas y en el Código de Minería.

3. Comodato.

3.1. Concepto:

Se encuentra definido en nuestro Código Civil en el artículo 2174, como "*un contrato en que una de las partes entrega a otra gratuitamente una especie, mueble o raíz, para que se haga uso de ella, y con cargo de restituir de la misma especie después de terminado el uso*".

Es un contrato en el cual una de las partes, llamada comodante, entrega una cosa a otra llamada comodatario, confiriéndole el derecho a servirse de ella, con cargo de restitución, es un título de mera tenencia.

Este instrumento reviste importancia en cuanto a su aplicación en el ámbito ambiental. Por ejemplo un particular propietario de un predio, reconocido por su alto valor ambiental puede entregarlo en comodato a una institución pública o privada para que ésta se haga cargo de su administración y conservación por un tiempo determinado. De esta manera el comodante (dueño del predio), no pierde derecho alguno sobre el predio, a excepción de las facultades de gozar.

El comodato es un contrato de tipo gratuito, por lo tanto si se establece o estipula que el comodatario suministrará al comodante una contraprestación en dinero a razón del servicio que le presta, el contrato deriva en un arrendamiento.

3.2. Características:

El comodato sólo genera obligaciones para el comodatario. Ellas son las siguientes:

- Conservar la cosa: En materia ambiental la obligación se va a traducir en la protección y conservación de la biodiversidad del lugar. Esta obligación es complementaria a la de restituir la cosa al término del contrato.
- Usar la cosa en términos de lo estipulado o de acuerdo a su uso ordinario: A falta de acuerdo en el contrato sobre el uso que el comodatario deberá dar al bien, se le dará su uso natural.
- Restituir la cosa prestada a la época acordada, o en su defecto, después de haber hecho el uso convenido.

3.3. Constitución:

Como el comodato es un contrato real, se perfecciona con la mera entrega de la cosa prestada, sin necesidad de formalidad alguna. Sin perjuicio de ello, y tratándose de inmuebles, el contrato debería constar por escrito y reducirse a escritura pública, para efectos probatorios.

3.4. Ventajas:

El dueño del inmueble no pierde los derechos de propiedad sobre el bien, dando a un tercero la administración de estos con facultad de usar los mismos, por tanto en la

Folio008392

realización de actos contrarios a la conservación de la cosa, por ser contrarios a derecho, dan lugar a las indemnizaciones correspondientes.

Se genera un deber de cuidado máximo de la cosa entregada, por tanto sería un instrumento legal adecuado para la conservación de zonas determinadas, generando estándares de cuidado muy exigentes para la protección del medio ambiente.

3.5. Desventajas:

Radica en el hecho no menor de que por su naturaleza es un contrato de tipo gratuito, lo cual implica que solo una de las partes se beneficiaría[67]. Esto produce la imposibilidad de entregar un pago por el uso y por lo tanto genera un desincentivo para que privados den en comodato un predio que pudiera tener relevancia ambiental.

3.6. Normativa Aplicable:

Este instrumento se encuentra regulado en los artículos 2174 a 2195 del Código Civil.

4. Copropiedad o condominio.

4.1. Concepto:

Implica que un mismo derecho pertenezca a 2 o más personas. Existe comunidad cuando varias personas tienen sobre la totalidad de una misma cosa y sobre cada una de sus partes derechos de la misma naturaleza jurídica. Si se trata de propiedad se denomina condominio o copropiedad.

En ámbito ambiental este instrumento puede ser utilizado como una forma de que diferentes personas interesadas en la conservación de un lugar o área importante, por ejemplo para la protección de la biodiversidad, logren dicho objetivo por medio de la compra en conjunto. Esto posibilita que un interés particular que no es realizable de forma individual, se logre mediante una forma colectiva, a través del financiamiento de forma conjunta.

4.2. Constitución:

Su constitución reviste la forma contractual, generalmente en el caso de que existan fines de conservación ambiental, se comprará un terreno de manera conjunta. En la escritura de compraventa deberá quedar estipulada la finalidad de protección de la biodiversidad, para efectos de mayor seguridad jurídica.

4.3. Ventajas:

Una vez constituida la copropiedad y estipulado en el contrato el fin de protección ambiental, el instrumento es bastante eficiente, ya que para dar un uso distinto al bien será necesario que todos los comuneros presten su consentimiento para ello. Por otro lado, si un comunero no está de acuerdo con el uso otorgado, podrá siempre vender su cuota de dominio.

Cada comunero puede utilizar su cuota de dominio como le parezca, pero sin afectar el uso común estipulado en el contrato.

4.4. Desventajas:

La principal desventaja es que se requiere que de la concurrencia de las voluntades de dos o más personas para afectar un predio a un uso determinado, lo cual no es de fácil ocurrencia.

---

[67] Artículo 1440 del Código Civil " el contrato de es gratuito o de beneficencia cuando sólo tiene por objeto la utilidad de una de las partes, sufriendo el gravamen la otra"

Folio008393

Por otro lado, el fin de conservación es vulnerable a la voluntad unánime de los comuneros de cambiar esa destinación. Por lo cual la fortaleza del instrumento exista sólo en tanto los propietarios mantengan su voluntad de conservar y proteger la biodiversidad del lugar.

4.5. Normativa aplicable:

La copropiedad se encuentra regulada por el Código Civil y en la Ley N° 6.071.

5. <u>Otros instrumentos jurídicos privados.</u>

Conjuntamente con los instrumentos jurídicos antes mencionados, nuestro ordenamiento jurídico dispone de otros medios que de manera indirecta pueden servir para los efectos de favorecer o incentivar la participación de particulares o privados en la conservación de áreas protegidas, por nombrar algunos: compraventa, arriendo, donaciones, contratos innominados, etc. Sin embargo la posibilidad de que estos tengan efectos en el plano ambiental no radica en la naturaleza de estos, sino en la posibilidad cierta y real de introducir cláusulas que obliguen a la conservación y protección del medio ambiente, lo que estaría en manos de la voluntad de las partes y en el establecer compromisos de conservación.

Se debe tener presente que en el ámbito de las relaciones particulares reguladas por el derecho privado, se puede pactar todo tipo de contratos, sean o no reglados por la ley, siempre y cuando no vayan en contra de la ley, el orden público o las buenas costumbres. Por tanto, mientras se siga esta premisa, cualquier forma contractual puede ser eficiente para la conservación del medio ambiente.

6.2 INFORME JUSTIFICATIVO

6.2.1 SALAR AGUAS CALIENTES IV

En primer lugar, se debe indicar la ubicación del sector. De acuerdo con sus coordenadas, Aguas Calientes IV posee los siguientes deslindes:

NORTE: Desde la intersección de la coordenada UTM Norte 7238442 con la UTM Este 534953, hasta la intersección de las coordenadas UTM 7240955 con la 538580 y luego con la intersección de las coordenadas UTM 7246692 con la 542942.

ESTE: Desde la intersección de las coordenadas UTM 7246692 y 542942, pasando por la intersección de la coordenada UTM 7238845 con la 544436, luego hasta la intersección de las coordenadas UTM 7235621 y 545858, hasta la intersección de las coordenadas UTM 7225024 y 544436.

SUR: Desde la intersección de las coordenadas UTM 7225024 y 544436, hasta la intersección de las coordenadas UTM 7222582 y 536518.

OESTE: Desde las coordenadas UTM 7222582 y 536518 hasta la intersección de las coordenadas UTM 7238442 y 534953.

El instrumento legal elegido para aplicar a esta zona es la anexión del sector completo al Parque Nacional Llullaillaco. Sin perjuicio de ello, se ha constatado la presencia de concesiones mineras en el sector, las cuales serán tratadas en un acápite posterior al de la anexión.

A. Anexión del salar Aguas Calientes IV al Parque Nacional Llullaillaco.

La figura elegida para el salar es la de anexión de la mayor parte de su superficie al Parque Nacional Llullaillaco, teniendo como premisa que los terrenos son fiscales y utilizando para ello la legislación relacionada con esta posibilidad (SNASPE, CONAF, adquisición, administración y disposición de bienes del Estado).

Este sitio se encuentra dentro de los propuestos para la conservación de la biodiversidad en la II región, por la estrategia regional y plan de acción para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica. Se pretende generar su incorporación a la unidad de manejo ya existente (parque nacional Llullaillaco), por medio de la legislación existente; como razón para fundamentar la propuesta, se consideraría la existencia de un humedal en el sector de Aguas Calientes IV, que constituye un sitio ideal para la reproducción y alimentación de avifauna andina[68]. La existencia de un humedal o su generación, es un hecho determinante para la incorporación al parque. Esto se sustenta en la Convención sobre zonas húmedas de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas (Ramsar), la cual es ley de la República por Decreto Supremo número 771, del Ministerio de Relaciones Exteriores, publicado en el Diario Oficial de 11 de noviembre de 1981, generando un efecto vinculante al ser normativa de la República. Este tratado destaca la importancia fundamental que tienen los humedales como áreas reguladoras de los regímenes de agua y como regiones que permiten la conservación de la flora y la fauna.

Los gobiernos adquieren importantes obligaciones internacionales por la Convención, entre ellas está la de elaborar y poner en ejecución planes con el objeto de favorecer la conservación de zonas húmedas y utilizarlas racionalmente debiendo informar a la convención sobre la evolución del comportamiento de dicha zona húmeda.

La convención recomienda a las partes contratantes crear zonas protegidas (reservas naturales) que incluyan áreas con humedales, **estén o no en la lista de Ramsar,** esto implica que desde un punto de vista jurídico, áreas que no figuran en ninguna clasificación de las indicadas en la convención de Washington, es decir, parques nacionales, Monumentos naturales, o reservas de regiones vírgenes.

Otra situación que valida jurídicamente la anexión de este salar al parque, es lo establecido en el Convenio sobre diversidad biológica suscrito en junio de 1992 en Brasil, durante la reunión cumbre de Río de Janeiro sobre medio ambiente. Dicho Convenio se encuentra contenido en el Decreto Supremo Número 1963, publicado en el Diario Oficial de 6 de mayo de 1995. Dentro de sus objetivos destaca el que dice relación con la conservación de la diversidad biológica, definida por la convención como "la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otras cosas, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas"[69]. En la búsqueda de la consecución del objeto antes mencionado, cada país contratante asume diversas obligaciones, dentro de las cuales destaca el hecho de que se plantea el establecer un sistema de áreas protegidas[70], así como promover la protección de ecosistemas y hábitats naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales.

Se debe agregar que nuestro país no ha presentado una conducta preactiva en cuanto a la aplicación interna del convenio, pues en la práctica sus recomendaciones no han sido implementadas en la forma exigida por las partes, toda vez, que la conservación de la biodiversidad no está formando parte del desarrollo del país; esto se ve reflejado en el hecho de que nuestras áreas protegidas se encuentran incompletas, ya que falta

[68] Información extraída de la estrategia regional de Biodiversidad , COREMA II Región.
[69] Artículo 2 del Convenio sobre Diversidad Biológica
[70] Esto estaría establecido en las diversas unidades de manejo definidas por la Ley 18362 "Crea un Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado."

incorporar numerosos ecosistemas importantes que no se encuentran representados, tal realidad reafirma aún más la necesidad de la anexión de este salar con características de un humedal al Parque Nacional Llulalillaco.

La anexión propiamente en cuanto un acto material se encuentra inserta en la legislación nacional, específicamente en la ley 18362[71] que crea el Sistema Nacional de Áreas protegidas del Estado (SNASPE), de acuerdo con lo que se describió al comienzo de este informe.

La creación y desafectación de esta unidad de manejo o área protegida se hace mediante un Decreto Supremo dictado por el Ministerio de Bienes Nacionales, el cual deberá llevar la firma también del Ministerio de Agricultura, para lo cual se dictará un informe técnico previo de CONAF, que es el Organismo de control, administración y supervigilancia del SNASPE.

De lo descrito anteriormente, para materializar la anexión del salar de Aguas Calientes IV, se debe tener presente lo establecido en los artículos 8 y 9 de la ley 18362 que crea "un sistema de nacional de áreas silvestres protegidas por el Estado". En el proceso de anexión intervendrán los siguientes actores:

- Ministerio de Bienes Nacionales, como responsable de las tierras fiscales debe suscribir el decreto de anexión de la zona en cuestión al Parque Nacional Llullaillaco.
- Ministerio de Agricultura, como administrador del Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) del ámbito terrestre a través de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), debe suscribir un decreto que establezca la anexión.
- Eventualmente también participaría del decreto el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, quién a través del Servicio Nacional de Pesca, tiene la responsabilidad de administrar las áreas marinas protegidas.

Para la anexión se debe utilizar el mismo procedimiento que se utiliza para la creación y la desafectación de una unidad de manejo o área de protección, entendiendo la definición de Parque Nacional "área generalmente extensa **donde existen diversos ambientes únicos o representativos de la diversidad ecológica natural del país, no alterados significativamente por la acción humana,** capaces de auto perpetuarse y en que las especies de flora y fauna o las formaciones geológicas son de especial interés educativo, científico o recreativo"[72], debiendo participar todos los actores antes mencionados; para la consecución del decreto se deberá tener presente:

Aspectos Administrativos

[71] *Párrafo Segundo*
De la Creación, reclasificación y alteración de la cabida de las áreas silvestres
Artículo 8 -"Las unidades de manejo se crearán mediante decretos supremos expedidos a través del Ministerio de Bienes Nacionales, los que deberán llevar también la firma del Ministro de Agricultura. Dichos decretos indicarán la cabida aproximada y los deslindes de la unidad respectiva y se dictarán previo informe técnico de la Corporación. Si en alguna unidad de manejo se incluyeren porciones de mar, terrenos de playa fiscales o de playas de mar, el decreto supremo que la establezca deberá ser firmado, además, por el Ministro de Defensa Nacional."
Artículo 9:- "De acuerdo al procedimiento indicado en el artículo 8, podrá alterarse la cabida de una unidad de manejo, modificarse sus deslindes o procederse a su reclasificación".
Artículo 10:- "Las áreas silvestres que se creen sólo perderán su calidad de tal en virtud de un decreto supremo dictado conforme a lo dispuesto en el artículo 8".
[72] Artículo 5 de la ley 18362

Folio008396

De acuerdo a lo establecido legalmente, la anexión a un parque nacional se regula por la normativa de la ley 18362 (SNASPE) y del Decreto ley 1939[73].

Procedimiento Administrativo

1. Solicitud al Ministerio de Bienes Nacionales, con copia dirigida al Seremi Regional para que se dicte el decreto supremo para la anexión del salar de Aguas Calientes IV[74], con el siguiente contenido mínimo:

   1.1 Manifestación de voluntad, en el sentido de querer anexar un determinado terreno al Parque Nacional Llullaillaco.

   1.2 Fundamentos en virtud de los cuales se solicita la anexión.

   En relación a este punto pueden esgrimirse los siguientes argumentos:

- La anexión persigue asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar un patrimonio ambiental (art 34 y 35 de la ley 19300 de Bases del Medio Ambiente).

-La anexión tiene por objetivo mantener áreas de carácter único o representativas de diversidad ecológica natural del país, o lugares que presentan comunidades animales, vegetales paisajes o formaciones geológicas naturales, a fin de posibilitar la educación e investigación y de asegurar la continuidad de los procesos evolutivos, las migraciones animales, los patrones de flujo genético y la regulación del medio ambiente[75]

- Se persigue mantener y mejorar recursos de flora y fauna silvestre y racionalizar su utilización[76]

- Se busca mantener la capacidad productiva de los suelos y restaurar aquellos que se encuentren en peligro o en estado de erosión.[77]

-Se persigue mejorar los recursos hidrobiológicos naturales.[78]

-Los terrenos que se pretenden afectar y anexar, presentan ecosistemas o especies ausentes o escasamente representadas en el SNASPE, de ahí la importancia de anexar ésta al Parque Nacional Llullaillaco.

---

[73] Artículo 21 del Decreto ley 1939 "El Ministerio, con consulta o a requerimiento de los Servicios y entidades que tengan a su cargo el cuidado y protección de bosques y del medio ambiente, la preservación de especies animales y vegetales y en general, la defensa del equilibrio ecológico, podrá declarar Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines.
Estos terrenos quedarán bajo el cuidado y tuición de los organismos competentes.
Los predios que hubieren sido comprendidos en esta declaración no podrán ser destinados a otro objeto ni perderán esta calidad, sino en virtud de decreto del Ministerio, previo informe favorable del Ministerio de Agricultura."

[74] Debe tenerse presente que para la autoridad la facultad de anexión, creación o desafectación , de un parque nacional es *discrecional,* es decir no esta obligado a hacerlo frente a la solicitud de un particular

[75] Artículo 1 letra a de la ley 18362 que crea el Sistema Nacional de Areas Silvestre Protegidas por el Estado.

[76] Letra b del artículo citado en número anterior

[77] Letra c del Artículo 1 Ley 18362

[78] Letra d de Artículo 1 Ley 18362

Folio008397

- Los terrenos constituyen un adecuado corredor biológico entre áreas de gran diversidad biológica[79]

1.3 Estudio descriptivo general de los ecosistemas, especies de flora y fauna nativa, de los recursos paisajísticos u otros del área. En especial este estudio debe acreditar mediante los antecedentes científico-técnicos pertinentes, el fundamento en virtud del cual se solicita la afectación del lugar para anexarlo al parque nacional Llullaillaco.

1.4 Ubicación, extensión, deslindes de planos y demás antecedentes descriptivos del área a afectar.

1.5 Títulos y certificados que acrediten la propiedad fiscal del terreno que se pretende afectar.

1.7 Otros antecedentes que estime pertinente acompañar

2. Pronunciamiento del Ministerio de bienes Nacionales

El Ministerio deberá analizar los antecedentes acompañados en la solicitud y pronunciarse sobre la conveniencia o no de anexar el área pertinente al Parque nacional Llullaillaco, el ministerio no tiene plazo para pronunciarse; previo a esto recibirá de forma obligatoria un informe técnico de la CONAF respecto al proyecto, que aportará nuevos antecedentes relevantes a la hora de tomar decisiones.
Si lo estima conveniente, el Ministerio podrá solicitar informes a los organismo públicos vinculados a la materia (Servicio Agrícola Ganadero"SAG", Ministerio de Economía y Fomento y Reconstrucción entre otros). Posteriormente si estima pertinente tal solicitud, se dictará un Decreto Supremo que declarará la anexión del salar Aguas Calientes IV al Parque Nacional Llullaillaco.

B. Concesiones Mineras

De las descripciones realizadas del lugar, se desprende la existencia de concesiones mineras (no queda claro de qué tipo de concesiones se trata).

A continuación procedemos a explicar los diversos tipos de concesiones mineras que existen en el país y la posibilidad de caducar cierto tipo de ellas.

En primer lugar, se debe entregar un concepto de Concesión Minera: es un derecho real e inmueble sobre todas las sustancias mineras concesibles, metálicas y no metálicas, cualquiera sea la forma en que naturalmente se presenten, que existen dentro de los límites de ella y que confiere facultades exclusivas a su titular.

Las características del procedimiento de una concesión minera son las siguientes:

1) Es un derecho real oponible al estado y a cualquier otra persona (Artículo 2 la Ley Orgánica Constitucional sobre concesiones mineras N° 18097[80] y Artículo. 2 Código de Minero).

[79] Areas que permiten la intercomunicación entre sectores de vida silvestre separados físicamente, con el fin de mantener el movimiento de especies de vida silvestre y así conservar la diversidad biológica.

2) Es un derecho inmueble distinto y separado del suelo superficial, aunque ambos pertenezcan al mismo dueño (Art. 19nº24 inc.6º CPR[81]; Artículo 2 de la LOC; Artículos. 2, 64 y 91 Código Minero).

3) Derecho condicional: Sujeto a una condición:
- Resolutiva
- Negativa
- Simplemente potestativa del deudor, de no pagar la patente de amparo.

La patente se paga una vez al año y si no se paga sale a remate. Si en el remate nadie la compra, se declara terreno franco o sea desaparece la concesión.

4) La Constitución dice que las concesiones mineras se constituirán siempre por resolución judicial

5) La concesión minera es un derecho inmueble y es renunciable siempre que no perjudique a un tercero**,** esto porque hay partes del yacimiento que no sirven (art. 162 del código Minero y 3º de la ley). Se puede perjudicar a un tercero en el caso de una hipoteca por ejemplo.

6) Es físicamente divisible, (art.4 inc.1º y art.29 del Código Minero).

7) Derecho protegido por la garantía constitucional del derecho de propiedad: (Art.19 nº 24 inc.9º de la Constitución Política de la República)

8) Si la **concesión es de exploración por regla general dura dos años, pudiendo durar hasta cuatro.** Se puede pedir prórroga hasta por dos años, abandonando al menos la mitad. Si es de **explotación dura indefinidamente,** porque está sujeta a una condición (Art. 17 de la LOC[82], y 112 del código de Minero).

I) Tipos de Concesión Minera

- Existen dos tipos:
  1. De exploración
  2. De explotación o pertenencia minera.

Cuando es de exploración implica:
a) Investigar la existencia de tales sustancias.
b) Constituir pertenencias dentro del área concedida.
c) Para apropiarse de los minerales que necesite extraer para ejecutar la exploración.

Cuando es de explotación o pertenencia:
a) Para explorar la existencia de las referidas sustancias dentro de sus límites.
b) Para arrancar, extraer y apropiarse de las sustancias que haya separado del yacimiento y disponer de ellas.

Las obligaciones del titular en la concesión de exploración:

---

[80] En adelante LOC
[81] Constitución Política de la República
[82] Artículo 17, " Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo siguiente, la concesión de exploración no podrá tener una duración superior a cuatro anos; y la de explotación tendrá una duración indefinida"

- A partir de la presentación de la solicitud de sentencia se genera esta obligación, que conforme al artículo 12[83] de la Ley Orgánica Constitucional sobre concesiones mineras N° 18097, consiste en el pago anual y anticipado de una patente, cuya forma y monto se regula en el Código de Minería (artículos 142 y ss). En caso de no pago, se inicia un procedimiento ejecutivo especial y puede concluir en remate de la concesión, provocado por su caducidad o simple extinción de su dominio, Se habla de un derecho condicional debido a que la patente se paga una vez al año y si no se paga sale a remate. Si en el remate nadie la compra, se declara terreno franco, o sea desaparece la concesión[84].

  Caducidad→Cuando no concurren postores.
  Extinción de dominio→Cuando se adjudica.

- Plazo de duración de la concesión: El artículo 112 CM señala que dura dos años desde que se dicta la sentencia que la declare constituida. Este plazo es prorrogable por dos más, contados desde el término del primer periodo. Con esto se cumple lo establecido por el artículo 17 de la LOC, este enuncia que su duración es de hasta 4 años. El procedimiento de prórroga del plazo, consiste en que antes de expirar el primer periodo el concesionario puede solicitar por una sola vez su prórroga de hasta dos años, siempre y cuando en la solicitud haga abandono de a lo menos la mitad de la superficie primitivamente concedida en exploración. *Con esto, el legislador obliga al concesionario a explotar si tiene éste real interés,* de no ocurrir esto la concesión minera caduca a los dos años, extinguiéndose el dominio de los titulares sobre ellas, quedando el terreno franco.

- No puede establecer explotación minera: Si lo hace, caduca la concesión de exploración en la cual su titular haya establecido por sí o por interpósita persona explotación minera, o convenga con cualquier otra persona que efectúe dicha explotación. Esto se hace a solicitud de cualquier persona (acción pública), no se debe acreditar interés personal ni procesal.
  Luego, se declarará franco el terreno y ordenará cancelar las inscripciones.

Las obligaciones del titular en la concesión de explotación o pertenencia:

- Mantener los hitos en pie, el artículo 118 del código de Minería establece esto "El concesionario está obligado a mantener y conservar en pie los hitos colocados en los vértices de la pertenencia o del perímetro del grupo de pertenencias mensuradas en conjunto, y no puede alterarlos o mudarlos, so pena de pagar una multa que no baje de diez y no exceda de doscientas unidades tributarias mensuales, sin perjuicio de la responsabilidad criminal que pueda afectarle, si ha procedido maliciosamente. El que derribe, altere o mude hitos del Estado sufrirá la pena de reclusión menor en cualquiera de sus grados".

- Pagar la patente de forma anual[85] .

---

[83] Artículo 12, " El régimen de amparo a que alude el inciso séptimo del número 24 del artículo 19 de la Constitución Política consistirá en el pago anual y anticipado de una patente a beneficio fiscal, en la forma y por el monto que determine el Código de Minería.
Las deudas provenientes de patentes no pagadas solo podrán hacerse efectivas en la concesión respectiva, sin perjuicio de su caducidad conforme a la letra a) del inciso primero del artículo 18.
Lo pagado por patente minera por una concesión de explotacion se imputara al pago del impuesto a la renta que derive de la actividad minera realizada en la respectiva concesión, con arreglo a lo que determine el Código de Minería."

[84] La situación descrita es aplicable para ambos tipos de concesiones

[85] Este punto ya fue tratado en las obligaciones del titular de concesión de exploración

II) Procedimiento para obtener una concesión Minera

La forma para obtener la concesión minera (de exploración o explotación), es a través de un procedimiento ante la justicia ordinaria, el cual concluye con la sentencia del juez. Para que la concesión no caduque es necesario publicar un extracto de la sentencia que la otorga, e inscribirla en el Registro de Conservador de Minas correspondiente, dentro del plazo de 120 días contados desde la dictación de la sentencia.

III) Conclusiones sobre las concesiones mineras respecto al sector Aguas Calientes IV

Después de haber revisado en forma breve y concisa el concepto de de concesión minera, los tipos, sus características, los plazos de duración y las causales de caducidad o extinción de esta, se desprenden lo siguientes aspectos en relación al sitio en de Aguas Calientes IV.

a) Es importante determinar el tipo de concesión minera existente en las zonas para establecer las vías de acción más adecuadas para lograr la caducidad, teniendo claro la distinciones antes enunciadas, en cuanto a los plazos de duración, pues mientras una es de duración indefinida (explotación), la otra tiene un plazo máximo de duración de 4 años, caducando si no se hicieron oportunamente los trámites necesarios para obtener una concesión de explotación. Por tanto, si las concesiones ubicadas en el sector fueran de exploración y no se realizaron los trámites necesarios para solicitar una concesión de explotación en 4 años, estarían caducas, quedando los terrenos francos. Para ver el tipo de concesiones existentes en la zona, se sugiere consultar en la oficina regional de SERNAGEOMIN.

b) En el evento de que las concesiones existentes fueran de explotación las únicas vías de acción para lograr la caducidad de éstas, conforme al artículo 18 de lo LOC[86] hace referencia al no pago de las patentes anuales por los derechos de concesión de exploración y de explotación, de forma indistinta, el no pago genera que se inicia un procedimiento ejecutivo especial y puede concluir en remate de la concesión, provocado por su caducidad o simple extinción de su dominio, es importante revisar si ha cumplido con esta obligación anual al tanto, para exigir que se cumpla lo dispuesto por la normativa minera.

c) En el evento que las concesiones existentes fueran de exploración, además de las caducidades anteriormente descritas existe una tercera forma de lograr dicho objetivo, a través de lo establecido por la normativa minera en el artículo 13 de la LOC[87], que establece la prohibición de explotar la concesión minera, entendiendo por explotar el extraer los minerales con ánimo de lucro, pudiendo apropiarse de los minerales que necesite extraer para ejecutar la exploración. Para lograr la caducidad por esta vía se debe presentar una solicitud de cualquier persona (acción pública), no se debe acreditar interés

[86] Artículo 18 "Las concesiones mineras caducan, extinguiéndose el dominio de los titulares sobre ellas: a) por resolución judicial que declare terreno franco, si no hubiere postores en el remate publico del procedimiento judicial originado por el no pago de la patente, y b) por no requerir el concesionario la inscripción de su concesión en el plazo que señale el Código de Mineria."
[87] concesionario de exploración no puede establecer explotación, sin perjuicio de lo dispuesto en el número 3 del artículo 10.

personal ni procesal, se declarará franco el terreno y ordenará cancelar las inscripciones, esta sería otra vía a tener en cuenta para la consecución del objetivo.

Después de explicar las vías para lograr la caducidad de las concesiones mineras existentes en el sector de Aguas Calientes IV, se sugiere que en el evento de que se consiga la caducidad de ésta(s) se solicite la concesión minera de explotación a nombre de alguna institución o individuo particular, pues la adquisición de la concesión minera tendrá ventajas desde un punto de vista del privado, para evitar que exista una posible amenaza de explotación de riquezas mineras que se encuentren en el terreno del salar, debido a que las actividades mineras producen un fuerte impacto en la conservación de la vida silvestre y si el objetivo del terreno es la conservación de la biodiversidad (situación que ocurre con el salar de Aguas Calientes IV), ésta puede ser gravemente afectada. Por otra parte, si el propietario además realiza una actividad productiva que depende de las bellezas escénicas y el buen estado de la flora y fauna de su predio, la decisión de obtener una concesión puede ser de gran importancia.

Un punto negativo dice relación el costo que esto tiene, como por ejemplo el pago anual de la patente.

6.2.2 SECTOR COSTERO DE PAPOSO

Los instrumentos legales escogidos para su aplicación al sector costero de Paposo, son los siguientes:

- Sector costero Paposo 2 (norte):
  - Este sector es de propiedad fiscal, en concreto del Ministerio de Bienes Nacionales. En virtud de ello, tal ministerio debería incorporar el terreno al programa de protección efectiva de terrenos con valor patrimonial, en el marco de la Estrategia Nacional de biodiversidad.
  - En el sector de la Quebrada Miguel Díaz se recomienda realizar una especial labor de conservación. En tanto el terreno es fiscal, podría aplicarse como instrumento alguna de las unidades de manejo del SNASPE o declararla como lugar de interés científico.
- Sector costero Paposo 1 (Sur):
  - El primer instrumento escogido es el usufructo existente en parte de la hijuela N°1 de la Hacienda Paposo.
  - Complementando el instrumento legal anterior, proponemos la utilización de la planificación territorial para fines de conservación. En este caso, se aplica el Plan Regulador Intercomunal de Borde Costero.
  - En el sector de El Médano existe un sitio de interés arqueológico. En ese lugar debería aplicarse un instrumento específico de protección con fines turísticos, como una declaración de lugar de interés histórico o la declaración de monumento nacional de acuerdo a la Ley N° 17.288.

A. Sector costero Paposo 2 (norte):

Como anteriormente hemos señalado, este sector es de propiedad fiscal, en concreto, del Ministerio de Bienes Nacionales.

En razón de ello proponemos su incorporación al Subsistema Nacional de áreas protegidas que lleva a cabo el Ministerio de Bienes Nacionales. Este sistema funciona en

forma paralela al SNASPE y en líneas generales sigue los objetivos propuestos en la Estrategia nacional de Biodiversidad.

En tanto el terreno pertenece al Ministerio de Bienes Nacionales no es necesario aplicar procedimiento administrativo alguno de afectación, sin perjuicio de proponer o solicitar al ministerio señalado que se aplique al sector los objetivos de protección de la biodiversidad que se han utilizado en otros sectores del país[88].

En este sector se ha identificado como zona de especial interés, la Quebrada Miguel Díaz. En ese lugar recomendamos aplicar el sistema señalado con la modalidad del Sistema Concesional de Bienes Nacionales Protegidos[89], con fines turísticos o bien científicos, ya que se trata de un sitio con alta diversidad y de gran belleza paisajística. La modalidad concesional es recomendable por los buenos resultados que hasta el momento ha entregado en su aplicación a otras zonas del país[90].

B. Sector costero Paposo 1 (sur):

1. Hijuela N° 1 de la Hacienda Paposo.

- Propietario: Inmobiliaria Paidahue S.A. (nudo propietario)
- Inscripción del bien raíz: A fojas 57 vta., número 51, en el Registro de propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Tal-Tal, del año 1991.
- Instrumento legal aplicable: Usufructo en favor de CONAF (usufructuario). Se constituyó por escritura pública de 19 de diciembre de 1991, otorgada por el Notario de Santiago, don Rubén Galecio Gómez, anotada con el repertorio N° 181. Se inscribió a fojas 4, número 4, en el registro de Hipotecas y Gravámenes del Conservador de Bienes Raíces de Tal-Tal, del año 1992.

El derecho de usufructo está definido en el artículo 764 del Código civil como un derecho real que consiste en la facultad de gozar de una cosa con cargo de conservar su forma y sustancia, y de restituirla a su dueño, si la cosa no es fungible; o con cargo de volver igual cantidad y calidad del mismo género, o de pagar su valor, si la cosa es fungible.

De este modo, las facultades inherentes al dominio, es decir, usar, gozar y disponer de una cosa, con la constitución del usufructo quedan distribuidas de la siguiente manera: las facultades de usar y de gozar de la cosa quedan en manos de una parte llamada "usufructuario", en tanto que la facultad de disponer del bien es mantenida por su dueño, que se denomina "nudo propietario".

Ciertas características del usufructo son importantes para nuestro estudio, como las siguientes:

- Se trata de un derecho de duración limitada: ello se debe al espíritu de la ley de no entrabar la circulación de los bienes. Tal característica se manifiesta en la prohibición de constituir usufructos sucesivos o alternativos y también en la prohibición de transmitirlo o transferirlo.
- Se trata de un derecho real, lo cual significa que se ejerce directamente sobre la cosa objeto del usufructo, sin respecto de persona determinada e incluso en contra del propio dueño de la cosa.
- El contenido del derecho está dado por las facultades de usar y gozar de la cosa objeto del usufructo: en tanto exista el usufructo, el nudo propietario no puede ejercer estas facultades sobre el bien del cual es dueño.

---

[88] Al respecto, el programa se está ejecutando con una modalidad concesional en lugares como la desembocadura del Río Loa, en el Salar del Huasco, el los humedales de Tongoy, entre otros.
[89] Este sistema encuentra su base en el Convenio sobre Diversidad Biológica, en las recomendaciones del V Congreso Mundial de Parques de la UICN y en la Estrategia Nacional de Biodiversidad.
[90] La experiencia del Río Loa, Huayco y Tongoy, lo demuestran.

- El usufructo se extingue por las siguientes causas: muerte del usufructuario, llegada del día fijado para su terminación o el cumplimiento de la condición estipulada, por la consolidación del usufructo con la propiedad, por la renuncia del usufructuario, por la resolución del derecho del constituyente[91], por destrucción o pérdida de la cosa objeto del usufructo, por abuso del goce del usufructuario[92], por prescripción.

En esta figura jurídica, ambas partes tiene derechos y obligaciones. Dentro de los principales derechos y obligaciones del usufructuario deben destacarse los siguientes:

- El derecho a usar y gozar de la cosa dada en usufructo, es decir, utilizar el bien de acuerdo a su destinación y hacerse dueño de los frutos naturales y civiles que produce la cosa.
- El usar y gozar de una propiedad se extiende sobre los bosques y arbolados, pero con el cargo de conservarlos en su ser, reponiendo los árboles que derribe, y respondiendo de su menoscabo, en cuanto no dependa de causas naturales o accidentes fortuitos.
- El derecho a administrar la cosa fructuaria.
- Está obligado a usar y gozar el usufructo sin alterar su forma o sustancia, esto es respetar su estructura y destino económico. Debe conservar su valor económico y en definitiva debe mantener la cosa en el estado más semejante que su disfrute racional permita, al que tenía ella en el momento de constituirse el usufructo.
- El usufructuario está obligado a restituir la cosa, una vez que termine.

Por su parte, el principal derecho del nudo propietario, es el de enajenar la nuda propiedad. Sin embargo, quien adquiera el bien objeto del usufructo está obligado a respetarlo, entendiendo que nadie puede adquirir más derechos que los que tiene su causante: el nuevo propietario no podría adquirir el uso y goce de la cosa si el anterior no los tenía.

Desde el punto de vista ambiental, el usufructo puede presentar importantes aplicaciones. Es así como una persona natural o jurídica interesada en la protección del medio ambiente puede, por ejemplo, adquirir de un propietario el derecho de usufructo del inmueble, con el objeto de realizar actividades de conservación y proteger los recursos naturales que se encuentren en él.

El titular del predio mantiene la facultad de disponer del mismo, y por el traspaso de las facultades de uso y goce al usufructuario, puede recibir un pago, el cual puede ser monetario o incluir algún beneficio para el nudo propietario como la restauración de hábitat deteriorados, control de erosión o incendios, apertura de sendas para ecoturismo, etc., lo que constituye un interesante incentivo para favorecer la participación privada en la protección del medio ambiente. Además, el nudo propietario debe respetar las actividades de conservación del usufructuario toda vez que no puede hacer nada que perjudique al usufructuario en ejercicio de sus derechos. Por su parte, el usufructuario está obligado a conservar la cosa entregada en su forma y sustancia. Sin perjuicio que convencionalmente pueden establecerse otras cláusulas de protección más específicas.

En cuanto a la constitución de un usufructo, el artículo 766 del Código Civil señala varios modos. En primer lugar, existe una constitución legal del usufructo, aplicable en especial al derecho de familia; también la constitución puede ser a través de testamento;

[91] La resolución del derecho del constituyente significa el cumplimiento de una causal específica de terminación del usufructo estipulada al momento de su constitución.

[92] Ello se desprende del artículo 809 del Código Civil. Se requiere de un sentencia judicial que, a instancia del propietario del bien, haya declarado que el usufructuario ha faltado a sus obligaciones en forma grave o que ha causado considerables daños a la cosa usufructuada.

se puede constituir por acto entre vivos, como por ejemplo una venta, donación u otro acto; y finalmente, el usufructo puede adquirirse por prescripción.

En el caso de un acto entre vivos, este va a tener forma contractual, por lo cual se trata de un acto voluntario. El constituyente del usufructo será el propietario del bien, el cual una vez perfeccionado el acto pasará a llamarse nudo propietario.

En el caso de predios, que son bienes inmuebles, la constitución del usufructo debe cumplir con ciertas formalidades, ya que en estos supuestos se tratará de un usufructo solemne. La solemnidad consiste en que la constitución del usufructo deberá constar en un instrumento público inscrito, lo que significa hacerlo por medio de una escritura pública, que deberá inscribirse en el Conservador de Bienes Raíces.

En el caso específico del usufructo constituido sobre la Hijuela N° 1 de la Hacienda Paposo, en beneficio de CONAF, presenta las particularidades, definidas en su constitución que a continuación detallamos:

- El usufructo fue constituido sobre una parte de la Hijuela N° 1 de la Hacienda Paposo, con una superficie aproximada de 30.180 hectáreas, quedando fuera del usufructo un área de 2,736 hectáreas. El sector excluido corresponde a 4 sectores costeros.
- El terreno que corresponde al dado en usufructo tiene los siguientes deslindes:

    - NORTE: Con terrenos de la Hacienda Paposo por Quebrada La Larga, desde la intersección de ésta con el Camino Público B-650 de Taltal a Blanco Encalada, hasta la cota 1.758.
    - ESTE: con terrenos de la Hacienda Paposo desde la cota 1.758 que se une con cote indeterminada de la Quebrada Bandurrias, pasando por las cotas: 1.732, 1.879, 1.615, 1.997, 1.588, 1.225, 1.297, 1.284, 1.323, 1.508, 1.471, 1.471, 1.459, 1.356, 1.315, 1.110, 985, 912, 1.008, Cerro Gran Pocho.
    - SUR: Con terrenos de la Hacienda Paposo por curso natural de la Quebrada Bandurrias hasta su intersección con el camino público B-650 de Taltal a Blanco Encalada.
    - OESTE: Con los cuatro sectores reservados por la Inmobiliaria Paidahue S.A. y con propiedades de la sucesión Juan José Latorre B. y la Compañía Exploración y Minería Ltda., por el camino público B-650 hasta su intersección con la coordenada UTM Este 353000, por dicha coordenada hasta su intersección con coordenada UTM Norte 7220000, por ésta hasta su intersección con el camino público B-650. Por éste camino hasta intersección con coordenada UTM Norte 7222000, por ésta hasta la intersección con coordenada UTM Este 351000, por ella hasta intersección con coordenada UTM Norte 7226500 y por ésta hasta intersectar con el camino público B-650. Por tal ruta hasta la intersección con la coordenada UTM Norte 7231000, por ésta hasta intersectar con la coordenada UTM Este 352900, por ella hasta la intersección con la coordenada UTM Norte 7236000, por ésta hasta intersectar con el camino público B-650. Por esta ruta hasta su intersección con la Quebrada La Larga.

- El usufructo fue constituido a título oneroso. Al respecto se estipuló que CONAF deberá pagar una cantidad anual de $10.000.-, suma que deberá ir reajustándose de acuerdo con la variación del IPC del año inmediatamente anterior.
- La usufructuaria, CONAF, puede realizar instalaciones, construcciones y mejoras al predio, las cuales serán de propiedad de CONAF. Si al término del usufructo no fueran retiradas, pasarán al dominio del nudo propietario.

- El usufructo tiene un plazo de 30 años, contados desde el primero de enero de 1992. Al finalizar dicho plazo, es decir al primero de enero del año 2022, el usufructo se extingue. Por expresa disposición legal, los usufructos constituidos a favor de corporaciones y fundaciones no podrán ser de plazo mayor a 30 años.
- El nudo propietario se obligó a otorgar acceso gratuito a la usufructuaria, a través de los predios de su propiedad que no sea parte del usufructo. A su vez, el nudo propietario tiene derecho a constituir servidumbres de pago, de acueducto, de tránsito, las establecidas en el Código de Minería, pero ello sin alterar la calidad paisajística del predio.
- El valor paisajístico y científico del predio ha sido un elemento predominante en la celebración del contrato, por tanto, es obligación de la usufructuaria adoptar las medidas necesarias para la conservación y la protección de los recursos naturales de flora y fauna existente en los terrenos usufructuados.
- Por otra parte, serán de cargo de CONAF, mientras se mantenga el usufructo, el pago de las contribuciones de bienes raíces, impuestos fiscales y territoriales con que esté gravado el predio.
- Las partes estipularon expresamente que el usufructo no podrá cederse ni arrendarse.

Creemos que el usufructo a favor de CONAF es un instrumento legal adecuado para la conservación de la biodiversidad en el sector, por lo cual nuestra propuesta consiste en utilizar este instrumento junto con otros adicionales para el sector sur de Paposo.

Sin perjuicio de lo anterior, de acuerdo a los antecedentes entregados por la contraparte, al parecer el usufructo no ha sido respetado por el propietario ni tampoco ha sido correctamente utilizado por el usufructuario para el objetivo de conservación de la biodiversidad. Teniendo en cuenta este hecho, a continuación analizaremos una serie de argumentos para utilizar el usufructo como instrumento legal de protección y también ciertos mecanismos para asegurar su efectividad.

En primer lugar, el usufructo ya ha sido constituido por lo cual, las formalidades de constitución anteriormente indicadas ya han sido realizadas. Ello es una ventaja importante: para la utilización del instrumento no es necesario efectuar procedimiento alguno ni acudir a autoridad alguna porque el instrumento ya existe.

Otra ventaja del instrumento es que en tanto el plazo de treinta años no se cumpla, el usufructo continuará vigente, sin perjuicio de las causales de terminación indicadas con anterioridad. En este sentido, aunque el constituyente del usufructo haya vendido su predio, el nuevo dueño deberá respetar el usufructo constituido y por tanto, como adquirió un predio con un gravamen, no podrá ejercer las facultades de uso ni de goce sobre el bien, mientras subsista el derecho del usufructuario. En el caso de Paposo, si la Inmobiliaria Paidahue S.A. vendió el predio usufructuado, el nuevo nudo propietario no puede usar el predio, ya que es CONAF la persona que tiene ese derecho. Si el derecho de CONAF como usufructuario es afectado por el nudo propietario, dispone de acciones legales para hacer valer el derecho, como por ejemplo, la acción reivindicatoria, ciertas acciones posesorias y también la acción de precario[93].

En concordancia con lo anterior, el artículo 779 del Código Civil dispone que *"No es lícito al propietario hacer cosa alguna que perjudique al usufructuario en el ejercicio de sus derechos…"*. De esto se desprende que es únicamente el usufructuario quien de manera lícita puede hacer uso del bien, y por lo mismo, es parte de la diligencia mínima

[93] Con respecto a la acción de precario, existe jurisprudencia reciente que ha fallado en el sentido de reconocer que el usufructuario puede ejercer tal acción incluso contra el nudo propietario del bien, en tanto dueño del derecho de usufructo. Al respecto: RDJ, t. 80, p.36; RDJ, t. 96 (1999), N°1 sección 1, en recurso de casación en la forma.

que debe tener el usufructuario, instar por el ejercicio y respeto de ese derecho. Por esto, si hasta el momento el instrumento legal constituido por el usufructo no ha resultado ser eficiente para los objetivos de conservación y protección de la biodiversidad en el sector sur de la zona de Paposo, ello se debe exclusivamente a que CONAF, como usufructuario, no ha ejercido debidamente su derecho de uso sobre el predio ni tampoco ha recurrido a las instancias judiciales pertinentes para procurar por el respeto de sus derechos sobre el predio, los cuales, al parecer habrían sido vulnerados por el nudo propietario al usar el bien.

En razón de lo expuesto proponemos que CONAF mantenga el usufructo pero que realice su derecho de uso a través de la administración de otro organismo que pueda realizar efectivamente una labor de conservación en el lugar. Esto no implicaría ceder o arrendar el usufructo, ya que de acuerdo a lo estipulado en el contrato, esto no se puede hacer. La propuesta significaría que, manteniendo CONAF el usufructo incorporara a un organismo determinado para la administración del lugar.

Ello, porque la conservación en este sector requiere de acciones concretas, como por ejemplo, la restauración de ciertas zonas que se han visto afectadas por el sobrepastoreo. En este sentido, el organismo administrador debería impedir la entrada de ganado al lugar y realizar obras de restauración en los sitios afectados.

Además, CONAF no contaría con los recursos suficientes para ejecutar dichas labores, por lo cual el organismo administrador deberá tener acceso a fuentes de financiamiento importantes.

Por ello, proponemos que la Municipalidad de Taltal adopte un rol protagónico en la administración del sector, ya que aunque quizás no sea un organismo económicamente fuerte, posee la institucionalidad y las atribuciones para lograr fines de conservación ambiental en el lugar. También la colaboración de los privados sería importante para obtener financiamiento.

2. Afectación por el Plan Regulador Intercomunal de Borde Costero.

En atención a lo que se analizó en el instrumento legal a propósito de la afectación de sectores a través de instrumentos de planificación territorial, proponemos su utilización en el sector costero 1 de Paposo.

Ello, por las ventajas de su utilización en este caso concreto: además de las ventajas señaladas en el instrumento legal, en esta caso la zona en estudio se encuentra afectada por el Plan Regulador Intercomunal de Borde Costero como Zona de Protección Ecológica 2, en las cuales se determinaron ciertos usos de suelo permitidos y el desarrollo de determinadas actividades.

Dentro de esas actividades se encuentran las de desarrollo turístico y científico, lo cual es coherente con los fines de conservación de la biodiversidad. Además, en los sectores afectados no se permitiría la realización de la actividad ganadera o de la actividad extractiva minera, las cuales son una constante amenaza para conservar estas zonas, de particular interés por el endemismo de sus especies.

Las zonas que se encuentras dentro del citado instrumento como Zonas de Protección Ecológica 2 y que son de especial interés para nuestro estudio son:

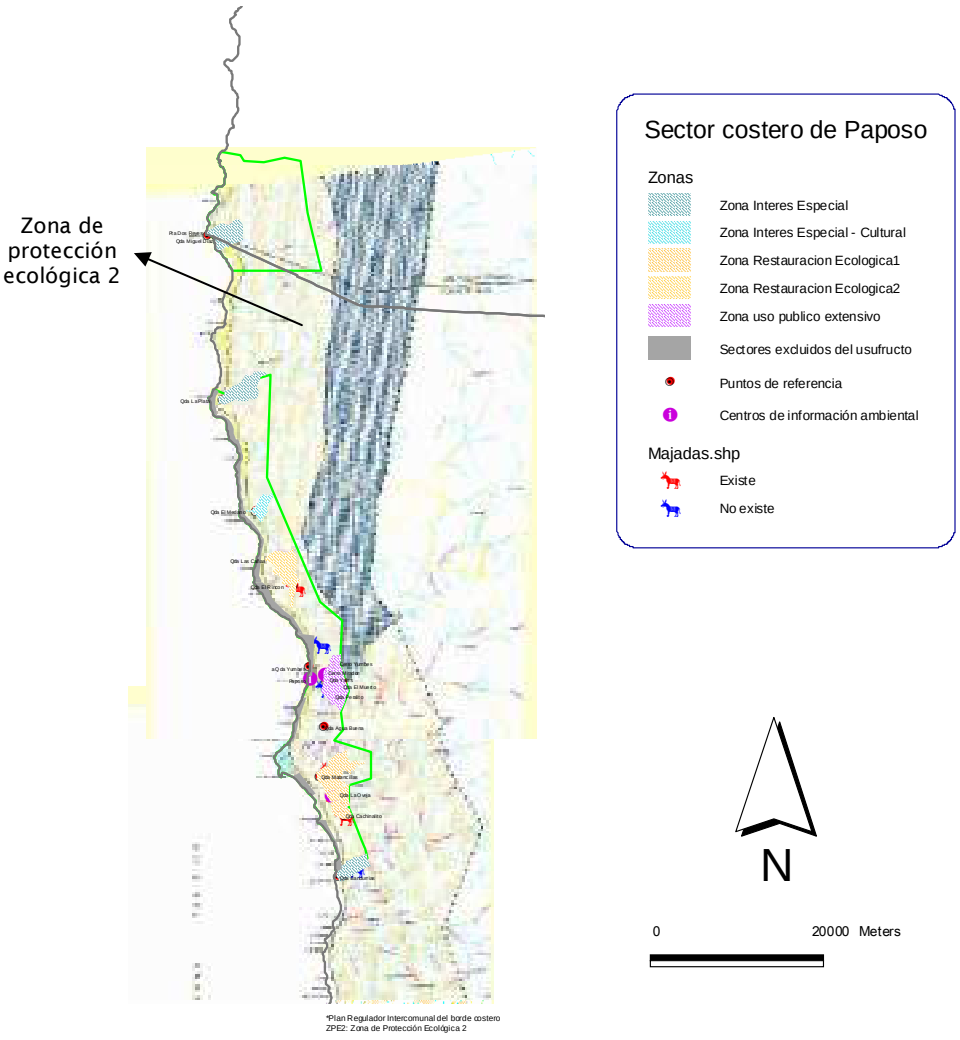
- Sectores de Quebrada El Rincón – Quebrada Las Cañas, Quebrada Matancilla - Quebrada La Oveja – Quebrada Cachinalito: estos sectores presentan serios problemas debido a los daños causados por el sobrepastoreo de cabras que se ha realizado vulnerando el Plan Regulador de Borde Costero. Por tanto, estos lugares deberán destinarse a la restauración ecológica.
- Sector de Cerro Yumbes – Quebrada El Muerto – Cerro Mirador – Quebrada peralito: este sector está bien conservado hasta el momento, por lo cual debería destinarse a fines turísticos. Tal destinación es permitida por el instrumento de planificación territorial señalado.

Por tanto, se deberá instar por el cumplimiento del Plan regulador (ver figura) en las zonas señaladas, complementando este instrumento al del usufructo, recién señalado.

Se debe hacer presente que para hacer cumplir el Plan Regulador, sin perjuicio de las instancias judiciales, es posible recurrir a las vías administrativas para denunciar o para resolución de conflictos.

Sector costero de Paposo

Plan Regulador Intercomunal del Borde Costero



Folio008408

7 INCORPORACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS RESULTADOS EN UNA COBERTURA EN FORMATO SHAPE (ARC VIEW)

Para la incorporación de la información de los resultados se consideraría una cartografía de análisis y una cartografía de síntesis (o final). El análisis finalmente no se basó en cartografía dada la desigual disponibilidad de datos para cada característica, se optó por realizar un análisis de razonamiento sobre los datos existentes, es decir sin utilizar índices compilatorios.

La información secundaria tanto de flora como de fauna que se georreferenció fue ajustada a un mismo datum para ser incorporada a un archivo *.shp con el fin de ingresarla a un SIG.
El proceso de toma de datos en terreno (información de carácter primaria) generó una base de datos georreferenciada (*.shp) que permitió actualizar la información disponible del SIG.

Ahora bien, la cartografía de síntesis está formada por la siguiente información (metadata)

Quebrada.shp
Atributos:
Nombre (de las quebradas)
Zonas (según zonificación)
Fuente: elaboración propia a partir de las curvas de nivel y los puntos georreferenciados

Sectores_excl.shp
Sectores excluidos del usufructo
Fuente: elaborado a partir de escritura de contrato de usufructo

Centro_ia.shp
Centros de información ambiental
Fuente: elaboración propia a partir de los puntos georreferenciados

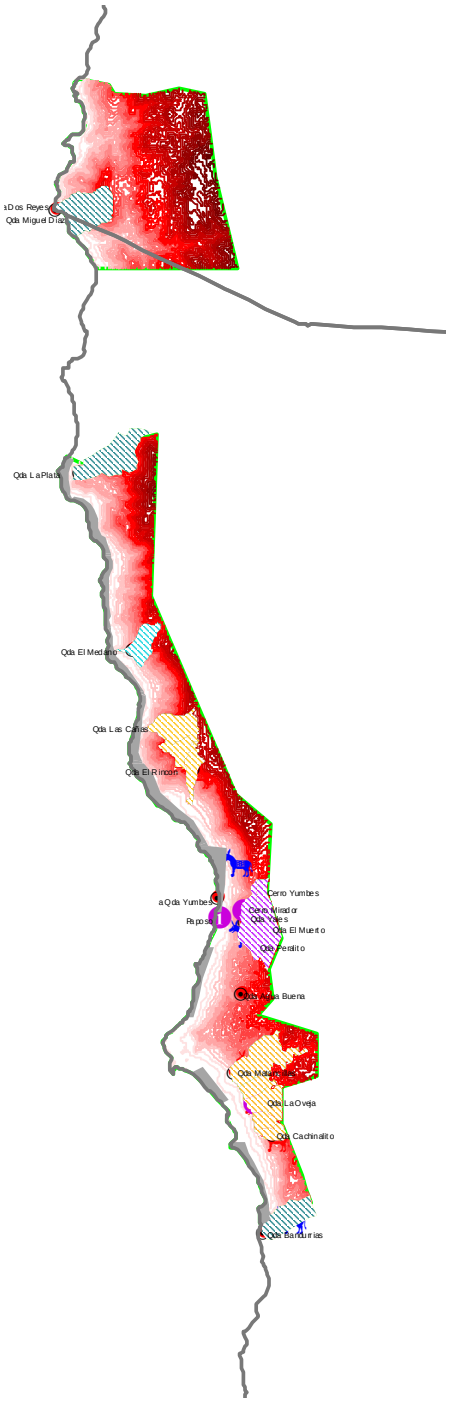
Ptos_ref.shp
Puntos de referencia
Fuente: elaboración propia a partir de los puntos georreferenciados

Majadas.shp
Majadas
Fuente: Elaboración propia a partir de Documento Técnico. Introducción de ganado caprino y su impacto el proyecto reserva nacional Paposo. Guido Gutiérrez Gutiérrez – Museo municipal Taltal. Noviembre 2005

Curvas_nivel.shp
Fuente: Información entregada por CONAMA

Limite_paposo.shp
Fuente: Información entregada por CONAMA

Sector Costero de Paposo



Proyecto:

"Levantamiento de Información, Estudio de Línea Base e Instrumento Legal para la conservación de la biodiversidad en los sitios priorizados en la Ley Aguas Calientes IV y Sector Costero de Paposo, II Región de Antofagasta"

Ejecutado por: Unarte

Mandante:

Sector costero de Paposo

Zonas

- Zona Interes Especial
- Zona Interes Especial - Cultural
- Zona Restauracion Ecologica1
- Zona Restauracion Ecologica2
- Zona uso publico extensivo

Quebradas

- Cerro Mirador
- Corredor Cachinales - Ove
- Corredor Oveja - Matancil
- corredor Rincon-Cañas
- Medano
- Miguel Diaz
- Q. Alto Yumbes
- Q. Bandurrias
- Q. Cachinales
- Q. El Muerto*
- Q. La Oveja
- Q. La Plata
- Q. Las Cañas
- Q. Los Yales
- Q. Matancillas
- Q. Paposo
- Q. Peralito*
- Sector Rinconada
- Sectores excluidos del usufructo
- Centros de información ambiental

Majadas.shp

- Existe
- No existe

N

10000 0 10000 Meters